



Emissiereductie van broeikasgassen in open teelten, ontwikkeling van een klimaatmodule voor het Milieukeurschema Plantaardige Producten

Aan dit project is in het kader van het Besluit milieusubsidies, Subsidieregeling milieugerichte technologie een subsidie verleend uit het programma Reductie Overige Broeikasgassen dat gefinancierd wordt door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. SenterNovem beheert deze regeling.

SenterNovem projectnummer: ROBS07005

Het project is verder mede mogelijk gemaakt met financiële steun van Rabobank, Stuurgroep LIB, Productschap Akkerbouw en SMK.

Dit project is uitgevoerd door CLM en BMA in opdracht van en in samenwerking met SMK



Emissiereductie van broeikasgassen in open teelten, ontwikkeling van een klimaatmodule voor het Milieukeursche- ma Plantaardige Producten

L.N.C. Vlaar (CLM)

P.C. Leendertse (CLM)

A. Kool (Blonk Milieu Advies)

B. Luske (Blonk Milieu Advies)

In opdracht van en in samenwerking met SMK, projectleider F. Pladdet

Trefwoorden:

Akkerbouw, bemesting, bodem, boomteelt, broeikasgassen, lachgas, organische stof, reductie, stikstof, vollegrondsgroenteteelt, Milieukeur.

Arable farming, fertilisation, soil, arboriculture, greenhouse gases, nitrous oxide, organic matter, reduction, nitrogen, vegetable growing, Milieukeur.

CLM Onderzoek en Advies (Culemborg) en Blonk Milieu Advies (Gouda)

December 2008

Voorwoord

Het hier beschreven project is uitgevoerd door een consortium van CLM Onderzoek en Advies en Blonk Milieu Advies in opdracht van en in samenwerking met SMK. Naast literatuuronderzoek hebben we in vier bijeenkomsten met een aantal Milieukeurters en teeltspecialisten van DLV Plant gediscussieerd over maatregelen voor de klimaatmodule van het Milieukeurschema Plantaardige Producten. Verder hebben we inhoudelijk contact gehad met specialisten van Louis Bolk Instituut en Praktijkonderzoek Plant en Omgeving.

De voortgang van het project en de inhoudelijke zaken zijn besproken in een begeleidingscommissie. Verder zijn zaken aangescherpt en verduidelijkt na beoordeling van het College van Deskundigen Agro/food van SMK en na bespreking in een openbare hoorzitting.

In de begeleidingscommissie hebben de volgende personen zitting gehad:

- De heer Jan van Bergen, SenterNovem.
- De heer Ton van Korven, ZLTO.
- De heer Arjan Kuijstermans, Productschap Akkerbouw.
- De heer Frans Pladdet, SMK (Stichting Milieukeur), voorzitter.
- De heer Ton Vermeer, Provincie Noord-Brabant.
- De heer Geert Wilms, Stuurgroep LIB.
- Mevrouw Rianka Habraken, Rabobank (agendalid).

We bedanken alle betrokkenen voor hun bijdrage.

De auteurs

Dit project is uitgevoerd in opdracht van en in samenwerking met SMK (Stichting Milieukeur) met financiering van SenterNovem, SMK, Productschap Akkerbouw, Stuurgroep LIB en Rabobank.



PRODUCTSCHAP AKKERBOUW

Inhoud

Voorwoord

Inhoud

Samenvatting (verkort)

I

Summary

III

1 Inleiding

1

1.1 Aanleiding

1

1.1.1 Doelstelling

1

1.1.2 Uitvoering en samenwerking

2

1.1.3 Indeling van het rapport

2

1.2 Opzet onderzoek

2

2 Achtergronden van broeikasgasemissies in open teelten

5

2.1 Inleiding

5

2.2 Emissies op akkerbouw- vollegrondsgroente en boomteelt-bedrijven

6

2.3 Stikstof

6

2.4 Lachgasemissies in landbouwbodems

9

2.5 Invloed van biotische en abiotische factoren op de vorming van lachgas

11

2.6 Aandeel van lachgas in totale broeikasgasemissies

12

2.7 Methaan

13

3 Maatregelen voor emissiereductie van broeikasgassen

15

3.1 Inleiding

15

3.2 Maatregelenlijst

15

3.3 Toelichting op de maatregelen

16

3.3.1 Opstellen bemestingsplan en bemonstering, geleide bemesting

16

3.3.2 Verminderen van de stikstof via kunstmest en/of dierlijke mest

22

3.3.3 Gebruik andere (organische) meststoffen

24

3.3.4 Efficiëntere toedieningstechnieken

27

3.3.5 Tijdstip mestgift: voorjaar i.p.v najaar

28

3.3.6 Het splitsen van de N-gift (met kunstmest)

29

3.3.7 Biologische N-binding/groenbemester/vanggewas/rustgewas

29

3.3.8 Niet-kerende grondbewerkingen

30

3.3.9 Rijpadensysteem/tegengaan bodemverdichting/precisielandbouw

31

3.3.10 Gewasresten verwijderen, omzetten (compostering/co-vergisting en terugbrengen

32

3.3.11 Beregeningsregime en waterpeilbeheer

34

3.3.12 Bodemverbeteraars

35

3.3.13 Beheer van organische stof in de bodem

35

3.3.14 Veen in aanvulgrond: boomteelt

41

4 Broeikasgasemissies van Milieukeurbedrijven en effectiviteit van maatregelen

43

4.1 Rekenmethodiek voor broeikasgasemissies van Milieukeurbedrijven

43

4.2 Resultaten broeikasgasemissies en maatregelen

46

4.2.1	Kenmerken van de acht bedrijven	46
4.2.2	Kwantificeren van de effecten van maatregelen	47
4.2.3	Praktijk versus referentie (bouw-/bemestingsplannen)	47
4.2.4	Effecten van de reductie van bemestingsniveaus op broeikasgasemissies	49
4.2.5	Effect van andere kunstmest op broeikasgasemissies	51
4.2.6	Combinatie van reductie bemesting en andere kunstmest	52
5	Klimaatregelen voor Milieukeur	55
5.1	Inleiding	55
5.2	Voorstel voor maatregelen in de klimaatmodule	55
5.3	Voorbeeld score klimaatmodule	61
5.4	Voorstel voor inpassing klimaatmaatregelen in het Milieukeurschema Plantaardige Producten.	62
6	Samenvatting en conclusies	65
	Bronnen	69
	Bijlage 1 Samenstelling begeleidingscommissie	73
	Bijlage 2 Gebruikte rekenmethodiek en regels	75
	Bijlage 3 Gegevens van telers	83
	Bijlage 4 Systeem van bepaling geleide bemesting	85
	Bijlage 5 Broeikasgasemissies landbouw	89
	Bijlage 6 Organische stoflevering van gewassen, groenbemesters en mest	91

Samenvatting (verkort)

In opdracht van en in samenwerking met SMK is door CLM Onderzoek en Advies en Blonk Milieu Advies een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van opname van broeikasgasreducerende (teelt)maatregelen binnen het Milieukeurschema Plantaardige Producten. Daarbij lag binnen het onderzoek de focus op de akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en boomteelt. Dit onderzoek is naast SenterNovem medegefinancierd door SMK, het Productschap Akkerbouw (PA), Stuurgroep LIB en de Rabobank en begeleid door deze genoemde partijen. De Rabobank was daarbij agendalid.

Er is gestart met het selecteren van emissiereducerende maatregelen. Deze maatregelen zijn in samenwerking met een aantal Milieukeurtelers en experts in een viertal bijeenkomsten getoetst aan criteria zoals het reductiepotentieel van de uitstoot van lachgas (N₂O), de kosten-baten verhouding van de maatregel, het risico voor afwenteling naar andere milieuthema's, de toepasbaarheid in de agrarische bedrijfsvoering en de mogelijke synergie met ander milieuaspecten of agronomische aspecten.

Op basis van een algemeen geaccepteerde rekenmethodiek is aan de hand van de bouwplannen van deelnemende agrariërs een broeikasgas emissieprofiel van acht bedrijven opgesteld. Hieruit blijkt dat de emissie van de Milieukeurbedrijven lager ligt dan van 'worst case' referentiebedrijven. Het betreft reducties in de range van 21% tot 49%. Vervolgens is voor enkele bedrijven de reductie van broeikasgasemissies van enkele maatregelen doorgerekend. Bij een verlaging van de N-gift tot 80% bedraagt de reductie van broeikasgasemissies uit de bodem zo'n 20-22% voor de twee doorgerekende bedrijven.

Op basis van de te behalen reductie van broeikasgasemissies, kosten/baten en de praktische uitvoerbaarheid is een maatregelenpakket opgesteld dat als een klimaatmodule wordt opgenomen in het Milieukeurschema Plantaardige Producten. De maatregelen in het pakket zijn:

1. Doorlopen schema geleide bemesting.
2. Opstellen organische stof balans en toevoer organische stof.
3. Vanggewas na laatste teelt.
4. Verlaging van de stikstofgift via kunstmest en dierlijke mest.
5. Keuze voor andere N kunstmesten en meststoffen met nitrificatieremmers, gebruik vergiste dierlijke mest/gebruik gewasresten uit compostering of co-vergisting).
6. Niet-kerende grondbewerking.
7. Rijpadensysteem.
8. Gebruik van aanvulgrond zonder veen (specifiek voor boomteelt).

Voor deze maatregelen zijn bonuspunten vastgesteld die gebaseerd zijn op de te behalen reductie van broeikasgasemissie. Voor de telers van akkerbouwproducten en vollegrondsgroente zijn 25 punten haalbaar en voor de boomteelt 10. De telers kunnen daarbij kiezen uit de genoemde maatregelen. In 2009 zal de klimaatmodule getest worden door opname in het Milieukeurschema Plantaardige Producten.

Toepassing van de klimaatmodule door Milieukeurtelers draagt bij aan een kosten-effectieve reductie van broeikasgasemissies in de open teelten.

Summary

On behalf of SMK CLM Research and Advice and Blonk Milieu Advies (Blonk Environmental consultancy) executed a project exploring the possibilities of incorporating measures to reduce greenhouse gas emissions (focus on nitrous oxide N₂O) in the Milieukeur certification scheme "Arable crops and field vegetables". The focus was on measures in arable farming, open field vegetable growing and arboriculture/hardy nursery stock.

This project is co-financed by SMK, product board arable products (PA), association steering committee agricultural Innovation province of Noord-Brabant (LIB) and The Rabobank. These parties were also involved in project guidance.

The project started with a selection of emission reducing measures. The measures are judged against a number of criteria in close cooperation with a number of Milieukeur growers and experts. Such as reduction potential of emission of N₂O, cost-benefit ratio, risk of shifting to other environmental problems, appliance in (daily) agriculture and the possible synergy with other environmental or agronomical issues.

Based on a general accepted calculation method, a greenhouse gas emission profile was calculated based on the crop rotation plans of the Milieukeur growers. It turns out the total emissions are lower than 'worst case' reference farms. The calculated total reduction in emissions were between 21 and 49%. Additionally, the reduction impact of a number of measures was calculated for some growers. When the nitrogen supply is reduced to 80%, the reduction of soil emission was around 20-22%.

In the next step, a package of measures is set up, leading to a so called climate module to be incorporated in the Milieukeur certification scheme. The measures are:

1. Check on scheme guided fertilization.
2. Set up of soil organic matter balance.
3. Nitrogen-catching crop (preventing N-leaching).
4. Reduction of nitrogen-supply.
5. Choice of specific types of N-fertilizers (both inorganic and organic), crop residues from composting/ co-digestion.
6. No tillage.
7. Definite or permanent riding tracks.
8. Use of supplementary soil without peat (specific for hardy nursery stock).

For the measures bonus points are determined based on the emission reduction potential. A Milieukeur grower with arable crops and open field vegetables should be able to achieve 25 points and a grower of hardy nursery stock 10, choosing from the listed measures. The year 2009 will be a test year in order to fully test the practical implications.

Application of the climate module by Milieukeur growers supports a cost effective reduction of greenhouse gas emissions in agriculture.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

SMK beheert een aantal certificatieschema's voor duurzame productie in Nederland (zie www.smk.nl). De Milieukeurcriteria Plantaardige Producten omvatten akkerbouw en vollegrondsgroenten, fruit, aardbeien, blauwe bessen, bomen, cressen, sprouts en paddenstoelen. In 2008 zijn 100 telers gecertificeerd volgens het Milieukeurschema Plantaardige Producten met een totaal areaal van ongeveer 2000 ha.

De Milieukeurcriteria Plantaardige Producten worden in de sector gebruikt als benchmark voor duurzaamheid. Deze criteria onderscheiden zich ten opzichte van de gangbare productie door o.a. eisen aan gewasbescherming, meststoffen, water en afval. Voor gewasbeschermingsmiddelen geldt een maximum voor het gebruik (in kilo's werkzame stof). Ook geldt dat alleen middelen zijn toegestaan die het milieu zo min mogelijk belasten. Voor meststoffen lopen de Milieukeurcriteria één jaar vooruit op de wettelijke eisen.

Om een groter onderscheidend vermogen met de gangbare productie te bewerkstelligen, wil SMK een substantiële winst realiseren op het thema "broeikasgasemissie". De bijdrage van de open teelten aan broeikasgassen kreeg tot voor kort in Nederland nog weinig aandacht. In het project *Landbouw en klimaat in Noord Brabant* (Blonk, 2007) bleek de bijdrage van de lachgasemissie bij de toepassing van kunstmest en dierlijke mest in open teelten substantieel. Ook bleek dat er -in theorie- goede mogelijkheden zijn om deze emissie te reduceren, met name door verbeteringen in de stikstofbemesting.

1.1.1 Doelstelling

Het onderzoek heeft als doel om maatregelen, die de emissie van broeikasgassen verminderen, toe te voegen aan het Milieukeurschema Plantaardige Producten. Het onderzoek richt zich met name op de specifieke eisen voor akkerbouw, vollegrondsgroente- en boomteelt. Hierdoor worden Milieukeurproducten ook onderscheidend op het thema broeikasgassen en wordt bijgedragen aan de mogelijkheden voor telers en verwerkers van deze producten om het broeikasgaseffect in de keten te reduceren.

Het onderzoek omvat de volgende subdoelen:

- Inventarisatie van maatregelen om de emissie van broeikasgassen in de teeltfase van verschillende gewassen te verminderen. Die maatregelen liggen vooral op het vlak van:
 - bemesting: type mest zoals soort kunstmest, dierlijke mest, bewerkte (denk aan vergiste) mest), tijdstip bemesting, aanwendingsmethode, dosering (hoeveelheid en frequentie);
 - algemene teeltaspecten zoals opbrengst van het gewas, omgang met restproducten;
 - overige aspecten zoals de teelt van een vanggewas etc.;

- Toetsing van de mate waarin de maatregelen toepasbaar/haalbaar zijn in de praktijk in samenspraak met telers en teeltadviseurs;
- Toetsing van maatregelen op controleerbaarheid en certificeerbaarheid;
- Advies over de in het Milieukeurschema op te nemen maatregelen.

1.1.2 Uitvoering en samenwerking

Het onderzoek is inhoudelijk uitgevoerd door CLM en BMA. SMK heeft de algemene projectleiding verzorgd, alsmede de afstemming met het schema Plantaardige Producten en met het College van Deskundigen Agro/food van SMK. Er zijn vier bijeenkomsten georganiseerd met telers uit de sectoren akkerbouw (op klei en zand), vollegrondsgroente- en boomteelt (beiden op zand). Daarnaast zijn twee bijeenkomsten gehouden met een begeleidingscommissie (samenstelling: zie bijlage 1). Teeltadviseurs van DLV Plant zijn gevraagd te adviseren over de praktische toepasbaarheid en haalbaarheid van verschillende maatregelen. In relatie tot met name het vraagstuk van de organische stof balans hebben ook de organisaties LBI en PPO input geleverd.

1.1.3 Indeling van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt de achtergrond rond broeikasgasemissies in open teelten beschreven. Aansluitend geeft hoofdstuk 3 een overzicht van mogelijke emissiereducerende maatregelen, inclusief toetsing op praktische haalbaarheid. In hoofdstuk 4 wordt de gehanteerde rekenmethodiek voor broeikasgasemissieprofielen van bouwplannen gegeven en wordt de te behalen lachgasemissiereductie van enkele maatregelen doorgerekend. In hoofdstuk 5 worden de maatregelen voorgesteld voor de klimaatmodule binnen het Milieukeurschema Plantaardige Producten. Hoofdstuk 6 geeft afsluitend de conclusies en aanbevelingen.

1.2 Opzet onderzoek

In het onderzoek staan vier plantaardige teeltsystemen centraal. Deze vier systemen vertegenwoordigen het grootste deel van de grondgebonden gewasteelt in Nederland:

- Akkerbouw op zand;
- Akkerbouw op klei;
- Vollegrondsgroenten op zand;
- Boomteelt op zand.

Per teeltsysteem zijn Milieukeurtelers geselecteerd voor inbreng en afstemming met de praktijk. Het project is opgebouwd uit vijf fasen. In de eerste vier fasen is per fase een bijeenkomst met telers georganiseerd voor deze afstemming. De vijf fasen zijn:

1. *Inventarisatie en inzichtelijk maken van de emissies van broeikasgassen;*
2. *Inventarisatie van de reductiemogelijkheden;*
3. *Toetsing van praktische maatregelen;*
4. *Reductiepotentieel maatregelen;*
5. *Formulering van conceptcriteria.*

1.) Inventarisatie van de emissies van broeikasgassen (m.n. lachgas) bij representatieve bouwplannen voor akkerbouw, vollegrondsgroenten en boomteelt

In deze fase is een inventarisatie gemaakt van de broeikasgasemissies op basis van de gangbare methodieken aangevuld met recente inzichten. In de inventarisatie staan de emissies in de keten centraal waar de teler direct en/of indirect invloed op kan uitoefenen. Uitgangspunt voor de inventarisatie zijn de bouwplannen van de SMK-telers. De emissies van broeikasgassen zijn gekwantificeerd op basis van de bouw- en bemestingsplannen, zoveel mogelijk rekening houdend met variabelen als mestsoort, grondsoort, grondwaterstand etc. De bouwplannen en de broeikasgasemissies zijn in de 1^e bijeenkomst met de telers geanalyseerd.

2.) Inventarisatie van de reductiemogelijkheden

In deze fase is een inventarisatie uitgevoerd van mogelijke maatregelen om de emissie van lachgas in de teeltfase van de drie sectoren te verminderen. De inventarisatie is gebaseerd op wetenschappelijke kennis en inzichten. Een deel van de maatregelen was reeds bekend uit onderzoeken van het ROB programma (Regeling Overige Broeikasgassen) naar reductiemaatregelen van overige broeikasgassen.

Het overgrote deel van de maatregelen houdt verband met aspecten van bemesting, zoals de hoogte van de mestgift, het type meststof en het tijdstip, de frequentie en de methodiek van toedienen. De maatregelen beïnvloeden aanvoer en omzetting van stikstof op het perceel en de daaraan gerelateerde lachgasemissies. In de 2^e bijeenkomst met de telers is een overzicht van de maatregelen besproken.

Vervolgens is een overzicht van maatregelen met de volgende onderdelen opgesteld (in relatieve zin):

- Reductiepotentieel in kg CO₂-eq. per ha en per ton product;
- Opbrengst en mogelijke baten;
- Kosteneffectiviteit (kosten per bespaarde kg CO₂);
- Effecten op andere milieuthema's/verdringing (vermesting, verzuring etc).

3.) Toetsing praktische maatregelen

In deze fase is geanalyseerd welke maatregelen (uit fase 2) in de praktijk toepasbaar zijn op gewas- en bouwplanniveau. De maatregelen zijn getoetst op de volgende aspecten (voor zover kwantitatieve informatie beschikbaar is):

- Economie: kosten en baten, saldoberekeningen op teelt- en bouwplanniveau;
- Arbeid: kost de maatregel extra tijd of levert het tijdswinst op? De economische kant hiervan valt onder het thema economie. Echter naast de economische kant speelt op het agrarische bedrijf ook het aspect of arbeid beschikbaar is;
- Beleid: passen maatregelen binnen beleid waar de bedrijven mee te maken hebben? (bijvoorbeeld het mestbeleid);
- Praktisch inpasbaar: In welke mate kunnen maatregelen naast elkaar worden uitgevoerd of wordt de ene maatregel ook al (gedeeltelijk) uitgevoerd als de andere wordt genomen (bijv. kunstmest in meerdere keren aanwenden bespaart ook op het stikstofgebruik). Een ander praktisch aspect is bijvoorbeeld het benodigde materieel.

Via literatuur en praktijkexpertise is relevante informatie verzameld over de genoemde aspecten en is getoetst welke maatregelen in de praktijk toepasbaar zijn

op gewas- en bouwplanniveau. Dit is besproken in de 3^e bijeenkomst met de telers. Aansluitend zijn maatregelen gekozen.

4.) Reductiepotentieel maatregelen

Voor een aantal verschillende maatregelen uit fase 3 is de totale emissiereductie t.o.v. de referentiesituatie (vastgelegd in fase 1) bepaald.

Het resultaat van deze fase is in de 4^e bijeenkomst aan telers en teeltadviseurs voorgelegd. In deze bijeenkomst was het mogelijk de keuze van maatregelen bij te stellen, bijv. naar aanleiding van reductiepotenties. Verder diende deze bijeenkomst met name om telers en teeltadviseurs inzicht te geven in de potenties van lachgasreductie in hun teelten.

5.) Milieukeurcriteria formuleren voor maatregelen

Op basis van de resultaten van fase 3 en 4 zijn concept Milieukeurcriteria geformuleerd. Hierbij gaat het om het definiëren van meetbare en controleerbare maatregelen die door een CI (certificatie-instelling) bij controle op het bedrijf kunnen worden ge-audit. Conceptcriteria zijn besproken in het College van Deskundigen Agro/food van SMK, in de begeleidingscommissie, in de openbare hoorzitting en op specifieke punten met deskundigen. Aansluitend zijn de criteria vastgesteld in het College van Deskundigen Agro/food op 11 december 2008.

2 Achtergronden van broeikasgasemissies in open teelten

2.1 Inleiding

In de Nederlandse landbouw komen verschillende gassen vrij die vallen onder de broeikasgassen. De belangrijkste broeikasgassen zijn koolstofdioxide (CO_2), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O). Door de moleculaire structuur zijn deze gassen in staat warmte vast te houden in de atmosfeer. Een toename van deze gassen in de atmosfeer leidt dan ook tot het vasthouden van meer warmte en daarmee tot het stijgen van de temperatuur op aarde. Een kilogram methaangas heeft een broeikas-effect dat 21 keer groter is dan een kilogram CO_2 . Voor lachgas is dit zelfs 310 keer zo groot¹. Om broeikasgasemissies onderling te kunnen vergelijken, worden de emissies van methaan en lachgas omgerekend naar CO_2 equivalenten door ze met deze factoren te vermenigvuldigen.

Bij de discussie rond broeikasgasemissies, klimaatverandering en de relatie met de agrarische sector komt ook vaak de vastlegging van CO_2 als broeikasgas in gewassen aan de orde. Het betreft hier het zogenaamde kort-cyclische CO_2 . Dit wordt niet meegenomen in broeikasgas emissie berekeningen (zie kader *kort-cyclische CO_2*).

Kort-cyclische CO_2

Gewassen zoals aardappelen, suikerbieten en granen nemen CO_2 op uit de atmosfeer. De oogst wordt doorgaans binnen een jaar gebruikt door mensen of vee en dan komt de CO_2 terug in de atmosfeer. Het is dus een korte cyclus, minder dan 10 jaar. De vastlegging en emissie van kort-cyclische CO_2 wordt niet meegenomen in broeikasgas emissie berekeningen omdat er geen nettobijdrage aan de broeikasproblematiek wordt geleverd. Het deel van de CO_2 dat langdurig wordt vastgelegd in organische stof en wortels in de bodem scoort wel positief. Echter, in Nederland is de voorraad organische stof in de bodem al decennia constant. Uitzondering hierop zijn veengronden waarvan de organische stof zelfs afneemt waardoor extra emissie optreedt. Ook vastlegging van CO_2 in hout scoort positief. De CO_2 wordt gedurende decennia vastgelegd. Wordt het hout na gebruik verbrand, dan komt de CO_2 weliswaar terug in de atmosfeer, maar wordt fossiele brandstof uitgespaard. Negatief scoort de omzetting van CO_2 door fermentatie processen in CH_4 . CH_4 heeft een veel groter broeikas-effect dan CO_2 . Dit extra effect wordt wel meegenomen in de berekening en uitgedrukt in CO_2 -equivalenten. CO_2 -eq. is een internationaal geaccepteerde eenheid die het broeikas-effect van broeikasgassen uitdrukt in termen van vergelijkbare hoeveelheden CO_2 die hetzelfde effect hebben gemeten over een periode van 100 jaar.

Bron: Elferink, 2007

¹ Recent heeft IPCC deze GWP (Global Warming Potential) factoren gewijzigd in 25 en 298 voor resp. methaan en lachgas.

2.2 Emissies op akkerbouw- vollegrondsgroente en boomteelt-bedrijven

Akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en boomteelt hebben op vier verschillende manieren invloed op broeikasgasemissies:

1. Door het gebruik van elektriciteit en (fossiele) brandstoffen op het bedrijf komt CO₂ vrij.
2. Door het beïnvloeden van de koolstofkringloop komt CO₂ vrij.
 - a. Akkerbouw/ vollegrondsgroenteteelt: Gewassen leggen CO₂ vast in organische stof en bij het oogsten wordt deze organische stof weer uit het teeltsysteem verwijderd. Alleen wanneer in de bodem organische stof wordt opgebouwd is sprake van CO₂ vastlegging. In het algemeen is sprake van een netto afname van organische stof in de bodem op akkerbouw-bedrijven.
 - b. Boomteelt: voor boomteelt geldt ook dat de bomen CO₂ vastleggen. Omdat er geen sprake is van "oogst" zoals bij akkerbouw gewassen (de bomen worden levend verkocht), blijft de koolstof vastgelegd. Er wordt echter in de boomteelt veel organische stof afgevoerd van het bedrijf, omdat dit met de kluiten meegaat. Om het organisch stofgehalte in de bodem aan te vullen wordt daarom veel compost en aanvulgrond gebruikt (Van Dijk 2005) (Beuze 2004).
3. Door het beïnvloeden van de stikstofkringloop (door bemesting) komt N₂O vrij. Akkerbouw/vollegrondsgroenteteelt /boomteelt: Door middel van bemesting (via dierlijke mest, kunstmest en gewasresten) wordt stikstof aan de bodem toegevoegd die gedeeltelijk door de gewassen wordt opgenomen. Een ander gedeelte van de stikstof wordt echter direct of indirect omgezet in N₂O.
4. Door het gebruik van inputs zoals kunstmest en kapitaalgoederen waar bij de productie broeikasgasemissies zijn opgetreden.

In dit onderzoek ligt de focus op het beïnvloeden van de stikstofkringloop en de emissie van N₂O (lachgas). Allereerst komt stikstof als bestanddeel van lachgas aan de orde.

2.3 Stikstof

Stikstof is een vitaal element voor leven op aarde. Zo is het een essentiële component van alle eiwitten, celwanden en van desoxyribonucleïnezuur (DNA). Vrijwel alle gewassen reageren, in vergelijking met andere nutriënten, dan ook vrij sterk op stikstofbemesting of stikstofvoorraad, zowel in opbrengst als kwaliteit (Lokhorst 2003). Bij stikstoftekort wordt de fotosynthese en daarmee dus direct de productie en gewaastoestand negatief beïnvloed. Andere invloeden van stikstof zijn de snelheid van bladontwikkeling, bladoppervlakte en snelheid van in bloei komen. Dit maakt stikstof tot een van de belangrijkste nutriënten voor plantengroei.

Op aarde zijn twee "voorraden" aan stikstof, met relatief weinig uitwisseling tussen beiden: het vrij inerte gasvormige distikstof (N₂) in de atmosfeer met 99% van de totale stikstof en de 1% stikstof die chemische gebonden is aan andere elementen als koolstof, waterstof en zuurstof. Deze voorraad wordt ook wel aangeduid als de reactieve stikstof vanwege de neiging te reageren met andere elementen. Reactieve stikstof omvat anorganische (of minerale) gereduceerde vormen (ammoniak (NH₃) en ammonium (NH₄⁺)), anorganische geoxideerde vormen (stikstofoxides (NO_x), salpeterzuur (HNO₃), distikstofoxide (N₂O), nitraat (NO₃⁻) en nitriet (NO₂⁻))

en organische componenten (urea, amines, eiwitten en nucleïnezuren). Stikstof in humus kan alleen op lange termijn als reactief worden gezien. Gasvormige stikstof (N_2) kan niet direct door planten uit de lucht worden opgenomen, met uitzondering van bepaalde plantensoorten (vlinderbloemigen) die symbiotische relaties met N_2 fixerende bacteriën hebben ontwikkeld.

Stikstof in de bodem is voor het grootste deel afkomstig uit de atmosfeer. Stikstofvastlegging in de bodem kan plaatsvinden via:

- Lucht-N binding door vrij levende micro-organismen;
- Lucht-N binding door symbiose van planten en micro-organismen;
- Lucht-N binding via industriële processen (productie N kunstmeststoffen);
- Inspoeling/atmosferische depositie van stikstofoxiden en ammoniak.

Stikstof kan weer uit de bodem verdwijnen via:

- Emissies van stikstof door vulkanische en industriële activiteiten;
- Omzetting van NO_3^- in NO_2^- en vervolgens in N_2O en N_2 (denitrificatie);
- Vervluchtiging van ammoniak;
- Uitspoeling van nitraat naar grond- en oppervlaktewater.

De beschikbaarheid van stikstof in de bodem hangt samen met de afbraak van organisch materiaal. Bij deze afbraak vinden verschillende processen gelijktijdig of na elkaar plaats: groei en opbouw van bodem (micro-)organismen, humificatie, mineralisatie en immobilisatie (Bodemkunde van Nederland, 1993). Hieronder worden processen die van invloed zijn op de stikstofhuishouding besproken.

Assimilatie-Dissimilatie

Een belangrijke factor voor de afbraaksnelheid van (plantaardig) organisch materiaal is de beschikbaarheid van stikstof. De micro-organismen die het organisch plantenmateriaal afbreken, hebben zelf opneembaar stikstof nodig. Wanneer het af te breken materiaal te weinig stikstof bevat om de microbiële behoefte te dekken, kan de afbraak vertragen of stagneren. De micro-organismen die organische stof in de bodem afbreken, gebruiken een deel van de vrijkomende aanwezige C en N voor inbouw in verbindingen in hun eigen cellen, de zogenaamde assimilatie. Het overige deel verdwijnt via de ademhaling waarbij energie vrijkomt: de dissimilatie. Of er netto stikstofmineralisatie optreedt, wordt bepaald door de C/N ratio van het substraat en van de micro-organismen en door de dissimilatie/assimilatie verhouding. Gemiddeld bedraagt de verhouding C:N in schimmels 10:1 en is de dissimilatie-assimilatie verhouding 2. Netto mineralisatie van stikstof vindt plaats indien de C/N verhouding van het organische materiaal kleiner dan 30 is.

Stikstofmineralisatie

Stikstofmineralisatie is het proces waarbij organisch gebonden stikstof wordt omgezet in een anorganische vorm als ammonium. Het proces wordt daarom ook wel eens ammonificatie genoemd. De organische stof in de bodem bevat gemiddeld 50% C en 4% N. In gematigde streken wordt per jaar zo'n 1-4% van de organisch gebonden N gemineraliseerd. Bij een organisch stofgehalte van 5% en een grondmassa van 3750 ton per ha in de bovenste 30 cm betekent dit een hoeveelheid gemineraliseerde N van 75-300 kg per ha.

Immobilisatie

Indien de C/N verhouding in het organisch materiaal groter dan 30 is, vindt *immobilisatie* plaats. Het organisch materiaal levert te weinig stikstof op voor de afbrekende micro-organismen. Deze micro-organismen zullen daarom het tekort aan stikstof opnemen uit de bodem. Is die hoeveelheid beschikbaar stikstof in de bodem

onvoldoende, dan wordt de afbraak van organisch materiaal geremd. De afbraak van organische koolstofverbindingen verloopt in neutrale gronden sneller dan in gronden met lage pH.

Organisch gebonden stikstof is stikstof uit gewasresten, compost en dierlijke mest. Dit kan door middel van mineralisatie worden omgezet in ammoniumstikstof dat vervolgens via microbiologische omzettingen verder kan worden omgezet.

Verschillende bodemfactoren zoals temperatuur, vocht- en zuurgraad bepalen of het mineralisatieproces dan wel het immobilisatie/humificatieproces de overhand hebben. Humificatie is het vormingsproces van stoffen die het eindproduct zijn van de stofwisseling van micro-organismen. Deze stoffen zijn moeilijk aan te tasten en vormen de basis voor humusmoleculen of zijn dit reeds. In tabel 2.1. worden de verschillende omstandigheden weergegeven.

Tabel 2.1 Omstandigheden waaronder met name mineralisatie of humificatie plaatsvindt.

Mineralisatie	Humificatie
Warm	Kou
Losse bodem	Vaste bodem
Vochtig (pF >2)	Nat (pF < 2)
Afwisselend droog en nat	Constant vochtig
Basisch (pH >6)	Zuur (pH < 6)
Energierijke stoffen uit plantenwortels	Onbegroeide bodem
Voorjaar en voorzomer	Najaar
Versterken van mineralisatie	Versterken van humificatie
Bodem losmaken	Bodem gesloten laten of aandrukken
Water geven bij droogte, drainage bij regen	Bodem nat laten
Kalkgift bij zuur	Zuur laten
Stikstofrijke bemesting (verse mest, kippenmest, Maltaflor, etc)	Koolstofrijke bemesting (oude compost, houtsnippers, stro, etc)
Vlinderbloemige ondergroei	Gras ondergroei

Bron: LBI, 2003

Nitrificatie

Onder aërobe omstandigheden wordt het eerder genoemde ammoniumstikstof (NH_4^+) via nitrificatie snel omgezet in (het mobiele) nitraat. Met name indien dit proces wordt geremd door zuurstofgebrek, kan lachgas als bijproduct worden gevormd. Voor het proces nitrificatie is geen organische stof nodig dat door de bacteriën wordt gebruikt.

Denitrificatie

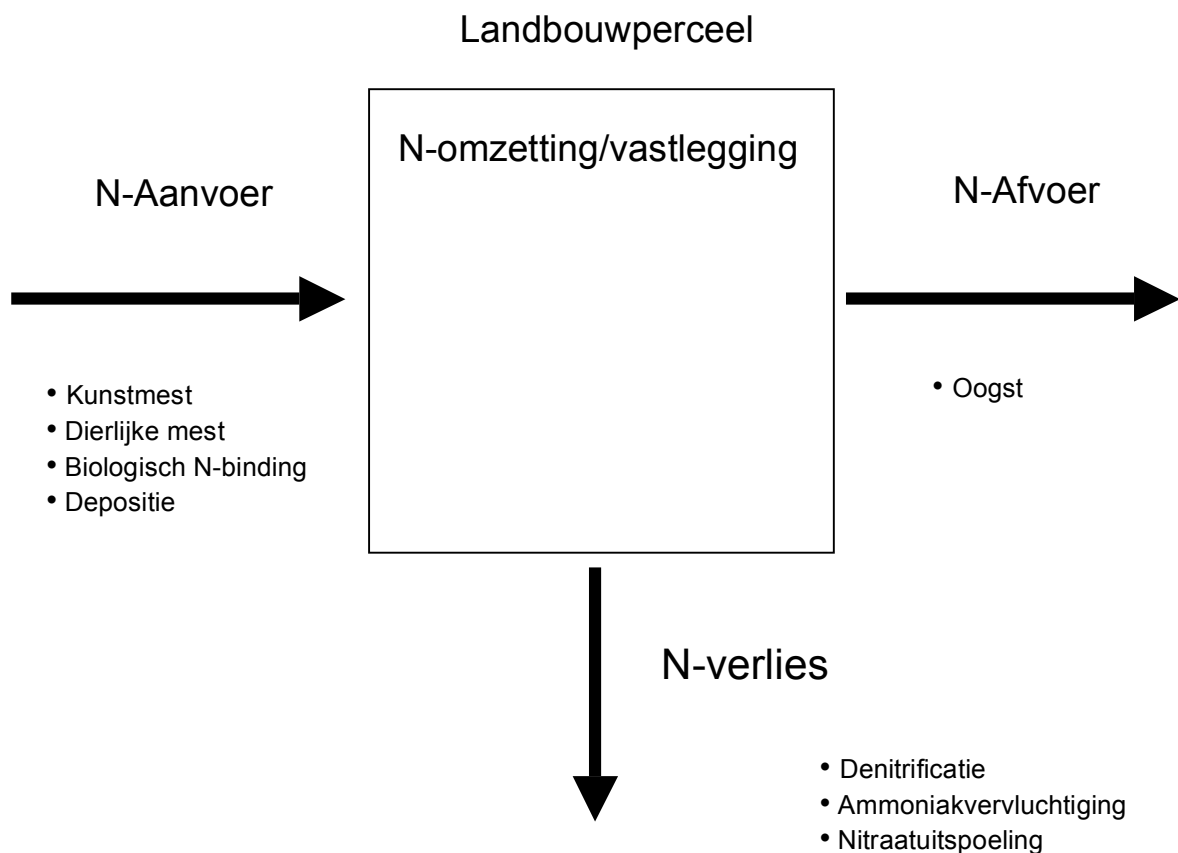
Denitrificatie is een proces waarbij nitraat bijvoorbeeld uit het nitrificatieproces of nitraatmeststoffen in stikstofgas (N_2) wordt omgezet. Het is een microbiologisch proces dat onder zuurstofloze condities optreedt bij de afbraak van organische stof. Heterotrofe bacteriën benutten de energie en koolstof van organische stof voor hun groei en metabolisme. NO_3^- doet daarbij dienst als elektron-acceptor en wordt daarbij gereduceerd van NO_3^- tot N_2 . Het denitrificatieproces verloopt via een aantal tussenstappen en afhankelijk van de omstandigheden kunnen tussenproducten als NO en N_2O die gasvormig en mobiel zijn, ontstaan en ontsnappen naar de atmosfeer.

De stikstofkringloop en de bijgaande productie van lachgas kan op twee manieren worden beïnvloed:

- Door bemesting van ammonium en nitraat zoveel mogelijk te beperken.
- Door de bodem omstandigheden zo te beheren, dat de emissiefactoren kleiner worden.

2.4 Lachgasemissies in landbouwbodems

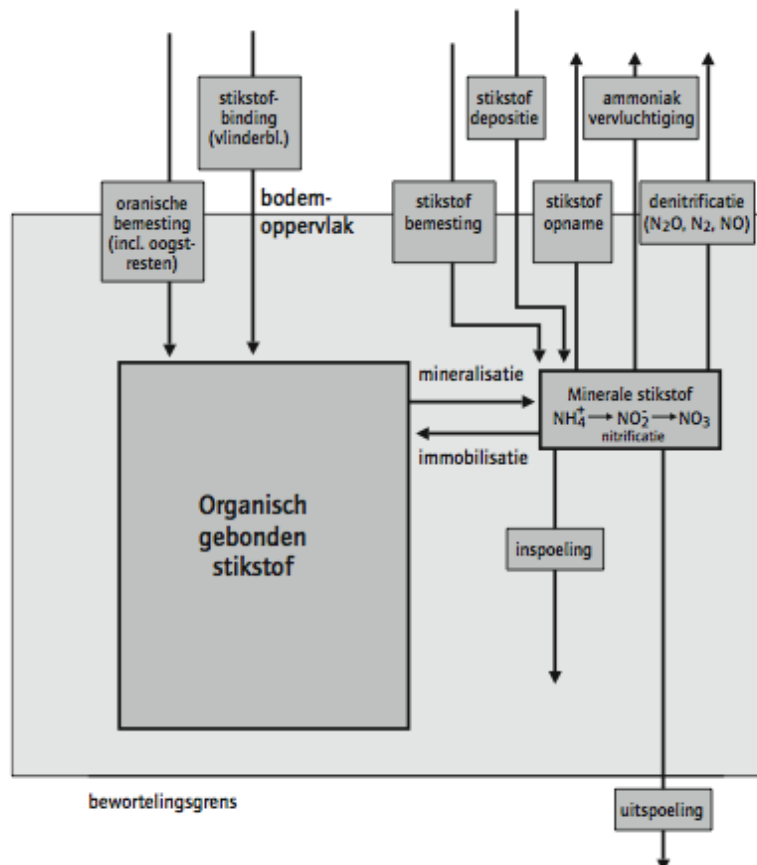
Lachgas of distikstofoxide (N_2O) ontstaat in de bodem door een combinatie van microbiële processen die sterk beïnvloed worden door bodemomstandigheden en door bemesting. De emissies die ontstaan door bemesting (of aanwezig bodem-N) worden onderscheiden in twee verschillende typen; directe en indirecte lachgasemissies. Al bij aanwending van (kunst)mest gaat direct een gedeelte van de stikstof de lucht in als lachgas (*directe emissies*). Daarnaast gaat een deel verloren als nitraat dat uitspoelt. Indirect wordt deze nitraat gedeeltelijk onder anaërobe omstandigheden omgezet in N_2O . Ook vervluchtigt een gedeelte van de mest als ammoniak en NO_x die later neerslaat in op de bodem (depositie). Indirect wordt dit ook weer deels omgezet in N_2O (*indirecte emissies*). Om de effecten van maatregelen ter reductie van lachgasemissie in perspectief te zetten, is het van belang om het ontstaan van broeikasgassen (en met name lachgas) in landbouwbodems te beschrijven. De belangrijkste stikstofstromen op een landbouwperceel zijn aanvoer, afvoer, verlies en vastlegging/omzetting in de bodem (figuur 2.1).



Figuur 2.1 Belangrijkste stikstofstromen op een agrarische perceel.

Stikstof is betrokken bij verschillende bodemprocessen. Het is daarbij belangrijk om onderscheid te maken naar de toestand van stikstof, zoals weergegeven in figuur 2.2. Er kan zowel *organisch gebonden* als *minerale* stikstof worden onderscheiden. Stikstof kan aangevoerd worden in minerale vorm (als ammonium of nitraat of ureum) in kunstmest of voornamelijk in de organische vorm (als compost of drijfmest) of beide (als dierlijke mest). De stikstof die aangewend wordt in organische vorm wordt eerst gemineraliseerd tot ammonium en nitraat (figuur 2.2.). Niet alle stikstof die aangevoerd wordt in organische vorm is voor planten bruikbaar. Het "werkzame" gedeelte kan uiteenlopen van 30% tot 60% (afhankelijk van het type dierlijke mest en het tijdstip van toediening) van de toegevoegde dierlijke mest.

Ammonium en nitraat kunnen deels worden opgenomen door gewassen (figuur 2.2). Het aangewende overschot aan ammonium wordt omgezet in nitraat (genitrificeerd) onder aërobe omstandigheden. Het overschot aan nitraat spoelt deels uit en wordt gedenitrificeerd tot stikstofgas onder anaërobe omstandigheden. Tijdens nitrificatie en denitrificatie komt lachgas vrij als bijproduct (figuur 2.2). De lachgasproductie is daarom het hoogste wanneer de lokale omstandigheden gedeeltelijk aëroob en gedeeltelijk anaëroob zijn, bijvoorbeeld wanneer de "water filled pore space" (WFPS) tussen de 60 en 70% is (Davidson 2000). De relaties tussen temperatuur, vochtgehalte en lachgasvorming zijn weergegeven in de figuren 2.3 en 2.4.



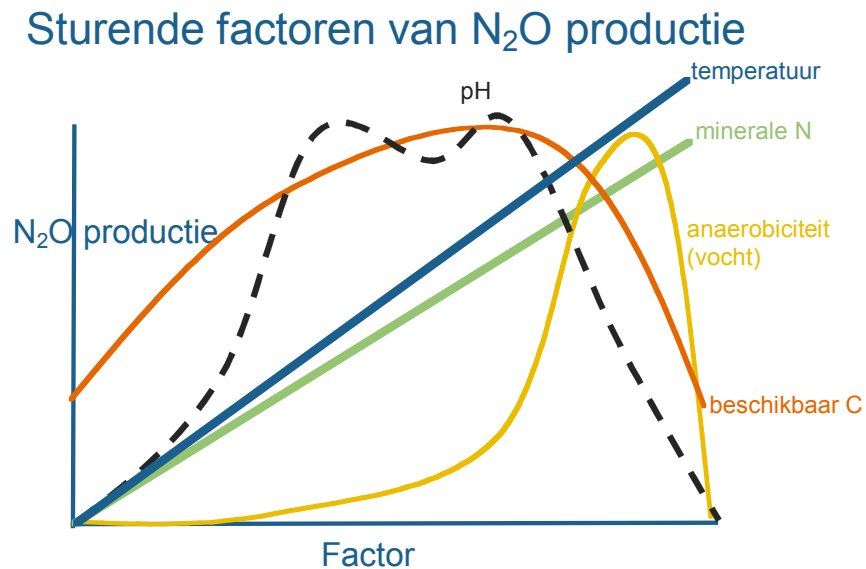
Figuur 2.2 Stikstofstromen en -omzettingen in landbouwbodems (uit: Zanen, 2003).

2.5 Invloed van biotische en abiotische factoren op de vorming van lachgas

Er is een aantal biotische en abiotische factoren die de microbiologische omzetting van stikstofhoudende verbindingen beïnvloeden. De belangrijkste zijn:

- Klimaat (neerslag/vochttoestand, temperatuur);
- Bodem (kwantiteit en kwaliteit van micro-organismen, type substraat (met name C/N verhouding), bodemtextuur, zuurstof en pH);
- Beheer en management (type bemesting, hoeveelheid bemesting, tijdstip van toediening), grondwaterstand, type gewassen en opname van N door gewas, grondbewerking.

De sturende factoren voor de productie van lachgas zijn temperatuur, pH, anaëroobiciteit, beschikbaar koolstof en minerale stikstof (figuur 2.3). In het onderzoek naar N_2O -producerende processen is overigens nog veel onbekend (zie kader complexe processen).

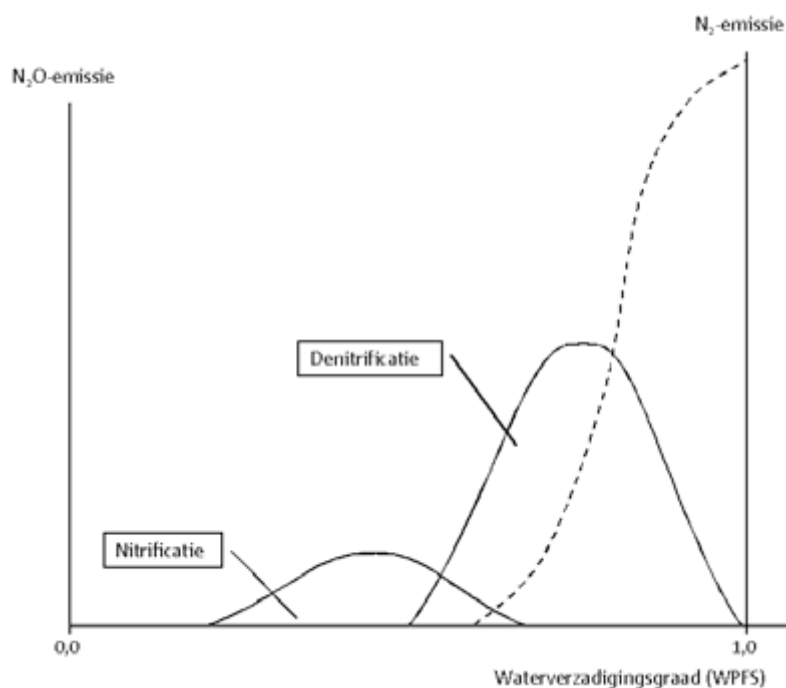


Figuur 2.3 Sturende factoren op de N_2O productie in een bodem (bron Van Groeningen, 2007).

Complexe processen

Emissie van N_2O vanuit de bodem wordt vaak voorgesteld als de resultante van twee biochemische processen: nitrificatie door autotrofe bacteriën en denitrificatie door heterotrofe bacteriën. Gedurende nitrificatie kan N_2O spontaan gevormd worden als een bijproduct; bij denitrificatie is N_2O een tussenproduct bij verdere omzetting tot N_2 . De focus op nitrificatie en denitrificatie doet echter geen recht aan een grote verscheidenheid van biochemische en chemische processen die ook N_2O kunnen vormen. Zo is bekend dat zowel nitrificatie als denitrificatie ook door schimmels kunnen worden uitgevoerd. Van andere processen, zoals dissimilatoire nitraat reductie naar ammonium (dnra) en symbiotische stikstoffixatie, wordt vermoed dat N_2O kan ontstaan als bijproduct. Sommige N_2O -producerende processen zijn nog onbekend of niet te kwantificeren (Van Groeningen, 2007).

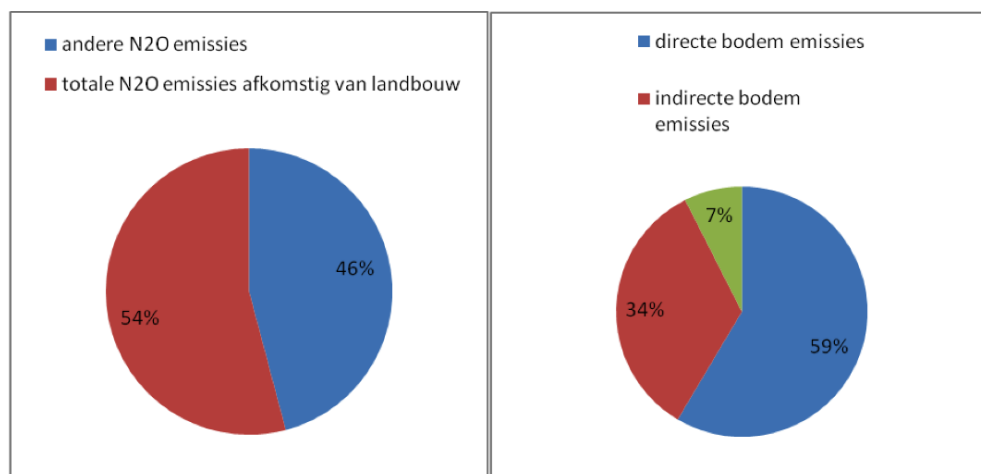
Via de vochttoestand en de temperatuur worden de biochemische omzettingroutes van stikstofverbindingen beïnvloed. In onderstaande figuur is de invloed van de waterverzadigingsgraad van de bodem op de N_2O emissie door zowel nitrificatie als denitrificatie zichtbaar. Deze waterverzadigingsgraad wordt onder meer beïnvloed door watergerelateerde maatregelen als waterpeilbeheer (grondwatergestuurde bemesting, aanpassen grondwaterstand, draineren) en beregening (aanpassing beregening aan bemesting, meer gespreid beregenen e.d). Watertoevoer door neerslag is uiteraard niet tot nauwelijks te beïnvloeden door een agrarisch ondernemer. Verder zullen bij een hogere temperatuur in de bodem de microbiologische processen ook sneller verlopen.



Figuur 2.4 Schematische weergave van de N_2O en N_2 emissies tijdens de processen nitrificatie en denitrificatie als functie van de waterverzadigingsgraad (watergevulde poriëngehalte van de bodem) (uit Hoving, 2008).

2.6 Aandeel van lachgas in totale broeikasgasemissies

In 2003 was de totale Nederlandse emissie van broeikasgassen circa 215×10^9 kg CO_2 equivalenten (215 Mton). Hiervan is 8% lachgas dat voor circa de helft afkomstig is uit de landbouw. Veruit de belangrijkste bron van N_2O emissies uit de landbouw zijn directe bodememissies (ca. 59%). Op de tweede plaats staan de indirecte bodememissies (ca. 34%). N_2O emissies uit de veehouderij zijn slechts een klein aandeel (ca. 7%) en ontstaan tijdens mest opslag en verwerking (Figuur 2.5; Brandes, 2006).



Figuur 2.5 Aandeel N₂O emissies van de landbouw ten opzichte van de totale N₂O emissies in Nederland in 2003 (links) en aandeel directe en indirecte N₂O emissies van de landbouw en N₂O emissies afkomstig uit de veehouderij (rechts)(uit: Brandes, 2006).

In de periode 1990-2006 is het aandeel van lachgas aan de broeikasgasemissie door de land- en tuinbouw het grootst (tussen 36,5 en 41,6%), op de voet gevolgd door methaan (31,7 en 34,6 %) en koolstofdioxide (26,9 en 29,4%). In bijlage 5 is een aantal tabellen met gegevens over de emissies van de 3 belangrijkste broeikasgassen door de land- en tuinbouw opgenomen.

Landbouw draagt 61% bij aan de Nederlandse uitstoot van lachgas, 56% van methaan en 5% koolstofdioxide. De open teelten hebben een bijdrage van 10% aan de totale landbouwemissies (tabel 2.2).

Tabel 2.2 Broeikasgassen en landbouw (2007) (uit: Brandes en [www.milieuennatuurcompendium](http://www.milieuennatuurcompendium.nl)).

Broeikasgas	Nederlandse uitstoot	Aandeel landbouw
CO ₂	172 Megaton	5%
N ₂ O	15,5 Megaton CO ₂ -eq.	61%
CH ₄	15,7 Megaton CO ₂ -eq.	56%

Sector	Bijdrage in totale landbouwemissies
Open teelten	10%
Varkenshouderij	8%
Melkveehouderij	54%
Glastuinbouw	22%

2.7 Methaan

Ook methaan valt onder de categorie "overige broeikasgassen". Methaan wordt gevormd als organisch materiaal onder zuurstofloze omstandigheden wordt afgebroken (Mosquera, 2007). In normale situaties wanneer de zuurstofvoorziening voldoende is, zal het overgrote deel van de koolstof in organische stof worden

omgezet naar CO₂. Als methaan is geproduceerd, kan het naar de atmosfeer ont-
wijken via diffusie, opborrelen en via het vaatsysteem van planten. CH₄ kan onder
aërobe condities ook weer oxideren, resulterend in CH₄ absorberende bodems. Me-
thaan wordt net als N₂O geproduceerd en geconsumeerd als resultaat van micro-
biële processen. De grootte van de emissie van bodem naar lucht wordt sterk be-
paald door allerlei factoren die de microbiële groei beïnvloeden zoals bodem-O₂,
bodemtemperatuur N-min/organische stof en pH. Bodemmanagement (landgebruik,
bemesting, gewasresten , grondbewerking) kan ook de vorming van CH₄ beïnvloe-
den.

Uit onderzoek blijkt dat de emissie van CH₄ bij permanente rijpaden en minder
bodemverdichting aanzienlijk lager is dan de emissie uit controlevelden waar het
land op gangbare manier wordt bewerkt. De agrariërs op kleigronden hebben naar
verwachting het meeste voordeel van toepassing van het rijpadensysteem doordat
ze na een natte periode eerder het land op kunnen, kleigrond gevoeliger is voor
verdichting dan zand en de vermeden emissies op klei het grootst zijn.

3 Maatregelen voor emissiereductie van broeikasgassen

3.1 Inleiding

Op basis van literatuur en expertkennis is een lijst opgesteld van maatregelen die de emissie van lachgas door landbouwkundig handelen kunnen verminderen. Het in stand houden en indien nodig mogelijk verbeteren van de bodemvruchtbaarheid (fysisch, chemisch, biologisch) loopt als een rode draad door de maatregelen.

3.2 Maatregelenlijst

De maatregelen zijn onderverdeeld in bemesting en overig. Belangrijke maatregelen zijn planmatig werken, de mestgift verminderen, keuze van meststoffen, efficiënte toediening en telen van vanggewassen en groenbemesters. Overige maatregelen zijn bijvoorbeeld niet kerende grondbewerking, rijpaden en waterpeilbeheer (tabel 3.1.).

Tabel 3.1 Maatregelen voor de reductie van lachgasemissie.

Maatregel	Emissie reductie lachgas (literatuur)
Bemesting	
Opstellen bemestingsplan en bemonstering	Doel: betere efficiency N-gift: vermindering N-gift
Goede N verdeling over percelen en gewas	
Geleide bemesting	
Verminderen N gift kunstmest X kg N/ha	16 kg CO ₂ -eq. per ha per kg werkzame N minder
Verminderen N gift dierlijke mest Y kg N/ha	19 kg CO ₂ -eq. per ha per kg werkzame N minder
Andere (organische) meststoffen toedienen: compost, digestaat	Indirect via organische stof
Ander soorten N-kunstmest (meer naar ammonium), vloeibaar, enkelvoudig versus samengestelde meststof. Slow release meststoffen	Reductie ammoniumhoudende kunstmesten t.o.v nitraathoudende kunstmestsoorten Op zand: 30% Op klei 40% Op veengrond 50% Slow release: 10 % lagere emissie
Beïnvloeding omzettingen(nitrificatieremmers)	10% reductie directe emissie (dierlijke mest en kunstmest)
Efficiëntere toedieningstechnieken: rijen en beddenbemesting	Via vermindering N gift

Vervolg tabel 3.1

Maatregel	Emissie reductie lachgas (literatuur)
Tijdstip mestgift: voorjaar i.p.v najaar	Geen najaarsaanwending dierlijke mest: Mais/granen: 20% reductie N ₂ O Suikerbieten 40% reductie N ₂ O Overige akkerbouw 8% reductie N ₂ O
	Periode tussen aanwenden dierlijke mest en kunstmest vergroten: 10% afname N ₂ O emissie
Splitsen N-gift kunstmest	Via vermindering N-gift
Vanggewas/groenbemester/vlinderbloemigen	Efficiency verbetering N, positieve bijdrage
Overig	
Niet-kerende grondbewerkingen	Indirect via effect op bodemvruchtbaarheid
Rijpaden systeem/ Tegengaan grondverdichting	20-50% reductie
Andere (volgorde) rassen en gewassen, duurzaam bouwplan	Via betere benutting N en bodemvruchtbaarheid
Gewasresten verwijderen, omzetten (compostering en co-vergisting) en terugbrengen	
Beregeningsregime/ beregeningsplannen	Nog grotendeels onbekend
Waterpeilbeheer/onderwaterdrainage/ peilgestuurde drainage	Op veen in proef verhogen peil: 34% lachgasreductie
Bodemverbeteraars	Onbekend, indirect effect
Organische stofbalans	

3.3 Toelichting op de maatregelen

In deze paragraaf worden de maatregelen toegelicht. De maatregelen zijn beoordeeld op basis van het reductiepotentieel van de uitstoot van N₂O (op bedrijfsniveau op bouwplan), de kosten-baten verhouding van de maatregel, het gevaar voor afwenteling (op andere milieuproblemen), de toepasbaarheid in de agrarische bedrijfsvoering en de mogelijke synergie met andere milieuaspecten of agronomische aspecten.

3.3.1 Opstellen bemestingsplan en bemonstering, geleide bemesting

Deze maatregel is gericht op het monitoren van en het efficiënt omgaan met stikstof in het landbouwkundig systeem. De maatregel bestaat uit drie onderdelen:

Bemestingsplan en bemonstering

Het opstellen van een bemestingsplan is al verplicht binnen het Milieukeurschema Plantaardige Productie.

De basiselementen van een bemestingsplan (*bron: www.telenmettoekomst.nl*) zijn:

1. Gewasbehoefte

- Bepaal de gewasbehoefte aan werkzame stikstof volgens het bemestingsadvies, eventueel aangepast voor ras en productieniveau.
- Bepaal de gewasbehoefte aan fosfaat volgens het gewasgericht advies voor het gewas.
- Bepaal ook per perceel de minerale stikstofvoorraad in de bodem bij de start van de teelt (via bemonstering).

2. Mineralisatie

- Schat of de mineralisatie uit de bouwvoor hoger of lager is dan gemiddeld.
- Bepaal mineralisatie uit gewasresten, groenbemesters en langjarig gebruik dierlijke mest voor elk perceel.

3. Bemesting

- Bepaal de bemestingsmethode en schat hoeveel nog aangevoerd moet worden via meststoffen.
- Kies de gewenste organische mestsoorten en hoeveelheden per teelt, bepaal de juiste tijdstippen van toediening en toedieningsmethoden.
- Kies de gewenste kunstmestsoorten en schat de benodigde hoeveelheden per teelt in, bepaal de juiste tijdstippen van toediening en toedieningsmethoden.

4. Gebruiksruimte

Bereken de gebruiksruimte voor werkzame stikstof, totaal fosfaat en totaal stikstof in dierlijke mest voor het gehele bedrijf.

5. Toetsing bemestingsplan aan stikstof- en fosfaatgebruiksruimte

Tel alle werkzame stikstof, totaal fosfaat en totaal stikstof uit dierlijke mest op en vergelijk deze met de gebruiksruimte.

- Als het plan voldoet aan de wetgeving kan het ook daadwerkelijk uitgevoerd worden, bekijk daarbij of er ruimte aanwezig is om tegenvallers op te vangen.
- Als het plan niet voldoet, stel het plan bij tot dit voldoet aan de wetgeving door bijstelling van de keuze van organische mest of kunstmest, toedieningstechniek en -tijdstip, hoeveelheid en opname groenbemester. Het kan onvermijdbaar zijn de bemesting in bepaalde teelten te verlagen tot een niveau dat risico op opbrengstderving kan geven.
- Evalueer de bemesting na afloop van het teeltseizoen.

Geleide bemesting

Onder geleide bemesting wordt verstaan: kennis en technieken die gebaseerd zijn op het doelgericht *geleid (in tijd en/of ruimte)* toedienen van meststof zodanig dat het *stikstofaanbod* zo goed mogelijk in overeenstemming is met de *stikstofopname en -behoefte* van het gewas (Lokhorst, 2003). Geleide bemesting betreft systemen waarbij de toediening van N als "verzekeringsstrategie" wordt vervangen door een gedifferentieerde en uitgebalanceerde bemesting om de N benutting te verbeteren en de emissie van N naar het milieu te minimaliseren. Drijvende factoren voor dit type van bemesting zijn nu de steeds hogere worden kosten van kunstmest, wet- en regelgeving (KRW, nitraatrichtlijn) en de toenemende zorg over de emissie van broeikasgassen.

Definities

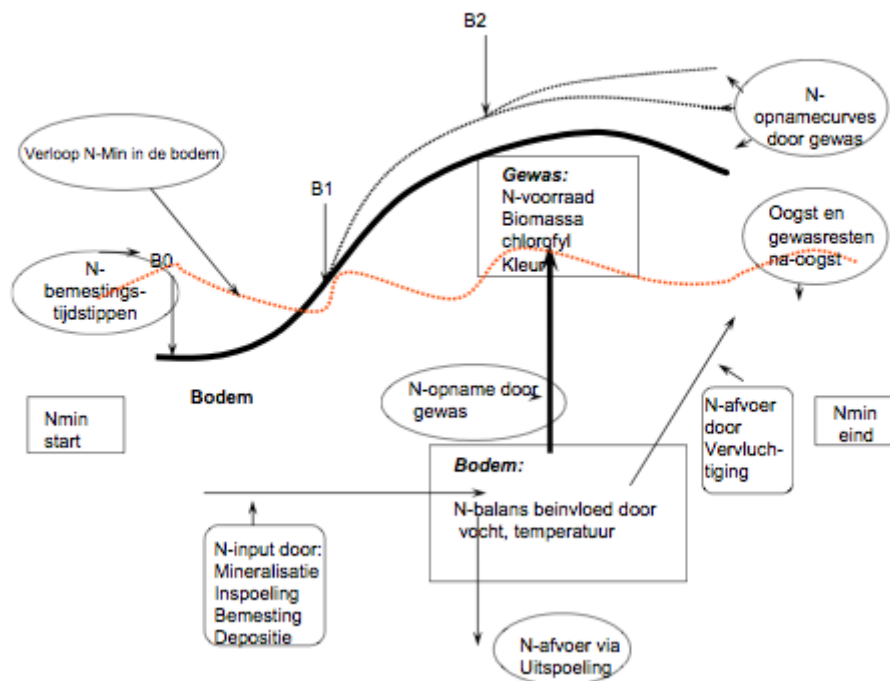
- *Stikstofopname*: de hoeveelheid stikstof die een gewas (per dag of gedurende een periode) daadwerkelijk opneemt. De stikstofopname is een goed meetbare hoeveelheid en kan worden bepaald via het stikstofgehalte van het gewas maal de biomassa van dat gewas). Hierbij kan echter wel een onderschatting plaatsvinden doordat de stikstof in het wortelstelsel meestal buiten beschouwing wordt gelaten.
- *Stikstofbehoefte*: de hoeveelheid (of concentratie) stikstof die in een bodem aanwezig moet zijn, om een gewas onbelemmerd deze stikstof te laten opnemen. In een aantal gevallen is de stikstofbehoefte aanzienlijk verschillend van de stikstofopname. De stikstofbehoefte is een minder eenvoudig vast te stellen hoeveelheid die samenhangt met een scala aan factoren als vochtuishouding, bewortelingsmogelijkheden voor het gewas en andere gewasgroei variabelen. (Radersma, 2004).
- *Stikstofaanbod*: het totaal van minerale stikstof dat in de bodem aanwezig is door voorraad, via het vrijkomen uit bodemprocessen en via bemesting.
- *Geleid in de tijd*: Geleide bemesting die is afgestemd op de schatting en/of meting van (actuele) ontwikkeling van stikstofopname en -behoefte van het gewas en stikstofaanbod vanuit de bodem gedurende het groeiseizoen. Met geleide bemesting wordt beoogd het stikstofaanbod in de tijd en ruimte zodanig precies af te stemmen op de stikstofvraag dat met minder stikstofinput eenzelfde opbrengt in kwaliteit van geoogst product behaald kan worden (Radersma, 2004).
- *Geleid in de ruimte*: Geleide bemesting die rekening houdt met lokale verschillen binnen een perceel, of op de plaats waar de wortels deze stikstof kunnen opnemen.

Systemen voor geleide bemesting

De ontwikkeling van verschillende systemen voor geleide bemesting is gebaseerd op het streven naar een meer optimale afstemming tussen stikstofopname, -behoefte en -aanbod. Basiselementen daarbij zijn:

- Bemesting gericht op ruimte of tijd.
- Bemestingsadvies op basis van actuele gemeten waarden of voorspellend op basis van afgeleide, verwachte of gemodelleerde informatie.
- Bemestingsadvies gebaseerd op metingen in gewas en/of bodem en welke aspecten daarvan.
- Reikwijdte van advies: op actuele teelt (tactisch niveau) of op meerjarige gewasrotatie-effecten en typen meststoffen (strategisch).

In figuur 3.1 is een schematische weergave van het concept van geleide bemesting opgenomen.



Figuur 3.1 Schematische weergaven van het concept van geleide bemesting (Lokhorst, 2003).

In bovenstaande figuur worden tijdsaspecten van geleide bemesting getoond. Het betreft hier curves van het verloop van de minerale stikstofhoeveelheid in de bodem, de stikstofopname curves door gewassen en de bemestingtijdstippen (B0, B1 en B2). Verder toont het figuur aspecten van de relatie tussen stikstofbehoefte en stikstofaanbod. In bovenstaande figuur staat de hoeveelheid minerale stikstof in de wortelzone centraal. Aan de ene kant zijn er verschillende natuurlijke (mineralisatie) en kunstmatige (bemesting) processen die deze hoeveelheid aanvullen. Aan de andere kant staat de afvoer, bestaande uit de gewenste stikstofopname door de gewassen en ongewenste afvoer a.g.v. uitspoeling, denitrificatie, vervluchting.

Geleide bemesting in de ruimte

Het betreft hier toedienen van meststof daar waar de wortels het kunnen bereiken: plantbemesting, beddenbemesting en rijenbemesting. Daarnaast speelt het afstemmen en fijnregelen van bemesting op de behoefte van het gewas in heterogene akkers. Mogelijkheden hiervoor worden via GPS-GIS (opslag, analyse en presentatie van ruimtelijke gegevens omtrent variërende bodemeigenschappen van heterogene akkers) geboden. Met precisielandbouw ondersteund door GPS en GIS elementen zijn besparingen van 15-25% op de bemesting t.o.v. conventionele aanpak mogelijk. Het inspelen op ruimtelijke variatie in percelen staat nog in de kinderschoenen maar komt meer en meer in de belangstelling, mede doordat er ook in de Nederlandse omstandigheden voldoende variatie is om zinnig op in te kunnen spelen. Bladbemesting en plantgatbemesting zijn speciale vormen van geleide bemesting in de ruimte.

Geleide bemesting in de tijd

Vormen van geleide bemesting in de tijd zijn: perceelsgericht advies voor hoogte basisbemesting, bijbemesting op basis van: tussentijdse bodembemesting (stikstofbijmeststelsel of NBS), stikstofvensters, nitraatanalyse van bladsteeltjes, meting van bladkleur, meting van gewasreflectie.

Het doel van geleide bemesting is om de hoeveelheid benodigde nutriënten te verminderen door de efficiëntie van nutriënten te verhogen en zo het verlies naar het milieu te reduceren. Het gebruik van aangepaste mestsoorten als slow release meststoffen, meststoffen met nitrificatieremmers, Cultan, etc. verbinden feitelijk geleide bemestingssystemen in ruimte en tijd. Ook mengteelten met vlinderbloemigen kan als een vorm van geleide bemesting worden gezien.

Het perspectief van geleide bemesting

Er kan in theorie met verschillende geleide bemestingssystemen worden gewerkt al dan niet in mengvorm. Er zijn de afgelopen jaren verschillende proeven uitgevoerd waaruit blijkt dat geleide bemesting in het algemeen tot een besparing van meststoffen, en dan met name van stikstof, kan leiden. Er zijn echter zoveel combinaties van gewassen, bodems en weersomstandigheden dat niet eenduidig is aan te geven hoeveel besparing mogelijk is.

De totale stikstofopname hangt mede af van het (gewenste) opbrengstniveau en er zijn aanzienlijke verschillen tussen gewassen. Van groot belang is de verhouding tussen stikstofopname en -aanbod. Dit wordt uitgedrukt in de stikstofbenuttingsindex (NBI). Hoe lager de NBI, hoe slechter de benutting. De NBI varieert van 0,44 (uien, sla, spinazie) tot waarden van meer dan 0,9 (knolvenkel, rode kool) en in bijzondere gevallen zelfs 1,30 (doperwtten als vlinderbloemige). Gemiddeld over alle gewassen is de NBI ongeveer 0,6. Hiermee wordt 60% van de aangeboden stikstof door het gewas opgenomen. Een volggewas dient dan zoveel mogelijk van de overige 40% op te nemen teneinde de uitspoeling en/of denitrificatie zo klein mogelijk te houden.

De NBI van een aantal gewassen en de hoeveelheid stikstof in gewasresten per ha is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 3.2 De stikstofbenuttingsindex (NBI) en de stikstofhoeveelheden in gewasresten van een aantal gewassen.

NBI	Stikstof in gewasresten (kg N/ha)			
	0-50	50-100	100-150	>150
<0,4	Radijs			
0,4-0,5	Sla, ui, spinazie, schorseneer			
0,5-0,6	Koolrabi, aardappel	Knolselderij koolraap, prei	Bloemkool	Broccoli
0,6-0,7	Maïs	Boerenkool, chinese kool, ijsbergsla, stamslaboon		
0,7-0,8	Wortel, witlof, andijvie		Witte kool	Spruitkool Suikerbiet
>0,8	Wintertarwe, bospeen	Kroot	Knolvenkel	Rode kool, doperwt

Gewastypen

Op grond van de combinatie van de NBI en de stikstofhoeveelheden in gewasresten zijn vier gewastypen te onderscheiden (Lokhorst, 2003).

- A. Gewassen met een hoge benutting van stikstof, maar ook een grote hoeveelheid stikstof in de gewasresten. Dit zijn de gewassen rechtsonder in de tabel zoals enkele koolgewassen, knolvenkel en suikerbieten.
- B. Gewassen met een hoge benutting en geringe hoeveelheden stikstof in de gewasresten. Dit zijn de gewassen links onder in de tabel. Vanuit milieukundig oogpunt gezien zijn dit ideale gewassen, zoals witlof en wintertarwe.
- C. Gewassen met een lage benutting doordat de oogst plaatsvindt op het moment dat het gewas nog erg snel groeit: op dat moment zijn zowel de stikstofbehoefte als de -opname erg groot, tot meer dan 10 kg per ha per dag. Voorbeelden zijn sla, spinazie en radijs. Deze gewassen staan bovenin de tabel. Goede sturing van bemesting maakt het mogelijk om ook bij deze gewassen een relatief lage N-min over te houden.
- D. Gewassen met een (relatief) lage benutting veroorzaakt door een suboptimale beworteling, eventueel in combinatie met andere factoren. Er kan onderscheid gemaakt worden in:
 - D1. Gewassen die een suboptimale bewortelingsdiepte en bewortelingsintensiteit (vooral in het begin van het groeiseizoen) hebben, maar ook van nature een laag stikstofgehalte van de groeiende gewasdelen bezitten. Hieronder vallen ui en prei.
 - D2. Gewassen die een suboptimale bewortelingsdiepte en bewortelingsintensiteit (vooral in het begin van het groeiseizoen) hebben, maar waarbij tevens een hoog stikstofgehalte van de groeiende gewasdelen noodzakelijk is. Hieronder vallen aardappel en maïs.

Geleide bemesting heeft voor verschillende gewassen dus verschillende perspectieven. Geleide bemesting is het meest zinvol bij gewassen met het volgende profiel:

- Een hoge bemestingsbehoefte;
- Een betrekkelijk geringe bemestingsbehoefte in het begin van een groeiperiode;
- Een tekort in de stikstofvoorziening kan tijdens de teelt hersteld worden.

Het type gewas (stikstofbehoefte, stikstofopname patroon wortelgestel, teeltperiode, teeltduur hoogte van de Nmin-rest, ruimtelijk patroon), het type bodem (sterk of zwak mineraliserend, homogeniteit) en de weersomstandigheden bepalen in hoge mate de gebruiksmogelijkheden van de verschillende geleide bemestingssystemen. Radersma e.a. (2004) hebben voor open teelten een voorbeeld gegeven van een GB-systeem (bijlage 5).

Gebruik van een Geleide Bemesting systeem is bruikbaar als maatregel voor reductie van broeikasgasemissies.

3.3.2 Verminderen van de stikstof via kunstmest en/of dierlijke mest

Een voor de hand liggende maatregel is het verminderen van de hoeveelheid toegevoerde stikstof via kunstmest en dierlijke mest.

Het bemestingsplafond wordt gevormd door de stikstofgebruiksnormen zoals die voor verschillende gewassen en typen grond gelden. De huidige (wettelijke) normstelling voor stikstof is gebaseerd op drie hoofdelementen:

1. vaststellen van toelaatbaar verlies,
2. vaststellen bij welke gift dat verlies gerealiseerd wordt, en
3. vaststellen hoe die gift zich verhoudt tot het bemestingsadvies dat als maat wordt gezien voor de stikstofbehoefte van een gewas.

Een reductie van de stikstofgift levert weliswaar een reductie van de lachgasemissie op, maar kan bedrijfseconomische effecten hebben (mogelijke opbrengstderving en kwaliteitsverlies).

Ook met een maatregel als het splitsen van de stikstofgift kan worden bespaard op de hoeveelheid stikstof. De berekende reductie van broeikasgasemissies ligt in dezelfde orde van grootte bij vermindering van de N-gift via dierlijke mest en kunstmest. Respectievelijk 19 en 16 kg CO₂ eq. /ha per kg werkzame stikstof voor dierlijke mest (uitgaande van een werkingscoëfficiënt van 65%) en kunstmest (KAS).

Bedrijfseconomische effecten van verlaging N-hoeveelheid.

Waar mogelijk worden ook financiële aspecten van maatregelen aangegeven. In het rapport "Werking van de meststoffenwet 2006" NMP 2007 (Van Grinsven, 2007) wordt ingegaan op de bedrijfseconomische gevolgen van aanscherping van de gebruiksnormen voor 2009 op basis van de studie van Van Dijk uit 2007. Er wordt gesteld dat aanscherping van gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat uit dierlijke mest en kunstmest op bedrijfsniveau drie gevolgen kan hebben:

- Lagere gewasopbrengsten (en kwaliteit) en daardoor minder inkomsten;
- Een besparing op kunstmestkosten (deze kosten stijgen sterk door koppeling aan de prijzen van fossiele brandstoffen);
- Minder ruimte om dierlijke mest aan te wenden.

Akkerbouwers en vollegrondsgroentetelers kunnen bij strengere gebruiksnormen minder mest afnemen. Dit is veelal financieel nadelig omdat nutriënten uit dierlijke mest relatief goedkoop zijn en de teler in de huidige mestmarkt zelfs geld toe kan krijgen bij mestafname. De gegevens volgen uit modelberekeningen voor verschillende bedrijfstypen. De volgende varianten voor gebruiksnormen in 2009 zijn door gerekend:

Gewasgroep	Gebruiksnorm werkzame stikstof
Akker- en tuinbouw klei	Reeds vastgesteld, ongeveer -10% t.o.v. wettelijke norm 2006
Akker- en tuinbouw, niet-uitspoelingsgevoelige gewassen op zand en lössgrond	1 variant: 2009 gelijk aan wettelijke norm 2006 (vastgesteld op 110% van het advies)
Akker- en tuinbouw, uitspoelingsgevoelige gewassen op zand en lössgrond	Varianten -10%, -20%, -30% t.o.v. wettelijke norm 2006

In de studie van Van Dijk (2007) zijn voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en boomteelt de economische gevolgen van een aanscherping van de gebruiksnormen in 2009 ingeschat. Het betreft een daling van het economisch resultaat t.o.v. 2006. Het betreft dan situaties waarin alleen sprake is van een verandering van de bemesting om te voldoen aan de gebruiksnormen (2009 basis). Daarnaast zijn de effecten van een aantal aanvullende maatregelen weergegeven die de negatieve financiële gevolgen van de aanscherping kunnen verkleinen. De effecten zijn meestal een gevolg van de aanscherping van normen m.b.t. stikstof. Bij de berekeningen is onderscheid gemaakt naar type grond en regio. Bij akkerbouwbedrijven op zand en lössgronden leidt een korting van de N-gebruiksnorm van 10% in veel gevallen niet tot een tekort aan stikstof, vooral door verschillen tussen landbouwkundige en forfaitaire N-werking van varkensdrijfmest. Inkomenseffecten treden op door een verlaging in mestgebruik. Hierdoor daalt de vergoeding voor het gebruik van dierlijke mest en stijgen de kunstmestkosten. Het inkomen daalt hierdoor met circa € 40,- per ha. Bij een korting van 20 en 30% op de N-gebruiksnorm kan in de meeste gevallen niet meer volgens het bemestingsadvies worden bemest. Met name op bedrijven in Zuid-Oost kan dit leiden tot een daling van het inkomen met € 5-55,- per ha. Op bedrijven in Noord Oost Nederland zijn de inkomenseffecten geringer door een ander bouwplan en een lager aandeel van uitspoelingsgevoelige gewassen.

De effecten van de N-tekorten bij 20 en 30% lagere N normen zijn (deels) op te vangen door maatregelen als het telen van tijdig gezaaide onbemeste groenbemesters en met geleide bemesting.

Bij akkerbouwbedrijven op klei daalt het inkomen in 2009 t.o.v. 2006 met € 15-35,- per ha. Ook hier wordt dit veroorzaakt door een verlaging van het gebruik van dierlijke mest waardoor de vergoeding voor gebruik van dierlijke mest afneemt en de kosten voor kunstmestgebruik stijgen. Een vermindering van de inkomensdaling met € 5-10,- per ha kan worden verkregen door een groter deel van de dierlijke mest in het voorjaar te gebruiken.

Vollegrondsgroenteteelt

Bij de vollegrondsgroenteteelt leidt aanscherping van de N-gebruiksnorm met 10, 20 en 30% op bedrijven op zand tot inkomensdalingen van respectievelijk € 0-50,- € 85-195,- en € 355-490,- per ha. Het gaat hier dus om aanzienlijk grotere bedragen dan bij de akkerbouw. De inkomensdaling is vooral een gevolg van opbrengstderving door suboptimale N-bemesting. De meeste gewassen op groentebedrijven zijn uitspoelingsgevoelig, daarom daalt het beschikbare N-quotum relatief sterk. Verder zijn de financiële opbrengsten van veel groentegewassen in vergelijking met akkerbouwgewassen relatief hoog. Opbrengstderving heeft dan grotere financiële gevolgen. Bij de vollegrondsgroente zijn drie maatregelen beschouwd: groenbemesters, vervanging vaste mest door varkensdrijfmest en geleide bemesting. Alle drie de maatregelen leidden tot een geringere opbrengstderving t.o.v. geen aanvullende maatregelen maar kunnen de opbrengstderving niet geheel compenseren.

Boomteelt

Op de meeste boomkwekerijen heeft een aanscherping van de gebruiksnormen volgens van Dijk (2007) geen grote gevolgen. Dit komt omdat boomkwekerijgewassen als niet uitspoelingsgevoelig worden aangemerkt waardoor geen aanscherping plaatsvindt van de N-gebruiksnorm. Wel zijn effecten mogelijk wanneer land wordt gehuurd onder de voorwaarde van afname van een bepaalde hoeveelheid dierlijke mest. Verlaging van het mestgebruik betekent dan vaak een verhoging van de huurprijs, omdat de verhuurder dan de mest elders moet afzetten.

Algemeen kan worden geconcludeerd dat de financiële effecten van aanscherping van de gebruiksnormen op tuinbouwbedrijven aanzienlijk hoger zijn dan op akkerbouw- en boomteeltbedrijven. Op akkerbouw- en tuinbouwbedrijven op zand kan een aanscherping van 10% op de N-gebruiksnorm in veel gevallen worden opgevangen door het nemen van extra maatregelen. Bij scherpere verlagingen is dat moeilijker.

Beperking van de stikstofgift is niet voor alle teelten eenvoudig maar in algemene zin bruikbaar als maatregel voor reductie van broeikasgasemissies.

3.3.3 Gebruik andere (organische) meststoffen

Gebruik van andere meststoffen kan de broeikasgasemissie beïnvloeden. Deze beïnvloeding betreft zowel de hoogte van de stikstofgift (efficiëntie), de "gevoeligheid" voor nitrificatie/denitrificatie, de uitspoeling en vervluchtiging als de indirecte emissies samenhangend met het productieproces van de meststoffen (absoluut

Binnen de organische meststoffen kunnen ook stoffen als compost, digestaat en verschillende mestfracties worden aangewend. Het kenmerk hiervan is dat naast een bemestende waarde (N,P,K,S) er ook een invloed is op de organische stofvoorziening in de bodem.

Er is ook een aanzienlijk aantal "nieuwe" kunstmestsoorten op de markt en in ontwikkeling. Voorbeelden van nieuwe meststoffen (niet uitputtend) zijn Sulfammo 20 N, Entec, Agrobien, Cultan (methode), Siforga, Urean, Humifirst, Orga-Plus, Kalkstikstof Degussa. Deze meststoffen zijn in hoofdzaak gericht op een efficiënter gebruik van de nutriënten die in de meststoffen worden aangevoerd en op betere en bredere toedieningsmogelijkheden en -gemak. Elke meststof met bijbehorende toedieningswijze heeft een uitspoelingsprofiel. Er is een relatie met de toevalligheid van de momenten van uitspoeling (regenval). Bij een langzaam vrijkomende meststof zal het relevante bodemprofiel na uitspoeling even leeg of leger zijn maar er komt altijd geleidelijk weer nieuwe stikstof vrij uit de meststof.

Vloeibare stikstof is gemiddeld in de periode 2004-2006 10% goedkoper per eenheid N geweest dan korrelkunstmest (Meijering, 2006). Vloeibare fosfaatmeststoffen zijn daarentegen veelal 10% duurder dan de korrelvorm. Kali spuiten is door de moeilijke oplosbaarheid en hogere kosten geen optie. Het splitsen van de N en P/K gift kan doordat P en K met planten of zaaïen meegegeven worden tot extra sporen en verdichting leiden.

Het verspuiten van vloeibare meststoffen met een veldspuit kan bij de meeste veldspuiten zonder aanpassingen plaatsvinden, maar er is (vaak) wel een extra set spuitdoppen nodig (kosten gemiddeld € 750,-). Naast financiële voordelen kan het gebruik van vloeibare kunstmest arbeid en een extra werkgang besparen. Sommige bodemherbiciden kunnen met Urean meegespoten worden en het is ook te combineren met een phytophthora-bestrijding of ziektebestrijding in graan. Ook de capaciteit van een veldspuit versus een kunstmeststrooier is vaak in het voordeel van een veldspuit. Een ander voordeel is de mogelijkheid tot een nauwkeuriger verdeling van de meststof. Uit PPO onderzoek is gebleken dat in normale jaren vloeibare meststoffen niet beter werken dan vaste. Wel is er een voordeel van betere en nauwkeurigere dosering dat kan leiden tot uniformere groei, hogere opbrengsten en het gebruik van minder meststof.

In de literatuur is een aantal beschrijvingen van bemestingsproeven te vinden. Uit een recent onderzoek van PPO Vredepeel (De Ruijter, 2008). naar bemesting in vroege winterprei bleek dat er nauwelijks verschillen in productie ontstaan bij gebruik van diverse soorten kunstmest in combinatie met organische mest als basisbemesting. De hoge N-efficiëntie van KAS van 110% op het perceel met organische mest is opvallend. Het lijkt erop dat in die combinatie de mineralisatie door KAS wordt gestimuleerd.

Het blijkt dat na een eerste introductie in akkerbouwgewassen het gebruik van Flex fertilizer behoorlijk toeneemt in de koolteelt. Flex Fertilizer is een techniek van vloeibare blad- en bodembemesting en bestaat uit een combinatie van macro- en micro-elementen. De vloeistof wordt tijdens het planten gedoseerd in de gewasrij bij bloemkool en broccoli. Bijmesten is veelal niet nodig. In vergelijking met volvelds toepassen van kunstmest leidt mestinjectie minder snel tot vermorsing. Mogelijke besparingscijfers liggen zo rond de 10-20% t.o.v van KAS maar andere praktijkwaarnemingen laten geen verlaging van het gebruik zien. Er lijken ook verschillen te zijn waargenomen tussen meststoffen op het gebied van uniformiteit in de gewassen en betere bewaarbaarheid. Dit komt het gewassaldo wel ten goede. Een eindconclusie is echter dat ondanks voorzichtige goede resultaten onderzoek naar deze meststof nog beperkt is en stevige conclusies rond besparingen nog niet getrokken kunnen worden (Stallen, 2008). Zowel bij kunstmest als bij organische mest zijn enkele mestsoorten te identificeren die de emissie van broeikasgassen per toegediende kg stikstof verminderen, zowel bij aanwending) als bij productie t.o.v. de referentie kunstmest KAS (kalkammonsalpeter). In tabel 3.3 zijn stikstof - kunstmestsoorten aangegeven die in de andere categorieën vallen.

Tabel 3.3 Relatieve reductie van broeikasgasemissies van een aantal meststoffen ten opzichte van KAS (per kg toegediende N)

	Productie en aanwending relatief lage emissies (meststoffen o.b.v. ammonium en meststoffen met nitrificatieremmers)	Alleen productie relatief lage emissies
	Gemiddeld 50%	Gemiddeld 25%
Producten:	ZZA (zwavelzure ammoniak)	Urean
	Mono / di ammoniumsulfaat	Ureum
	Ammoniumsulfaat salpeter	
	Entec/nitrificatieremmers	

Er worden 3 soorten N-kunstmeststoffen onderscheiden die een vermindering geven in broeikasgasemissie t.o.v. KAS:

- Meststoffen op basis van ammonium. Alleen meststoffen die zijn gebaseerd op 100% ammonium vallen in deze categorie. Indien het een mix is van ammonium en nitraat valt het buiten deze categorie.
- Meststoffen die bij productie relatief weinig emissies geven. Vooral nog alleen ureum en urean.
- Meststoffen die nitrificatieremmers bevatten, zoals Entec. Op basis van Velthof (2000) ontstaat het beeld dat er een redelijk potentieel is voor emissiereductie voor nitrificatieremmers. Recenter onderzoek (Dolfing, 2004) geeft aan dat er nog geen eenduidig beeld is van reducties (zie kader: dit verschilt sterk tussen type nitrificatieremmer, type meststof en bodem soort).

Nitrificatieremmers

De (snelheid van) nitrificatie kan worden vertraagd door de toevoeging van nitrificatieremmers aan meststoffen (zowel kunstmest als organische mest). Alterra heeft in 2004 laboratoriumproeven gedaan met een aantal meststoffen met nitrificatieremmers en gecoate meststoffen om de effecten op de lachgasemissie uit een zand en kleigrond na te gaan. Een aantal nitrificatieremmers als DCD, DMPP en Hydroquinon (remstof van urease) in combinatie met kunstmestsoorten en organische mest zijn in 30 dagen durende incubatietesten getest. De resultaten gaven een gemengd beeld en er waren duidelijke verschillen tussen de zand- en kleigrond. De emissies na 30 dagen waren zeer variabel en leidde tot weinig significante verschillen in de behandelingen met en zonder nitrificatieremmers. De onderzoekers benadrukken dat de resultaten niet zonder meer mogen worden vertaald naar het veld doordat zich daar processen voordoen die zich niet voordoen in het lab. Veldexperimenten zijn derhalve nodig voor meer inzicht van de werking van deze stoffen onder praktijkcondities. Dan kunnen ook effecten op gewasopbrengsten, nitraatuitspoeling en effecten op de emissies van methaan en ammoniak worden getest.

In Nieuw Zeeland wordt ook veel onderzoek gedaan naar de effecten van nitrificatieremmers, met name in de veehouderij. De belangrijkste stoffen daar zijn DCD, Nitrapyrin, DMPP en enkele andere stoffen. DCD en DMPP worden als meest perspectiefvol gezien in weidesystemen. Uit een inventariserend onderzoek uit 2006 in opdracht van de Pastoral Greenhouse Gas Research Consortium (PGGRC) bleek dat DCD niet goed werkt bij hoge temperaturen door de relatief snelle afbraak. Een onderzoeksopzet, min of meer onder laboratoriumomstandigheden met lysimeters liet bij DCD forse reducties zien van nitraatuitspoeling (30-79%) en emissies van lachgas (61-91%). Wel is er een duidelijk kritische noot bij de vertaalbaarheid van deze uitkomsten naar de praktijk. Het advies wordt daarom gegeven om naast onderzoek en inzet van nitrificatieremmers ook aandacht te blijven schenken aan andere strategieën om N verliezen te voorkomen en om verder te onderzoeken onder welke condities de inzet van nitrificatieremmers zinvol kan zijn.

DSM Agro stelt op haar website dat nitrificatieremmers alleen zin hebben als er een neerslagoverschot is en er een risico is dat de stikstof uitspoelt buiten de wortelzone van het gewas. Proeven in graan, koolzaad maar ook in spinazie geven een negatief effect op de opbrengst. Hoofdrede is de lage hoeveelheid nitraat-stikstof die beschikbaar is wanneer het gewas snel groeit. Nitrificatieremmers hebben met name zin als er gevaar is voor uitspoeling naar een diepte die onbereikbaar is voor het gewas. Denk hierbij aan zeer natte omstandigheden, ondiep wortelende gewassen, uitspoelingsgevoelige gronden met een dunne bouwvoor.

Het effect van nitrificatieremmers op de oxidatie van methaan is niet eenduidig. Zowel remming als stimulering van de oxidatie van methaan is geobserveerd in proeven. De lengte van de werkzaamheid van nitrificatieremmers is afhankelijk van grondsoort, bodemtemperatuur en vochtgehalte. Voor Entec worden werkingsduren van 4 tot 10 weken genoemd.

De nitrificatieremmers verschillen ook in toxiciteit. Nitrapyrin is bijtend en explosief en er zijn aanwijzingen dat het schadelijk is voor het milieu. DCD heeft een betrekkelijk lage werking in de praktijk. Bovendien is DCD uitspoelingsgevoelig.

Beide nitrificatieremmers worden vanwege de genoemde nadelen niet tot nauwelijks meer gebruikt in Nederland. De stoffen waaronder DMPP hebben voor toelating (eco)toxicologische testen ondergaan. In onderzoek in Nieuw Zeeland bleek DCD via biodegradatie volledig af te breken in 2-3 maanden bij gemiddelde bodemtemperaturen.

Er zijn nog wel onzekerheden over het effect op bodemleven en bodemgezondheid van nitrificatieremmers. Over het effect van organische stof in de bodem op de werking van DCD is, door de wisselende resultaten die in de literatuur worden genoemd, ook onzekerheid. De werkzaamheid van DCD neemt af bij een toenemend organisch stofgehalte. Het gebruik van meststoffen met nitrificatieremmers is een van de mogelijke submaatregelen binnen de maatregel bemesting/mest. Indien uit aanvullend onderzoek blijkt dat er negatieve milieueffecten aanwezig zijn, moet opname in het Milieukeurschema herzien worden.

Het gebruik van deze meststoffen, die vallen in de categorieën 'productie en aanwending relatief lage emissies', en de categorie "productie lage(re) emissies) zijn toepasbaar als maatregel voor reductie van broeikasgasemissies.

Indien een teler een N-kunstmestsoort gebruikt die niet in de tabel vermeld staat, dient na te worden gegaan in welke vorm de stikstof wordt toegediend. Als dit 100% ammonium is, valt het onder de N-kunstmestsoorten o.b.v. ammonium. Als het is samengesteld o.b.v. ammoniak of ureum dan valt het in de andere categorie. Indien het nitraat bevat, wordt het gelijkgesteld aan KAS en is het niet bruikbaar als maatregel.

Bepaalde (kunst)mestsoorten zijn niet voor alle bedrijfssituaties geschikt. De Milieukeurhouder zal voor iedere specifieke situatie moeten bepalen of de meststof geschikt is. Het testjaar is mede bedoeld om aan de hand van ervaringen van telers de lijst uit te breiden met andere meststoffen. Er is bij de beoordeling ook rekening gehouden met mogelijke negatieve effecten als vervluchtiging en verzuring bij gebruik van ammoniummeststoffen. Bij vloeibare ammoniummeststoffen kan deze in de grond worden gebracht waardoor ammoniakemissies sterk gereduceerd worden. De eventuele indirecte emissie van lachgas bij vervluchtiging van ammoniummeststoffen is kleiner dan de winst bij de directe emissie t.o.v. KAS.

3.3.4 Efficiëntere toedieningstechnieken

Dit is feitelijk een onderdeel van de geleide bemesting. Efficiëntere toedieningstechnieken zijn gebaseerd op het gericht plaatsen van de meststoffen, veelal in combinatie met specifieke meststoffen (vloeibaar en vast). In de vollegrondsgroenteteelt zijn op Belgische proefstations met rijenbemesting goede resultaten gehaald met 20-30% verlaagde doseringen t.o.v. gehanteerde adviezen voor volveldsbemesten. Naast een verlaging door de rijenbemesting zelf kan ook worden bespaard omdat oogstpaden en kopeinden niet worden bemest. Er is informatie bekend over de ervaringen met rijenbemesting in vollegrondsgroenteteelten. De ervaringen in ijsbergsla zijn wisselend. De indruk bestaat dat het meeste voordeel aanwezig is bij stikstofarme groeiomstandigheden en in vroege teelten. Voorzichtige schattingen lopen uiteen van 0 tot maximaal 20% besparing t.o.v. volvelds bemesten, afhankelijk van de groeiomstandigheden en grondsoort (Van Geel, 2008). Binnen het project "telen met toekomst" wordt gesteld dat kunstmest in de rij of bed mogelijk een betere N benutting geeft. Efficiëntere toedieningstechnieken zijn goed te combineren met GPS precisielandbouw en bodemkartering.

3.3.5 Tijdstip mestgift: voorjaar i.p.v. najaar

Binnen de Nederlandse wettelijke kaders zijn er regels rondom het uitrijden en aanwenden van dierlijke mest en N en P kunstmest. De verschillende uitrijperiodes zijn afhankelijk van mestsoort (vaste mest, drijfmest, compost, zuiveringslib, stikstofkunstmest), grondsoort (zand en lössgrond, veengrond en kleigrond) en of er sprake is van grasland of bouwland. Als gevolg van een verdere aanpassing van de nitraatrichtlijn worden de regels rond gebruik van mest wettelijk aangescherpt.

In onderzoek van Clevering (2002) komt naar voren dat de stikstofbenutting van stikstof uit drijfmest bij najaarstoediening laag is (1-30%). Op kleigrond geeft mestaanwending in het voorjaar een verhoogde werkdruk in een periode met een beperkt aantal werkbare dagen, met name bij zware kleigronden. In het voorjaar kan dierlijke mest bij een aanzienlijk aantal akkerbouwgewassen worden ingezet. Het is daarbij wel belangrijk dat bij de keuze van de mestsoort en hoogte van de gift rekening wordt gehouden met mogelijke schadelijke effecten van N-mineralisatie aan het eind van het groeiseizoen op de kwaliteit van de gewassen. In de afgelopen periode is op bouwland op kleigrond zeer beperkt drijfmest in het voorjaar aangewend. In de nieuwe mestwetgeving is het aanwenden van drijfmest na 15 september op kleibouwland in de komende jaren stapsgewijs beperkt, tot een volledig verbod in 2009. De beperkte aanwending in het voorjaar komt met name omdat de teler bang is voor structuurschade. Structuurschade kan worden voorkomen door de mest voor het zaaien of poten toe te dienen, waarbij eventuele spoorvorming bij zaai- of pootbedbereiding teniet kan worden gedaan. Het toedienen van mest na poten of zaaien levert in het algemeen minder goede resultaten. Spoorvorming moet zoveel mogelijk tegen worden gegaan. Maatregelen zijn het gebruik van lichtere apparatuur en brede banden met lage bandenspanning of het vergroten van de werkbreedte en combineren van sporen voor grondbewerking en/of gewasbehandelingen.

Uit onderzoek op wintertarwe en aardappelen maar ook op snijmaïs blijkt dat voorjaarstoediening mogelijk is zonder dat structuurschade optreedt. In veel gevallen wordt de drijfmest bij aanwending in de herfst volvelds uitgereden voor het ploegen. Een extra aandachtspunt is dat het vanaf 2008 verplicht is de mest in één werkgang emissiearm toe te dienen. Daarbij geldt dat de mest volledig met grond bedekt moet zijn. Een groot voordeel voor de teler is dat de N-benutting van dierlijke mest bij voorjaarsaanwending vele malen beter is dan bij najaarsaanwending. Hierdoor kan op kunstmest kosten bespaard worden. Kuikman (2004) schat voor akkerbouw de emissiereductie in kg CO₂-eq. per ha per bedrijf bij aanwending van dierlijke mest in het voorjaar (i.p.v. najaar) op 200 kg.

Tijdstip van grondbewerkingen

Het verplaatsen van grondbewerkingen van het najaar naar het voorjaar heeft ook een effect. De mineralisatie van gewasresten kan er door vertraagd worden en daarmee ook de uitspoeling van nitraat (en indirecte N₂O emissies). De emissie kan echter zowel toe- als afnemen. Een afname van de lachgasemissie kan worden verwacht bij het gewas suikerbieten en kool met (relatief N-rijke gewasresten). Zoals al hierboven aangegeven, kan vooral op kleigronden het uitstellen van grondbewerkingen naar het voorjaar door mogelijk optreden van structuurschade op bezwaren stuiten. De emissie van lachgas uit gewasresten bij suikerbieten daalt met 25% (Kuikman, 2004).

Het gebruik van deze maatregel draagt bij aan reductie van broeikasgasemissies.

Vanwege de wettelijke verplichting heeft het geen meerwaarde deze maatregel in het Milieukeurschema op te nemen.

3.3.6 Het splitsen van de N-gift (met kunstmest)

Ook dit is een afgeleide submaatregel uit geleide bemesting. Het idee is dat een splitsing van de N-gift beter aansluit op de N-behoefte van het gewas in een bepaalde ontwikkelingsfase en dat de N-benutting hoger wordt (minder uitspoelingsgevaar). Hierdoor zal ook de lachgasemissie lager worden. Hoe sneller en beter een gewas toegediende stikstof opneemt, des te korter de periode is met hoge gehalten aan minerale stikstof dat met name in periodes met veel neerslag kan uitspoelen (indirecte N₂O emissie) of via denitrificatie (directe N₂O emissie) kan ontwijken.

Bij het gebruik van nieuwere kunstmestsoorten (meer ammoniumvorm, slow release) is het splitsen van de kunstmest gift minder van belang of minder effectief. De mogelijk positieve effecten van splitsing van de kunstmestgift speelt met name voor nitraatstikstof. Overigens is het zo dat het splitsen van giften aanleiding kan geven tot meer werkgangen en eventuele extra druk op de grondstructuur. Verder kan in droge jaren bij percelen zonder beregeningsmogelijkheden tekort stikstof bij de basis van de teelt problemen geven. Het is echter over het algemeen wel een doeltreffende en praktische maatregel. Door opname van het doorlopen van het systeem van geleide bemesting, kan een teler in zijn situatie de mogelijkheden van deze maatregel zelf bepalen.

3.3.7 Biologische N-binding/groenbemester/vanggewas/rustgewas

Biologische stikstofbinding door vlinderbloemigen is met name binnen de biologische landbouw belangrijk maar vlinderbloemigen nemen in de gangbare Nederlandse landbouw geen belangrijke plaats in.

In landbouwgronden kan op twee manieren biologisch N-binding optreden: via micro-organismen in symbiose met vlinderbloemigen en via vrijlevende bodembacteriën. De aanvoer van de laatste manier is beperkt tot 0-10 kg N per ha per jaar. Daarentegen kan de biologisch N binding via de symbiose aanzienlijk groter zijn. Vlinderbloemigen kunnen 40 tot 65 kg N per ton drogestof binden. Het is zo dat niet alle door vlinderbloemige (hoofd)gewassen gebonden N ten goede komt aan niet-vlinderbloemige volgteelten omdat een deel van de gebonden N weer kan worden afgevoerd (indien gewasdelen geoogst worden). De waarde van vlinderbloemigen zit in de stikstof die met gewasresten (stro, stoppels, wortels etc) achterblijft op het land. De stikstof inhoud van vlinderbloemige groenbemers kan oplopen tot 90 kg N per ha.

Ook bij de teelt van vlinderbloemigen kunnen emissies van lachgas optreden. Emissie van lachgas kan bij vlinderbloemigen worden geproduceerd door het fixatieproces zelf en wanneer gewasresten ondergewerkt worden. Als de gewasresten een lage C:N verhouding hebben, kan er veel mineraal N ontstaan dat vatbaar is voor nitrificatie en denitrificatie. Hierdoor kan het onderwerken van gewasresten van vlinderbloemigen onder bepaalde omstandigheden tot meer lachgasverliezen leiden dan bij niet vlinderbloemige gewasresten.

Veel van deze toename in lachgasemissies bij de teelt van vlinderbloemigen kan toegeschreven worden aan de N-afgifte via wortellexudaten gedurende het groeiseizoen en van afbraak van gewasresten na oogst. Emissies vanuit het fixatieproces zelf zijn minder duidelijk en zeker.

Op landbouwbedrijven worden voornamelijk gele mosterd en bladrammenas als groenbemesters gezaaid. Andere groenbemesters kunnen evenwel grote voordelen hebben ten opzichte van deze gewassen: Vlinderbloemige groenbemesters binden actief stikstof en bewortelen de bodem beter. Ook veel gebruikte groenbemesters zoals raaigrassen en rogge of haver hebben een zeer intensief wortelgestel. Met klaver of wikke kunnen deze grasachtige groenbemester beter verteerbaar worden gemaakt en bovendien kan de vlinderbloemige zorgen voor stikstofbinding. Vlinderbloemige groenbemesters moeten uiterlijk voor half augustus ingezaaid worden omdat anders weinig stikstof in het najaar wordt gebonden. Mogelijke mengsels van groenbemesters en vlinderbloemigen zijn: Italiaans raaigras en perzische klaver of wikke, engels raaigras en rode klaver en haver/rogge en wikke. Belangrijke aspecten bij de keuze zijn groeikracht, wintervastheid en zaaidatum. Bij een snelgroeiende graan- of grasgroenbemester is het verstandig ook altijd voor een snelgroeiende vlinderbloemige te kiezen. Er moet een kleine hoeveelheid stikstof aanwezig zijn voor een vlotte beginontwikkeling.

Groenbemesters of vanggewassen spelen een rol in de mineralenmanagement, bescherming van de bodem tegen ongunstige weersinvloeden en toevoer van organische stof (positief effect op bewerkbaarheid, vochtvoorziening, bodemstructuur, bodemleven).

Het telen van een vanggewas heeft een reducerend effect op de lachgasemissie vanwege lagere N-verliezen. Het effect van een N-vanggewas is het grootst bij voorgewassen die veel stikstof achterlaten en de volgende hoofdvruucht in het voorjaar daarop wordt gezaaid/geplant. Overigens dient wel rekening te worden gehouden met een uiterste zaaidatum. De keuze voor soort type vanggewas is afhankelijk van de teelten en wordt bepaald door het effect op een eventuele vermeerdering van aaltjes, slagingskans van de teelt, vorstgevoeligheid, hoeveelheid en type biomassa, onkruidonderdrukkend vermogen, waardplant en het zaaitijdstip. Bij een late oogst van het hoofdgewas (bijvoorbeeld korrelmaïs vanaf half oktober) zal de bijdrage van een N-vanggewas (te) gering zijn. Na gebruik wordt de groenbemester/N-vanggewas ondergewerkt of door de bouwvoor gewerkt. Hierbij zijn ook technieken anders dan ploegen te gebruiken (bijvoorbeeld schijveneg of (veer)tandcultivator).

Het telen van een vanggewas is bruikbaar als maatregel voor reductie van broeikasgasemissies.

3.3.8 Niet-kerende grondbewerkingen

Niet kerende grondbewerking betreft twee teeltwijzen: directe zaai zonder grondbewerking (no tillage) en met grondbewerking maar dan niet kerend (De Haan, 2007). Alleen in Zuid Limburg wordt het principe van no tillage in beperkte mate toegepast.

Bij grondbewerking spelen de aard, intensiteit en diepte van de grondbewerking een grote rol. De definiëring rond grondbewerking is soms verwarrend. In het project "Biokennis", wordt aangegeven dat bij niet-kerende grondbewerking (NKG) de bodem niet dieper dan 12 cm wordt bewerkt. Gewasresten worden dus alleen oppervlakkig met de bodem vermengd. NKG vergroot in het algemeen de bodemkwaliteit door beïnvloeding van het bodemleven en bodemstructuur (lucht en water) en bodem organische stof. Verder kan in minder werkgangen het veld zaaiklaar worden gelegd wat een positief effect geeft op verlaging van de arbeidsuren en het energieverbruik. In Limburg en Noord-Brabant is al behoorlijk wat ervaring met niet ploegen op het bedrijf. Alternatieven zijn woelers, cultivatoren en eggen. Overigens bestaat ten aanzien van grondbewerkingen ook gewoontegedrag: de grond moet in de winter egaal zwart zien. Dit hoeft niet altijd de meest optimale situatie te zijn.

Het grondtype en het bouwplan zal invloed hebben op de mogelijkheden van het toepassen van niet-kerende grondbewerkingen. In de biologische akkerbouw en groenteteelt is al meer ervaring opgedaan met niet-kerende grondbewerkingen. Het uitgangspunt is dat in het algemeen de effecten van niet kerende grondbewerkingen via bodemfysische, bodemchemische en bodembiologische invloeden een positief effect heeft op de emissie van broeikasgassen uit de bodem. Het effect hiervan is echter pas na een aantal jaren te verwachten.

Het systeem van NKG is bruikbaar als maatregel voor reductie van lachgasemissie.

3.3.9 Rijpadensysteem/tegengaan bodemverdichting/precisielandbouw

Rijpadenteelt is een teeltwijze waarbij gebruik wordt gemaakt van zogenaamde vaste rijpaden. Rijpaden zijn vaste paden in een perceel die gedurende meerdere groeiseizoenen worden gebruikt bij het uitvoeren van (mechanische) bewerkingen (Kroonen-Backbier, 2004).

De kern van het rijpadensysteem zit in de opsplitsing van zogenaamde teelt- en berijdingszones. In de berijdings- of verkeerzones (vaste rijpaden) ontstaat door het herhaald berijden een dichte ondergrond die in het algemeen ook onder natte omstandigheden goed berijdbaar is. De teeltzone wordt hierdoor niet bereiden. Er zijn door dit systeem verbeteringen te behalen op het gebied van o.a. bodemvruchtbaarheid en kwaliteitsproductie.

Het is becijferd dat gebruik van zwaardere machines en de hiermee gepaard gaande (extreme) verdichting van (vooral klei-) grond tot 20-50% meer lachgasemissie en een factor 2-5 hogere methaanemissie kan leiden (Mosquera, 2007). Met een rijpadensysteem is een reductie van de lachgasemissie met 20-50% te realiseren en kan de methaanemissie met een factor 2-12 afnemen. Daarnaast leidt het scheiden van teelt- en verkeerszones tot een hogere porositeit van de beteelde bodem met een (mogelijk) betere stikstofbenutting. Dit leidt tot minder lachgasemissies, ook door betere afwatering en beluchting.

In de gangbare landbouw zijn enige tijd geleden, met name in uien, suikerbieten en aardappelen al 10% hogere opbrengsten door het gebruik van permanente rijpaden waargenomen. In de biologische akkerbouw zijn er sinds een jaar of zes ook resultaten bekend met het gebruik van permanente rijbanen. Bij gewassen als erwten en spinazie zijn bij rijpadensysteem hogere opbrengsten van respectievelijk 30%

en 15% t.o.v gangbaar teeltsysteem geobserveerd. Bij peen en zaaiuien zijn geen significante opbrengstverschillen met reguliere teeltwijze geobserveerd. Significantie en betrouwbaarheid van deze uitkomsten moet worden vergroot door over meerdere jaren opbrengstgegevens te verzamelen.

Met een trekker die op een spoorbreedte van ruim 3 meter staat, wordt elk jaar over hetzelfde spoor gereden. Hierdoor ontstaat er een soort "permanent onbereden grond". Trekkers worden uitgerust met GPS systeem met bepaalde nauwkeurigheid en een stuurautomaat waarmee een afwijking van slechts enkele centimeters mogelijk is. Oogst en ploegwerk gebeurt nu nog wel met conventionele machines maar er zijn wel ontwikkelingen om oogstwerkzaamheden beter te laten samengaan met rijpadensysteem. Daarnaast is ook gebleken dat er in het rijpadensysteem duidelijk sprake is van een hogere mineralenefficiëntie. M.a.w. gewassen geven in het rijpadensysteem met een lagere bemesting een hogere opbrengst. Verder lijkt het rijpadensysteem ook nog voordelen te hebben bij mechanische onkruidbestrijding. De maatregel is bruikbaar voor reductie van broeikasgasemissies, maar niet op alle bedrijven toepasbaar.

Het systeem van rijpaden is bruikbaar als maatregel voor reductie van lachgasemissie.

3.3.10 Gewasresten verwijderen, omzetten (compostering/co-vergisting) en terugbrengen

Deze maatregel hangt samen met de maatregel "gebruik andere soorten mest" (3.3.3). In een aantal studies zijn de mogelijkheden van het afvoeren van gewasresten onderzocht. Gewasresten die achterblijven op het land vormen een belangrijke bron van stikstofmineralisatie. De stikstof uit mineralisatie is weer opneembaar door (volg)gewassen. Helaas mineraliseert een deel van de gewasresten in de periode (herfst en winter) wanneer geen gewassen op het veld staan. De dan vrijkomende stikstof kan uitspoelen naar grond- en oppervlakte water en op die manier zorgen voor directe en indirecte emissies van lachgas. Dit is te voorkomen door de gewasresten na de oogst van het land te verwijderen. In Kuikman (2004) wordt de verlaging van de emissie van lachgas van deze maatregel op 100-150 kg CO₂-eq. per ha geschat. Nadelen van de afvoer zijn het extra energieverbruik en toename arbeid en de afname van de aanvoer van organische stof.

Indien de afgevoerde en verwerkte organische stof later weer wordt teruggevoerd op het land, is het (negatieve) effect op de organische stof naar verwachting niet tot nauwelijks aanwezig. Mogelijke verwerkingstechnieken zijn compostering en (co-)vergisting en eventueel als veevoer. In een studie van De Haan (2007) worden de kosten van het afvoeren van de gewasresten op ten minste € 100,- per ha gesteld.

Co-vergisting van afgevoerde gewasresten

Van der Voort (2006) heeft een studie uitgevoerd ter beoordeling van de mogelijkheden om door middel van co-vergisting de afgevoerde gewasresten tot een bruikbare retourstroom te komen en dit doorgerekend voor 2 scenario's met bouwplannen van 100 ha op kleigrond en 100 ha op zandgrond.

Op grond van de mestwetgeving mag de verhouding aan biomassa (gewasresten) niet meer zijn dan de hoeveelheid gebruikte mest.

Het verwijderen van gewasresten is niet voor alle teelten een optie. Voor de teelten waar het verwijderen van gewasresten goed mogelijk is, zijn de kosten van het verwijderen door de onderzoekers in kaart gebracht. Met het biogas van de gewasresten van het kleibouwplan, kan ongeveer € 25.000,- aan elektriciteit worden geleverd. Tegenover de kosten voor het verzamelen van de gewasresten van zo'n € 10.500,- betekent dit dat het vergisten van de gewasresten in een op een klei-grond akkerbouwbedrijf van 100 ha een mogelijk resultaat geeft van bijna € 15.000,-. Voor een zandgrond akkerbouwbedrijf is een netto resultaat mogelijk van ruim € 15.000,-.

Uit de berekeningen blijkt dus dat de kosten voor het verzamelen van de gewasresten worden terugverdiend worden met de biogasopbrengsten. Door afvoeren van gewasresten, vergisten en weer terugbrengen naar het land kan er op bedrijfsniveau gemiddeld 10 kg N uit kunstmest per ha bespaard worden. Het co-vergisten van gewasresten dient meerdere milieudoelstellingen. Het co-vergisten van gewasresten is volgens de onderzoekers een goede optie om uitspoeling van nutriënten te voorkomen. Naast het voorkomen van uitspoeling, draagt het vergisten van mest en co-substraat bij aan vermindering van de uitstoot aan broeikasgassen en levert een bijdrage aan de productie van duurzame energie. Het effect op de (opbouw van) de organische stof is naar verwachting nihil want aangenomen wordt dat de koolstofinhoud van het digestaat (bij co-vergisting bevat dit ook C van mest) ongeveer gelijk is aan de koolstofinhoud van de biomassa die in grond zou zijn vastgelegd. De C die niet terugkomt is omgezet in biogas. De effecten zijn verder afhankelijk van de humificatie-coëfficiënten van de betreffende gewasresten.

Bij de organische meststoffen kan het gebruik van digestaat geïdentificeerd worden als maatregel waarmee broeikasgasreductie in de keten behaald wordt. Bij het vergistingsproces komt biogas vrij en wordt veelal ter plekke elektriciteit opgewekt waarmee fossiele energie wordt vermeden. Verder wordt methaanemissie uit de mestopslag vermeden omdat de mest niet (of heel kort) wordt opgeslagen maar direct wordt vergist. Uitgaande van varkensdrijfmest is er per kg N een emissiereductie mogelijk van 18 kg CO₂-eq. Dit is alleen de reductie in het proces tot aanwending. Over de emissies van vergiste mest na aanwending uit de bodem zijn nog onvoldoende gegevens uit onderzoek bekend. Overigens zit er spreiding rond de waarde van 18 kg CO₂-eq. van 5 – 28 kg CO₂-eq., vooral vanwege het type en hoedanigheid van mestopslag. Is dit een opslag onder de stal waar relatief veel methaanemissies plaatsvinden dan is de reductie hoger. Is de opslag in een silo buiten de stal met relatief weinig methaanemissies (vooral vanwege de lagere temperatuur) dan is de reductie geringer.

Composteren/ vergisten i.c.m. gewasresten afvoeren.

Het composteren of vergisten van afgevoerd organisch restmateriaal (bijv gewasresten) eventueel in combinatie met aangevoerde dierlijke mest kan reducties van broeikasgasemissies geven. Het resterende materiaal (digestaat) heeft in het algemeen een goed effect op de organische stof voorziening en past in een streven naar korte kringlopen en kringloopsluiting.

Composteren geeft met name reducties (in de keten) indien het zoveel mogelijk in een geconditioneerde installatie (met nageschakelde luchtzuivering) plaatsvindt. Tauw heeft in 2007 in opdracht van Vereniging Afvalbedrijven kentallen voor methaan en lachgasemissies vastgesteld van een aantal composteerbedrijven (Heres, 2007). Het betreft hier verschillende composteringstechnieken. Deze technieken kennen eigen bandbreedtes qua uitstoot van methaan en lachgas per ton compost. De systemen scoren uitgedrukt in totaal CO₂-eq. in de keten vergelijkbaar. In het Tauw onderzoek is als gewogen gemiddelde 170 gr methaan en 69 gr lachgas per

ton gft-compost opgenomen. Er worden punten toegekend in het geval het compostering betreft in installaties waarvan de gemiddelde emissies overeen komen met bovengenoemde waarden. Bovenstaande emissies lijken voor een installatie/aanpak bij een individuele teler echter niet snel haalbaar. Het is ook onduidelijk hoe de emissies (ook in ketenoptiek) zich verhouden tussen gewasresten onderwerken of weghalen, open lucht composteren en weer opbrengen. Om deze reden wordt deze maatregel indien niet duidelijk is dat aan bovenstaande gemiddelde emissies kan worden voldaan, vooralsnog buiten beschouwing gelaten. De puntentoekenning geldt dus alleen voor installaties van derden als eigen installaties indien die ook kunnen voldoen aan bovengenoemde emissiewaarden.

Mest vergisten in combinatie met co-vergisting van organisch materiaal van het eigen bedrijf (bijv. gewasresten) lijkt wel eerder haalbaar. Omdat bij co-vergisting energie uit hernieuwbare bronnen wordt opgewekt, wordt dit gestimuleerd. Het invoeren van organisch restmateriaal van het eigen bedrijf zoals gewasresten is daarbij een mogelijkheid om de energieopbrengsten te verhogen. Voorwaarde is wel dat de vergiste mest (digestaat) op het eigen land weer wordt aangewend om de aanvoer van organische stof zoveel mogelijk te behouden (zie ook organische stofbalans). Het is geen voorwaarde dat de vergisting op het eigen bedrijf plaatsvindt. Het belangrijkste is dat de gewasresten worden afgevoerd, vergist en weer teruggebracht op het land. Aanwending van vergiste mest is al voorgesteld als keuzemaatregel. Indien daarbij gewasresten van het eigen bedrijf gebruikt worden als co-vergistingmateriaal en het digestaat op het eigen bedrijf wordt aangewend, is het reductie effect naar verwachting nog groter.

Door de naar verwachting aanzienlijke positieve effecten op de reductie van broeikasgassen worden het gebruik van specifieke mestsoorten, co-vergiste mest en gebruik van eigen gewasresten in compostering en co-vergisting opgenomen als maatregelen in de klimaatmodule.

3.3.11 Beregeningsregime en waterpeilbeheer

Er zijn ook effecten van waterbeheer op de lachgasemissie te verwachten door het effect van het watergehalte in bodems op de microbiologische processen verantwoordelijk voor emissie van lachgas. Waterbeheer is via peilbeheer en beregening voor een deel te beïnvloeden. Bodemvochtgehalte wordt uiteraard ook (niet-beïnvloedbaar) gestuurd door neerslag. Mogelijke maatregelen die naar verwachting tot een verlaging van de emissie van lachgas leiden zijn:

- Verdieping van de grondwaterstanden voor zand- en kleigronden;
- Verhogen van grondwaterstanden in veengebieden;
- Vernatten tot plas-dras en uit productie nemen van veengronden;
- Niet beregenen in een periode na mestgift;
- Regelmatiger met kleinere giften beregenen;
- Niet beregenen.

Beïnvloeding van de grondwaterstanden is via peilbeheer mogelijk. Er zijn ontwikkelingen gaande rond peilgestuurde drainage etc. Het schema voor beregening is afhankelijk van de gewassen. De vorming van lachgas bij beregening is onvermijdelijk maar bij gematigde giftgroottes, komt de vochttoestand van de bodem beperkt en kortstondig in het kritische traject waarin lachgasemissie ontstaat door denitrificatie (Hoving, 2008) (zie ook hoofdstuk 2). Een maatregel die ook een

effect op beregening heeft, is het zoveel mogelijk vasthouden van water (relatie met peilbeheer).

In een onderzoek van Van der Bolt (2004) wordt aangegeven dat het kwantificeren van effecten van grondwaterstanden op de lachgasemissies door middel van metingen complex is. Dit komt omdat de effecten van de grondwaterstand veelal verstrengeld zijn met andere factoren als temperatuur, neerslag en bemesting en verder omdat de emissies in pieken optreden.

Mede door dit aspect en het feit dat zowel peilbeheer en beregening nog onvoldoende gestuurd kan worden of mogelijk is (bij beregeningsverboden, brak water etc), zijn watergerelateerde maatregelen vooralsnog niet direct bruikbaar als maatregel in het Milieukeurschema.

3.3.12 Bodemverbeteraars

Het toepassen van "bodemverbeteraars" als bijvoorbeeld mycorrhiza's zou via een positieve bijdrage aan de bodemvruchtbaarheid en efficiëntere benutting van mineralen waaronder stikstof een positief effect op de reductie van lachgasemissie kunnen bewerkstellingen. Er is echter nog onvoldoende bekend over deze relatie. Voor akkerbouwgewassen zal de toepassing van bijvoorbeeld mycorrhiza's (nog) te duur zijn. Ook is de onbekendheid vaak nog groot. Voor vollegrondsgroente en boomteelt ligt de toepassing wat dichterbij.

Door genoemde aspecten is de maatregel "bodemverbeteraars" vooralsnog niet bruikbaar in het pakket maatregelen binnen het Milieukeurschema.

3.3.13 Beheer van organische stof in de bodem

In de bijeenkomsten met Milieukeurtelers kwam het algemene belang van zorg voor de organische stof in de bodem prominent aan bod. Milieukeurtelers hebben dit duidelijk beaamd. Om deze reden is aandacht gegeven aan het opstellen van een organische stof balans en het actief behalen van een bepaald niveau van aanvoer van organische stof.

Opstellen organische stofbalans

Organische stofbeheer binnen de agrarische praktijk is een belangrijk aandachtspunt. Organische stof is belangrijk voor fysische, chemische en biologische bodemparameters en algemene bodemvruchtbaarheid en -gesteldheid. In dit project zijn feitelijk alle voorgestelde maatregelen ter vermindering van de emissie van (overige) broeikasgassen direct en indirect gerelateerd aan de bodem. Hiermee is organische stof direct gerelateerd aan de emissies van broeikasgassen. Verder is (netto) koolstofvastlegging in de bodem een maatregel om CO₂ uit de atmosfeer vast te leggen (C-sink). Organische stof in de bodem is over het algemeen moeilijk te sturen. Organische stof wordt gedurende het jaar opgebouwd en weer afgebroken. Voor inzicht in de grootte van zowel afbraak als opbouw/aanvoer kan een organische stofbalans worden opgesteld. In deze balans wordt aan de ene kant de aanvoer van organische stof opgenomen en in de andere kant de afbraak.

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste kenmerken van organische stof weergegeven.

Tabel 3.4 Soorten onderscheiden organische stof, bijbehorende afbraaksnelheden en effecten op bodemstructuur en plantenvoeding (bron LBI 2003).

	Afbraak per jaar (%)	Bodemstructuur	Plantenvoeding
Jong organisch materiaal	50-80%	+	+++
Voedingshumus (=dynamische humus)	2-50%	++	++
Stabiele humus	2-5%	+++	+

In tabel 3.4 is te zien dat de verschillende soorten onderscheiden organische stof verschillende afbraaksnelheden hebben. Verder hebben ze uiteenlopende effecten op de bodemstructuur en waarde als plantenvoeding. Zo heeft stabiele humus een grote positieve invloed op de bodemstructuur maar is nauwelijks een bron voor plantenvoeding. Bij jong organisch materiaal is dit precies andersom.

Aanvoer organische stof

Bij de opbouw van organische stof zijn ruwweg drie bronnen of aanvoerposten te onderscheiden:

- (Onderwerken van) wortel- en gewasresten van de geteelde gewassen (in het bouwplan);
- Organische stoflevering door teelt van groenbemesters/vanggewassen;
- Aanvoer via dierlijke mest of compostsoorten (organische meststoffen).

Afbraak organische stof

De afbraak van organische stof hangt af van:

- de grondsoort en pH;
- de vochthuishouding van de bodem (slechte ontwatering geeft minder afbraak);
- de mestgiftgeschiedenis (jonge organische stof breekt snel af).

Verschillende soorten organische stof en stofbronnen dragen elk op een eigen wijze bij aan de verschillende functies van organische stof in de bodem (zie ook tabel 3.4) Tegelijkertijd heeft het organische stof systeem een directe invloed op het vrijkomen van nutriënten als N en P en vervolgens de omzettingroutes van deze macro-elementen.

Het organische stof bodemsysteem kan in principe langs 3 wegen worden beïnvloed:

- Aanpassing van het landgebruik (bouwplan);
- Verlaging van de afbraaksnelheid (vermindering grondbewerking, gewasresten, waterpeil);
- Verhogen van de aanvoer (3 aanvoerbronnen).

Een minimaal vast percentage organische stof in de bodem waaronder geen teelt meer mogelijk is, of een optimaal percentage organische stof per teelt en grondsoort zou een manier kunnen zijn om een risico te kunnen aangeven maar de noodzakelijke kennis ontbreekt om tot een dergelijke norm te komen. In tabel 3.5. wordt op basis van gehalten aan bodem organische stof en afbraaksnelheden de benodigde aanvoer van Effectieve Organische Stof (EOS) weergegeven. EOS is

organische stof dat een jaar na toediening nog resteert. Hieruit blijkt dat het afhankelijk van de condities om grote hoeveelheden toevoer kan gaan.

Tabel 3.5 Benodigde aanvoer van effectieve organische stof (EOS) (kg/ha) om organische stofgehalten van 2,0%, 2,5%, 3,0% en 4,0% in de bodem te handhaven bij verschillende constante afbraaksnelheden. (bronnen: Van Geel en de Haan, 2007 en WUR/DLV 2005).

Organische stof bodem	Benodigde EOS-aanvoer			
	2,0% afbraak	2,5% afbraak	3,0 % afbraak	4,0% afbraak
2,0%	1700	2125	2550	3400
2,5%	2100	2625	3150	4200
3,0%	2460	3075	3690	4920
4,0%	3180	3975	4770	6360
5,0%	3845	4806	5768	7690
6,0%	4470	5588	6705	8940

De mineralisatiesnelheid van de verschillende organische fracties lopen uiteen van meer dan 15% tot <0,1 %, afhankelijk van de leeftijd en type organische stof. De genoemde afbraakpercentages in tabel 3.5 zijn gemiddelden. Proeven uitgevoerd op verschillende type bodems hebben aangetoond dat het afbraaksnelheid van organische stof een brede rang kan laten zien. Deze afbraaksnelheid is afhankelijk van de textuur, de voorgeschiedenis van het perceel, de vochtuithouding, het organische stofgehalte bij de starten en de toegediende organische meststoffen en andere bronnen van aanvoer van organische stof. (Mulier, 2006). In de praktijkgids bemesting van het NMI zijn de volgende indicatieve ranges van de afbraak van organische stof bij verschillende grondsoorten in % per jaar aangegeven.

Tabel 3.6 Indicatieve ranges van de afbraak van organische stof (os) bij verschillende grondsoorten in procenten per jaar.

Grondsoort	Afbraak OS (%)
Duinzand	3-10
Veengrond, pH<4,5	0,5-1
Veengrond, pH>4,5	1-3
Zand, dalgrond en löss , <2% organische stof en hoge mestgiften in het verleden	3-4
Zand, dalgrond en löss ,< 2% organische stof en lage mestgiften in het verleden	1,5-2,5
Zand, dalgrond en löss , >2% organische stof	0,5-1
Kleigronden (oud)	1,5-2,5
Kleigronden (nieuw)	2-4

Benodigde data en bepaling uitgangspunten voor opstellen balans

Er is al decennia lang onderzoek gedaan naar de opbouw en de afbraak van (effectieve) bodemorganische stof. Dit heeft geleid tot waardevolle inzichten maar onzekerheden in zowel de kwantificering van aanvoer als van afbraak zijn nog dermate groot dat het koppelen van harde getallen aan dit vraagstuk niet mogelijk is. Het is

echter wel belangrijk dat er voldoende aandacht is voor bodemorganische stof. Ten aanzien van bewustwording wordt voorgesteld het opstellen van een organische stofbalans in de broeikasgas module op te nemen.

In tabel 3.5 worden in de kolom met afbraakpercentage 2,5% voor verschillende organische stofgehalten in de bodem richtgetallen gegeven voor de aanvoer om een evenwichtssituatie te realiseren. Dit betekent handhaven van het organische stofgehalte. Het betreft hier gemiddelden. Bij hoge(re) organische stofgehalten zou een soort correctiefactor ingebouwd moeten worden om onderscheid tussen actieve en inerte of stabiele bodemorganische stof en afbraak van verse en reeds aanwezige organische stof te kunnen maken. De hoogte van de correctiefactoren is echter niet bekend. Deze is afhankelijk van de fracties aanwezige organische stof maar er is nog geen analyse commercieel beschikbaar om hier op te differentiëren. Er wordt wel gewerkt aan analysemethoden die een indicatie geven. Om een meer zorgvuldige correctiefactor mogelijk te maken, dient ook een langdurige historisch profiel van de aanvoer van organische stof (kwantiteit en kwaliteit van de 3 aanvoerposten) bekend te zijn. Ook is het mogelijk dat het organische stofgehalte hoog is en daalt, bijvoorbeeld op veengronden.

Op basis van overleg met specialisten van PPO en het feit dat 2009 een testjaar is, is bij een bodemorganische stofgehalte van 2% een aanvoer van 2125 kg EOS/ha.jaar en bij een bodemorganische stofgehalte van 2,5 en hoger een aanvoer van 2500 kg EOS /ha.jaar als norm in de klimaatmodule ingesteld. Hierboven zijn via aanvullende aanvoer op beide grenswaarden bonuspunten te behalen.

Met het bijhouden van een organische stofboekhouding wordt door de aanvoerposten per jaar op te tellen en elke drie jaar een organische stofmonster te bepalen een historische ontwikkeling rond organische stof opgebouwd. Een periode van 3 jaar is toereikend omdat organische stofgehalten in de bodem niet snel veranderen. Naast het opstellen van een organische stofbalans en organische stofboekhouding is het toekomstige verloop van het organische stofgehalte in bedrijfssituaties ook te berekenen met bijvoorbeeld het model NDICEA van het Louis Bolk Instituut.

Aanvoer

Op basis van de ingeschatte afbraak en de wens tot behoud dan wel verhoging van de effectieve organische stof (EOS) zal jaarlijks de aanvoer van effectieve organische stof binnen het bouwplan op perceelsniveau bepaald worden (zie ook tabel 3.5.). Deze aanvoer kan via de 3 aanvoerposten worden bewerkstelligd. De keuze daarin hangt ondermeer af van de mogelijkheden die (de gewassen in) het bouwplan biedt en daaraan gerelateerd de N en P plaatsingsruimte. Er zijn voor alle drie aanvoerposten tabellen beschikbaar m.b.v. waarmee men de aanvoer van de effectieve organische stof per jaar per ha kan bepalen. Er wordt verwezen naar tabellen van BLGG in bijlage 6.

EOS is dus organische stof dat een jaar na toediening nog resteert. Alleen deze fractie wordt toegevoegd aan de hoeveelheid organische stof in de grond. Daarna verschilt de afbraaksnelheid van de verschillende organische producten echter ook nog. Een ton EOS uit gewasresten is over het algemeen minder waard voor de opbouw dan een gelijke hoeveelheid EOS uit compost. Bij een verhoging van het organische stofgehalte in de bodem zal compost een grote rol spelen.

Ook verruiming in een bouwplan zal een positief effect kunnen geven via de organische stof voorziening (bijvoorbeeld opname van grasland). Uiteraard speelt een economische afweging hier ook een rol in (saldi en toepassing van gewassen).

Praktische vraagstukken

Ten aanzien van het opstellen van een organische stof balans is een goede kennis van de heterogeniteit of ruimtelijke variabiliteit van het organische stofgehalte van de percelen belangrijk. Bij relatief grote heterogeniteit zal een balans op perceelsniveau opgesteld worden, voor elk perceel een balans. Is er weinig heterogeniteit (in gehalten o.s, aanvoer en afvoer) en is er sprake van toepassing op bedrijven met een vaste vruchtwisseling per perceel, dan kan een bedrijfsbalans worden opgesteld. Dit laatste punt is veelal niet aan de orde en telers hebben over het algemeen geen problemen met balansen op perceelsniveau. Om deze reden wordt voorgesteld om de balans op perceelsniveau op te stellen. Ook het aspect van huurgronden is belangrijk. De duur van de huur hangt van een aantal factoren af bij zowel verhuurder als huurder. Bij huurteelt van de SMK teler ligt het voor de hand dezelfde uitgangspunten te hanteren als bij grond in eigendom.

Het opstellen van een organische stofbalans en het op peil houden van organische stof kan bijdragen aan reductie van broeikasgasemissies. Het opnemen van een maatregel in het Milieukeurschema zorgt voor verankering van het bewustzijn rond een goed organische stofbeheer. Bovendien wordt op deze manier een bijdrage geleverd aan het op peil houden van een gezond organische stof systeem of indien nodig en mogelijk, het verhogen van het organische stofgehalte.

Voorbeeld van een organische stofbalans

Aanvoerpost	Ha	Effectieve organische stof levering (kg/ha.jaar)	Opmerking	Totaal kg EOS kg/jaar	Effectieve organische stof levering (kg/ha.jaar)	Totaal kg EOS/ jaar		Effectieve organische stof-levering (kg/ton)	Ton mest per ha per jaar	Effectieve organische stoflevering (kg/ha.jaar)	Totaal kg EOS kg/jaar	Totaal kg EOS 3 aanvoer posten kg per jaar	Kg EOS per ha per jaar (per gewas)
Gewas	invullen	invullen uit tabel		berekening	invullen uit tabel	berekening	Mestaan-voer, type mest	invullen uit tabel	invullen	berekening	berekening	berekening	berekening
Gewasresten					groenbemester		invullen						
Zomergerst	15,7	1940	inclusief stro	30.497	850	13.362	vdm	20	27,0	540	8.489	52.348	3.330
Suikerbieten	33,9	375	excl.kop	12.713			vdm	20	25,0	500	16.950	29.663	875
Aardappel	18,9	875		16.551			vdm	20	25,0	500	9.458	26.008	1.375
				-		-						-	
Wintergerst	4,1	2350	inclusief stro	9.635	850	3.485	vdm	20	27,0	540	2.214	15.334	3.740
Wintertarwe	40,6	2630	inclusief stro	105.884	850	34.221	vdm	20	27,0	540	21.740	161.845	4.020
				-								-	
												-	
Subtotaal post	112,9			175.279		51.068					58.851	285.197	
Totaal kg EOS per jaar gehele bedrijf	285.197												
Gem. aanvoer EOS per ha (kg) op totale areaal	2526												
% bodem organische stof	2,5												

3.3.14 Veen in aanvulgrond: boomteelt

Aanvulgrond wordt in de boomteelt gebruikt om bodemdaling (inklinking van veengrond in Boskoop en omstreken) en afvoer met kluiten te compenseren. Voor aanvullen/ophogen van een geroid perceel kunnen meerdere materialen gebruikt worden, afhankelijk van het doel en de kosten per eenheid product. Aanvulgronden kunnen zowel allerlei organische stoffen (compost, veen, dierlijke mest, boomschors) als minerale delen (klei en zand) bevatten. De minerale delen zijn vrijgesteld binnen de mestwetgeving.

Bemeste aanvulgronden vallen onder het stelsel van gebruiksnormen. Een onbemeste aanvulgrond kan zonder beperkingen vanuit de mestwetgeving aangebracht worden. Voor veen is de werkingscoëfficiënt van N op 0 gesteld.

Het gebruik van veen in aanvulgrond kent echter aanzienlijke broeikasgasemissies. Uit (intern)onderzoek (BMA, 2008) blijkt dat het gebruik van 1 ton veen in deze aanvulgrond een broeikasemissie profiel van 1200 kg CO₂-eq. heeft. Dit betreft zowel CO₂ als N₂O in de gehele keten.

Het niet gebruiken van veen als opvulgrond kan bijdragen aan reductie van broeikasgasemissies in de boomteelt.

4 Broeikasgasemissies van Milieukeurbedrijven en effectiviteit van maatregelen_____

4.1 Rekenmethodiek voor broeikasgasemissies van Milieukeurbedrijven

Om een beeld te krijgen van de emissies die in de praktijk optreden bij plantaardige productie op Milieukeurbedrijven en gangbare bedrijven zijn in dit onderzoek berekeningen uitgevoerd. Bouw- en bemestingsplannen (2007) van zes Milieukeur akkerbouwbedrijven (drie op klei en drie op zand), een Milieukeur vollegrondsgroentebedrijf en een Milieukeur boomteeltbedrijf zijn verzameld om de lachgasemissies uit de bodems van deze bedrijven te berekenen.

Voor de berekening is uitgegaan van een gemiddelde hectare waarbij elk gewas een bepaald aandeel vormt van het totale bouwplan, binnen een jaar bekeken. Voor de boomteelt is de standaard IPCC methode gebruikt om de broeikasgasemissies te berekenen. Voor de schatting van de aanvoer is alle stikstofaanvoer via kunstmest en dierlijke mest, via depositie uit de lucht en via gewasresten berekend. Voor de afvoer van stikstof is de afvoer via het oogsten van gewassen (hoofdproduct en bijproduct) berekend. De volledige berekeningsmethode staat beschreven in bijlage 2.

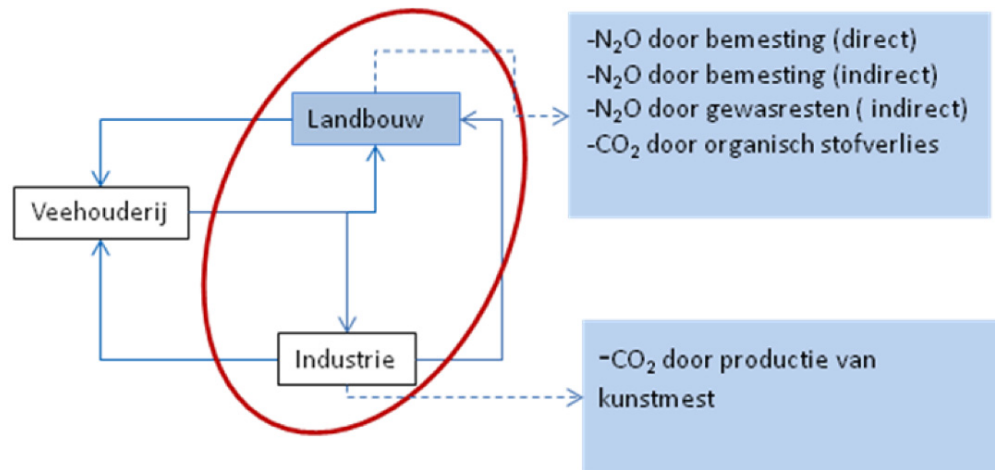
De nationale emissies die in paragraaf 2.6 zijn weergegeven, zijn berekend op sectorniveau. In die berekening worden emissies door *gebruik* van energie, brandstoffen, kunstmest en dierlijke mest meegenomen. Emissies door de *productie* van elektriciteit, brandstoffen, kunstmest en dierlijke mest echter niet. Dit is een bewuste keuze om binnen de schakel van de landbouw te berekenen hoeveel broeikasgasemissies optreden. In dit onderzoek worden de emissies die eerder in de keten vrijkomen wel meegenomen. De focus ligt hierbij op de industriële schakel die voorafgaat aan de landbouwfase. Omdat in dit onderzoek de nadruk ligt op de emissie van lachgas die ontstaat in landbouwbodems onder invloed van bemesting, bevat de industriële fase die voorafgaat aan de landbouwfase voornamelijk de productie van kunstmest.

De volgende emissies zijn onderdeel van de rekenmethodiek (figuur 4.1):

- emissies die optreden bij de productie van kunstmest, compost en dierlijke mest;
- emissies die plaatsvinden op het bedrijf zelf door de aanwending van dierlijke mest, compost en kunstmest (met de focus op N₂O die vrijkomt vanuit landbouwbodems);
- emissie of vastlegging door organische stof uit de bodem.

Deze emissies worden in onderstaande paragrafen toegelicht. NIET meegenomen in dit onderzoek zijn:

- emissies door energieverbruik op het bedrijf;
- emissies door gebruik van fossiele brandstoffen op het bedrijf;
- emissies door verbruik van kapitaalgoederen op het bedrijf.



Figuur 4.1 Systeemaafbakening in dit onderzoek.

De emissies die plaats vinden bij productie en aanwending van meststoffen worden hieronder kort toegelicht:

Kunstmestgebruik

Bij de productie van kunstmest wordt veel energie gebruikt en bij enkele soorten komt bij de productie ook N_2O vrij. Bij gebruik van stikstofkunstmest op basis van ammonium is de broeikasgasemissie veel lager dan bij kunstmestsoorten op basis van nitraat. Dit komt omdat tijdens één van deze chemische processen voor nitraat lachgas wordt gevormd, terwijl de benodigde energie ongeveer gelijk is.

Gebruik van dierlijke mest

Zowel bij de productie als bij de aanwending van dierlijk mest komen broeikasgassen vrij. In dit onderzoek worden de emissies bij aanwending van dierlijke mest geheel in beeld gebracht en toegerekend aan de open teelten, en niet -zoals gebruikelijk- verdeeld over open teelten en veehouderij. In dit onderzoek gaat het niet om het verdelen van emissies maar staan inzicht in de emissies van open teelten centraal². De emissies die ontstaan door de aanwending van dierlijke mest staan in bijlage 2.

Toepassing van compost

In open teelten wordt compost toegepast, vooral om organische stof aan te vullen. Compost is afkomstig uit een andere productieketen waarbij de productie broeikasgassen vrijkomen. Net als bij dierlijke mest wordt de emissie door productie van compost in dit onderzoek toegerekend aan de open teelten. IPCC hanteert, volgens IPCC Guidelines 2006 een emissiefactor van 1% voor aangewende N ongeacht welke vorm.

Naast de emissie van broeikasgassen kan compost een positieve werking hebben wat betreft klimaatemissies. De aanwezigheid van stabiele organische stof van compost in de bodem zorgt er voor dat de opslagcapaciteit van de bodem voor (extra) koolstof

² Bij de LevensCyclusAnalyse-methodiek (LCA) is het gangbaar om op basis van de waarde van een product de milieulast toe te delen. Voor dierlijke mest ligt het dan voor de hand de emissies naar rato van het deel werkzame stikstof in de mest toe te rekenen aan de akkerbouwer en naar rato van het resterende deel (niet werkzame stikstof) aan de veehouder.

toeneemt (Moolenaar, 2003). De EU gaat ervan uit dat 8% van de aanwezige koolstof in compost wordt vastgelegd voor een periode van 100 jaar (Smith, 2001).

Vastlegging en verlies van organische stof

Organische stofvastlegging in het gewas wordt in de berekeningen betrokken wanneer een gedeelte op de akker in vastgelegde vorm achterblijft of wanneer de oogst in leven blijft zoals in de boomteelt. Op akkerbouwbedrijven is sprake van netto verlies van organische stof en koolstof uit de bodem (Bos, 2007). De gewassen leggen wel CO₂ vast tijdens de groei, maar deze opbouw wordt teniet gedaan wanneer de gewassen meestal in hetzelfde groeiseizoen geoogst worden. Alleen het gedeelte dat in de gewasresten achterblijft op de akker blijft -tijdelijk- in de vastgelegde vorm. De organische stof in de bodem wordt daarna afgebroken door micro-organismen (mineralisatie). De afbraak van organische stof in de bodem is voor gangbare en biologische akkerbouw bedrijven in Nederland groter dan de aanvoer van organische stof uit gewasresten en mest (en compost). Gemiddeld is er hierdoor sprake van een netto emissie van CO₂ uit gangbare akkerbouw bodems van 1650 kg CO₂ equivalenten per ha per jaar (450 kg C/ha/jr. x 44/12)(Bos, 2007); (44/12 is conversiefactor van C naar CO₂).

Directe en indirecte lachgasemissies

Bij de emissie van lachgas is sprake van directe en indirecte emissies. In dit onderzoek worden de emissiefactoren van de Nederlandse National Inventory Reports (NIR) gebruikt. Alleen voor de fractie die uitspoelt wordt een specifiekere methode gebruikt omdat het stikstofoverschot in de bodem verschilt per bodemtype en grondwaterstand (tabel 4.1). Het stikstofoverschot wordt bepaald door de stikstofaanvoer van kunstmest, dierlijke mest en gewasresten bij elkaar op te tellen. De afvoer van stikstof in het hoofdproduct en de bijproducten wordt hiervan afgetrokken, net zoals de hoeveelheid stikstof die vervluchtigt bij de aanwending (tabel 4.2).

Tabel 4.1 Fractie van stikstofoverschot die uitspoelt voor bouwland op kleigrond en zandgrond voor verschillende grondwaterstanden (Fraters, 2007).

	Klei	Zand								
		Grondwatertrap (zeer nat-zeer droog)								
		I/II/II*	III	III*	IV	V	V*	VI	VII	VIII
Fractie die uitspoelt	0,36	0,04	0,07	0,28	0,38	0,45	0,43	0,58	0,74	0,89

Grondwaterstandtrappen geven inzicht in de grondwaterfluctuaties in de bodem. Een grondwatertrap is een klasse uit een indelingssysteem dat wordt gekarakteriseerd door een veeljarig gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) in het winterhalfjaar en een veeljarig gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) in het zomerhalfjaar. Het stikstofoverschot op de bodembalans is de potentiële hoeveelheid N die kan uitspoelen. Deze wordt berekend als het verschil tussen de hoeveelheid aangevoerde en afgevoerde stikstof. De uitspoelingsfractie geeft aan welk deel van de stikstof die na afloop van het groeiseizoen in de bodem aanwezig is, uitspoelt naar het bovenste grondwater. De zandgronden met een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van 0,70 m beneden maaiveld (droog tot zeer droog) zijn uitspoelingsgevoeliger dan de slecht drainerende/natte zandgronden. In deze natte zandgronden is de denitrificatie in de bodem groter dan in de droge zandgronden. Dit komt doordat naarmate de grondwaterstand meer in contact komt met de wortelzone er minder zuurstof en meer nitraat voor denitrificatie beschikbaar is. Denitrificatie treedt zoals eerder aangegeven op onder zuurstofloze omstandigheden. Meer denitrificatie leidt dus tot minder uitspoeling (Fraters,

2007). De uitspoelingsfractie is hierdoor groter voor de droge zandgronden dan voor de natte zandgronden.

Tabel 4.2 Emissie factoren (EF) waarmee de lachgasemissie uit Nederlandse landbouwbodems wordt berekend.

	Fractie die ver- vluchtigt als NH ₄	Fractie die uit- spoelt als NO ₃ ⁻	EF direct (kg N ₂ O-N/kg N)			EF indirect (kg N ₂ O-N/kg N)	
			Mine- rale bo- dem	Organi- sche bodem	NH ₄ deposi- tie	NO _x deposi- tie (0,15 of vervluchtig- ing x 0,01)	NO ₃ - uitspoeling
Dierlijke mest (ondergrondse aanwending)	0,1035	Afh. van grond- water- trap	0,01	0,02	0,01	0,0015	0,025
Dierlijke mest (bovengrondse aanwending)	0,1035	x	0,02	0,02	0,01	0,0015	0,025
Ammonium sulfaat	0,08	x	0,005	0,01	0,01	0,0015	0,025
KAS	0,02	x	0,01	0,02	0,01	0,0015	0,025
Urea	0,15	x	0,01	0,02	0,01	0,0015	0,025
Andere kunst- mestsoorten	0,034	x	0,01	0,02	0,01	0,0015	0,025
N binding	0	x	0,01	0,02	0,01	0,0015	0,025
Gewasresten	0	x	0,01	0,02	0,01	0,0015	0,025
Organische bodem				4,7 [kg N ₂ O- N/ha]			

4.2 Resultaten broeikasgasemissies en maatregelen

4.2.1 Kenmerken van de acht bedrijven

De complete bedrijfsomvang, geteelde gewassen en stikstofaanvoer van de acht bedrijven staan beschreven in bijlage 3.

De zes akkerbouwbedrijven variëren in omvang van 13,3 tot 233 hectare. Het aantal gewassen in de bouwplannen varieert tussen vier en zeven. Aardappelen, suikerbieten en wintertarwe worden op -bijna- elk van de zes geteeld. Verder telen een of enkele bedrijven uien, wortelen, zomergerst, wintergerst, bonen en mais. Het boomteeltbedrijf (17 ha) teelt verschillende laanbomen en heeft ook tagetes in het bouwplan. Het vollegrondsgroentebedrijf (1379 ha) teelt naast consumptieaardappelen een aantal verschillende groenten zoals andijvie, ijsbergsla en spinazie.

De stikstofaanvoer per hectare per jaar varieert op de akkerbouwbedrijven tussen 126 en 271 kg N/ha. Het boomteeltbedrijf voert per jaar 213 kg N/ha aan. Het vollegrondsgroentebedrijf heeft een stikstofaanvoer van 240 kg N/ha per jaar.

4.2.2 Kwantificeren van de effecten van maatregelen

Op basis van de bedrijfsgegevens zijn vier kwantitatieve analyses uitgevoerd.

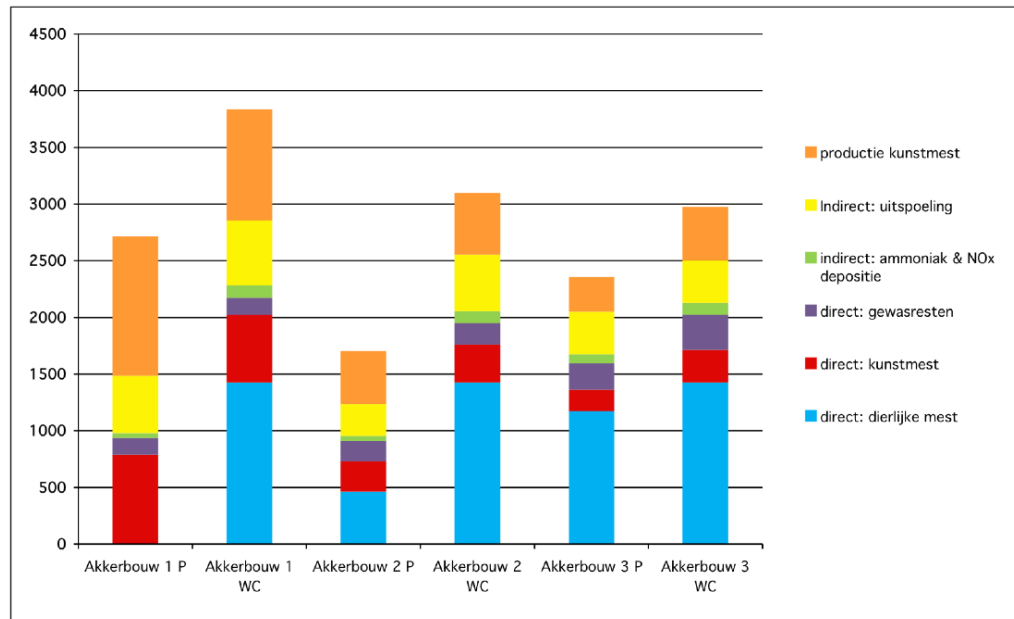
1. Praktijk versus referentie broeikasprofiel op basis van bouwplannen.
2. Effecten van de reductie van bemestingsniveau op directe en indirecte lachgasemissie van twee akkerbouwbedrijven.
3. Effecten van andere kunstmest op directe en indirecte lachgasemissie van twee akkerbouwbedrijven.
4. Effecten van een combinatie van reductie van het bemestingsniveau en toedienen van andere kunstmestsoorten op de directe en indirecte lachgasemissie van twee akkerbouwbedrijven.

4.2.3 Praktijk versus referentie (bouw-/bemestingsplannen)

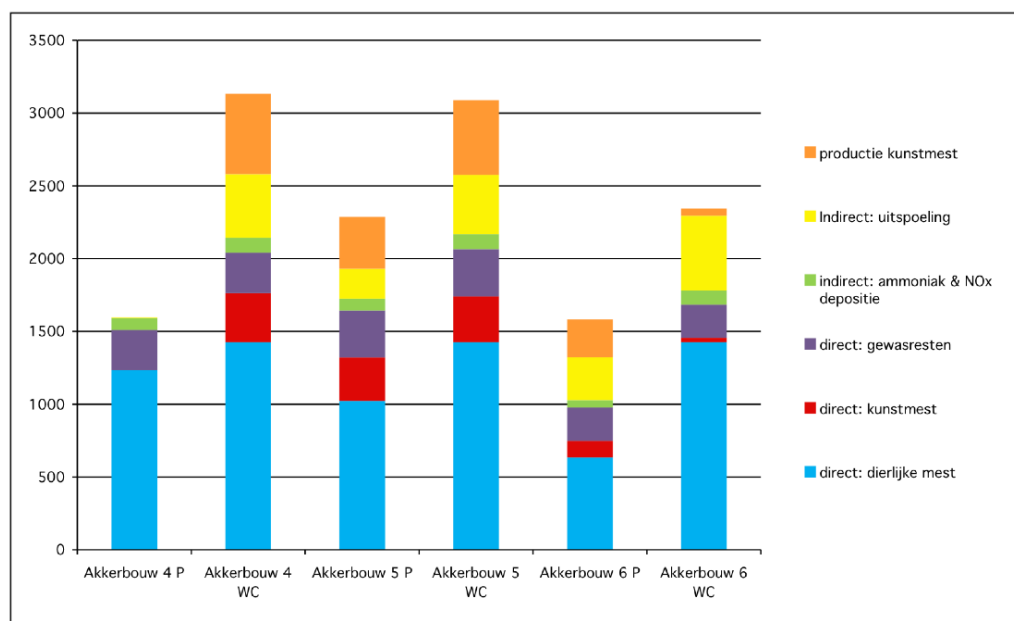
Om een beeld te krijgen van de broeikasgasemissies van de Milieukeurtelers ten opzichte van gangbare referentiebedrijven met een maximale bemesting zijn de zes praktijksituaties (P) van de akkerbouwers vergeleken met 'worst case' scenario's (WC). Deze scenario's gaan uit van bedrijven met hetzelfde bouwplan maar dan met een maximaal gebruik van mest: volledige benutting van de ruimte voor dierlijke mest (170 kg N/ha, waarvan 60% werkzaam) en volledige opvulling van de stikstofgebruiksnorm per gewas (2007) met KAS (referentiebedrijven)

De broeikasgasemissies van de akkerbouwers (allen Milieukeurtelers) variëren globaal tussen 1500 (bedrijf 2, 4 en 6) en 2600 (bedrijf 1) kg CO₂-eq. per ha per jaar (figuur 4.2. en 4.3.). Deze emissies zijn aanmerkelijk lager dan de 'worstcase scenario's die variëren tussen 2500 en 3800 kg CO₂-eq. per ha per jaar. Belangrijkste oorzaken voor deze verschillen zijn:

- De Milieukeurtelers bemesten onder de maximaal toegestane hoeveelheid van dierlijke mest. Er zijn zelfs telers die helemaal geen dierlijke mest gebruiken.
- Er worden andere kunstmestsoorten gebruikt dan KAS. Tijdens de productie van nitraat kunstmestsoorten zoals KAS wordt relatief veel energie gebruikt en ontstaan veel broeikasgassen. Ammonium kunstmest vervluchtigt sterker bij aanwenden, waardoor de directe lachgasemissie van deze kunstmest lager is. Ook bedraagt de emissiefactor voor lachgas bij ammoniumkunstmest slechts 0,5% bedraagt (i.t.t. 1% bij overige kunstmestsoorten).



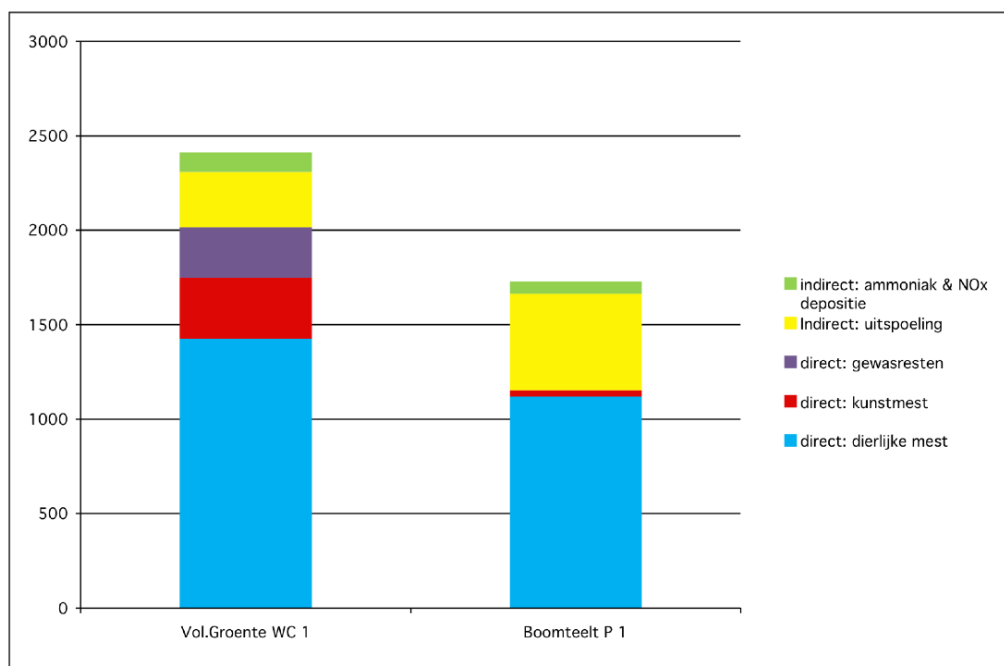
Figuur 4.2 Broeikasgasemissies (in kg CO₂-eq. per ha per jaar) per gemiddelde hectare van het bouwplan op de drie akkerbouwbedrijven op klei voor de praktijk bemesting (P) en de referentie bemesting (WC=worst case).



Figuur 4.3 Broeikasgasemissies (in kg CO₂-eq. per ha per jaar per gemiddelde hectare van het bouwplan voor de akkerbouwbedrijven op zand voor de praktijkbemesting (P) en de referentie bemesting (WC=worst case).

De resultaten maken duidelijk dat de Milieukeur-akkerbouwers scherp bemesten. Het grootste verschil tussen de praktijksituaties en de referentie-situaties is de directe

emissie die optreedt bij bemesting³. Dit komt omdat in de praktijksituaties minder dierlijke mest wordt toegediend dan wettelijk toegestaan is op een gemiddelde hectare van het bouwplan. Bij het toedienen van dierlijke mest gaat 2% van de stikstof direct de lucht in als N₂O. Voor het vollegrondsgroentebedrijf⁴ en het boomteeltbedrijf liggen de broeikasgasemissies in dezelfde orde van grootte als de akkerbouwbedrijven (2400 kg CO₂-eq. per ha per jaar en 1700 kg CO₂-eq. per ha per jaar). Ook bij deze bedrijven levert de toediening van dierlijke mest de belangrijkste bijdrage aan de emissie van broeikasgas (figuur 4.4.).



Figuur 4.4 Geschatte broeikasgasemissies(in kg CO₂-eq. per ha per jaar) voor het vollegrondsgroenteteelt bedrijf (WC) en het boomteelt bedrijf (P). Bij boomteelt ontbreekt de emissie door aanwending van compost die bij 1% lachgasemissie 283 kg CO₂ eq. extra emissie geeft.

4.2.4 Effecten van de reductie van bemestingsniveaus op broeikasgasemissies

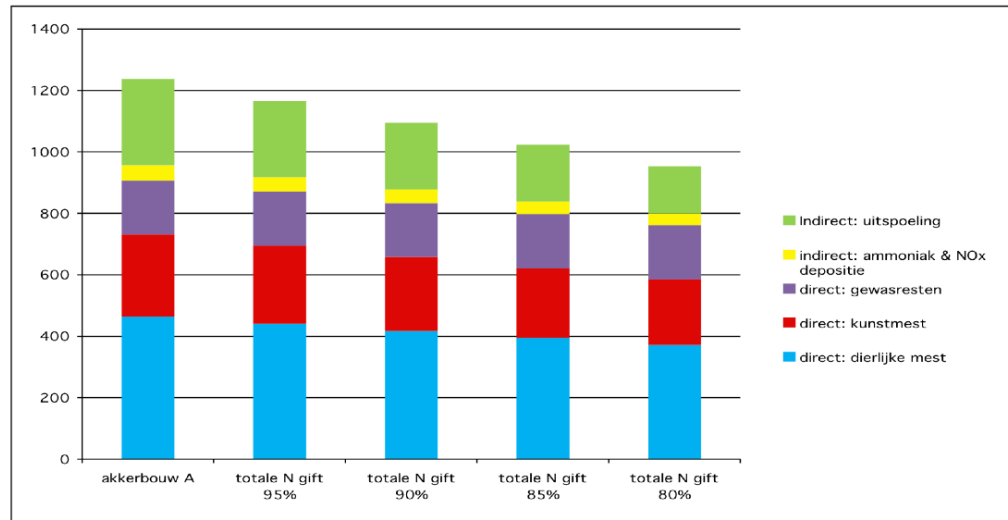
Het effect van een lagere bemesting op de directe en indirecte broeikasgasemissies van twee akkerbouwbedrijven (op klei en op zand) zijn berekend. De stappen van de bemestingsafname zijn steeds 5%.

Verlaging van de bemesting heeft tot gevolg dat de directe emissies gelijkmatig afnemen (Figuur 4.5. en 4.6.)(bij een mestgift die 80% van de huidige gift is, nemen de broeikasgasemissies ook met ca. 80% af). De indirecte emissies door uitspoeling nemen echter harder af dan de afname in mestgift. Dit komt omdat de stikstofopname van de gewassen gelijk blijft en daarmee het overschot van stikstof die

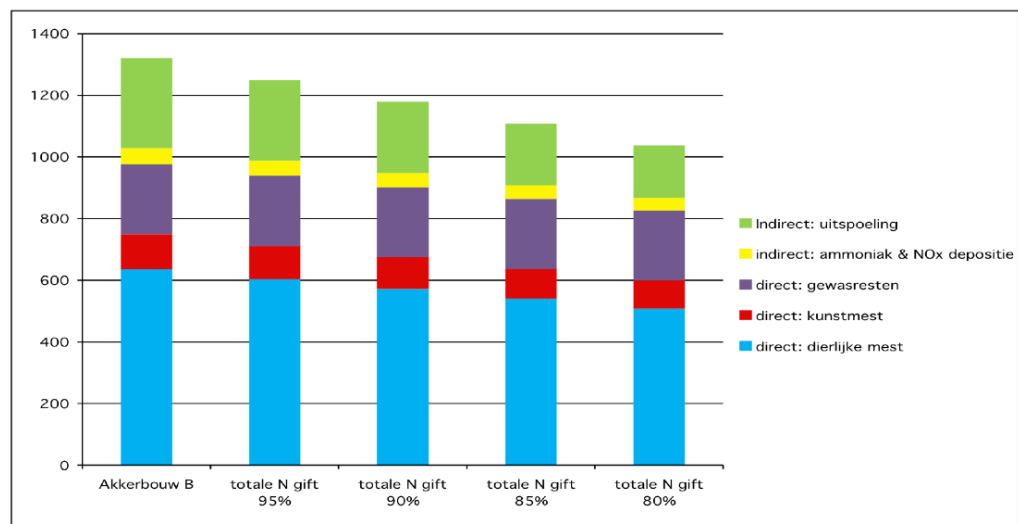
³ De werkelijke emissies kunnen afwijken omdat in de berekening geen rekening is gehouden met factoren zoals het tijdstip van toedienen van de mest en het organische stofgehalte van de bodem. Voor de vergelijking tussen de praktijk en 'worst case' heeft dit geen invloed.

⁴ Voor het vollegrondsgroentebedrijf waren geen bemestingsgegevens beschikbaar en is gerekend met de worst case.

uitspoelt afneemt. Wanneer de mestgift van de akkerbouwbedrijven 80% van de huidige bemesting is, dan is het stikstofoverschot in de bodem tussen de 55% en 58% ten opzichte van het huidige overschot. Het minder bemesten kan bijvoorbeeld gehaald worden door op de juiste momenten in het jaar te bemesten, dus op de momenten dat het gewas de bemesting nodig heeft. Ook kan dit gehaald worden door gespreid te bemesten, zodat de gewassen meerdere keren per jaar de kans krijgen om voedingsstoffen op te nemen. Wanneer in slechts enkele keren bemest wordt, dan kan dit voor een overschot zorgen en uitspoeling tot gevolg hebben.



Figuur 4.5 Effect van vier gereduceerde bemestingsniveaus (reductie van zowel dierlijke mest als kunstmest) op de lachgasemissie vanuit de bodem (in kg CO₂-eq. per ha per jaar voor akkerbouw op klei (bouwplan omvat m.n. aardappelen, granen en suikerbieten)).

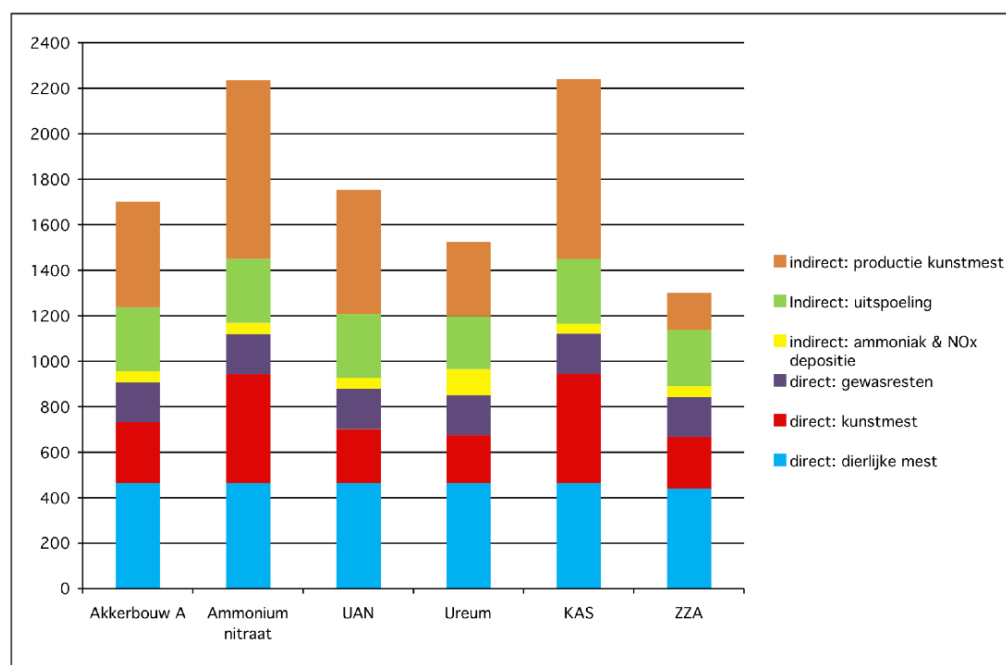


Figuur 4.6 Effect van vier gereduceerde bemestingsniveaus op de lachgasemissie vanuit de bodem (in kg CO₂-eq. per ha per jaar voor akkerbouw op zandgrond (bouwplan omvat m.n. aardappelen, granen en suikerbieten)).

4.2.5 Effect van andere kunstmest op broeikasgasemissies

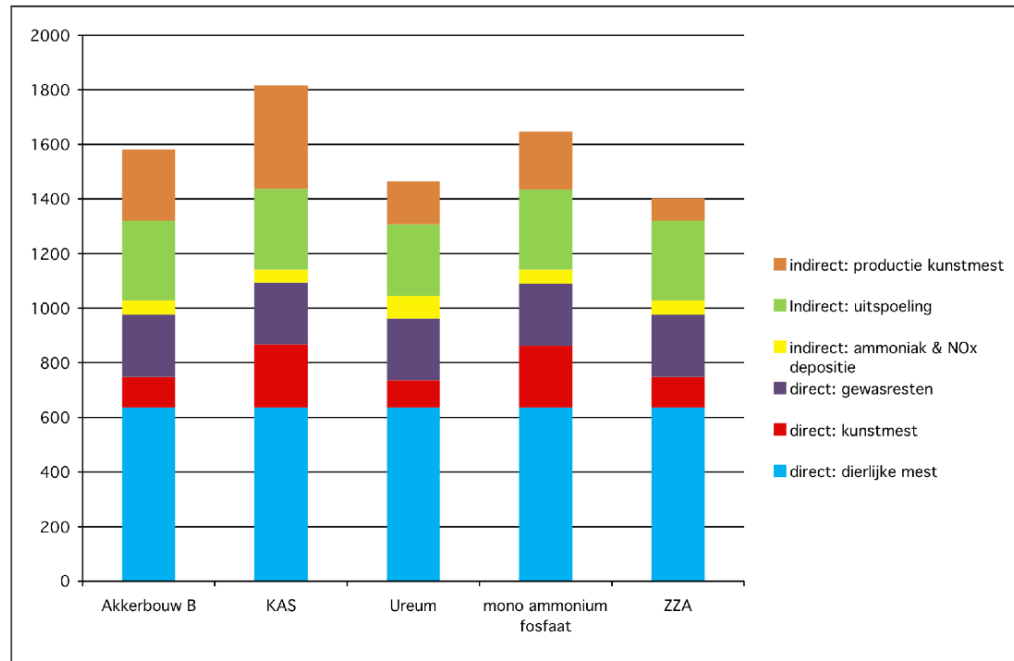
Het effect van de keuze voor andere kunstmestsoorten voor de directe en indirecte broeikasgasemissies van de twee akkerbouwbedrijven (op klei en op zand) is ook berekend. Het broeikaseffect voor de productie van kunstmestsoorten verschilt, evenals het aandeel dat vervluchtigt bij aanwending (zie tabel B2.2 en B2.3 in bijlage 2).

Wanneer in plaats van nitraat kunstmestsoorten meer ammonium kunstmestsoorten worden gebruikt (zoals Urean en Zwavelzure ammonium), blijkt hier aanzienlijke winst te halen op het gebied van broeikasgasemissies (figuur 4.7 en 4.8), met name op het akkerbouwbedrijf op klei. De hoeveelheid toegevoerde stikstof door middel van de kunstmest is gelijk gehouden. Opvallend is de reductie van indirecte emissie die samenhangt met de emissies bij de productie van de kunstmestsoorten⁵.



Figuur 4.7 Effect van gebruik van een aantal kunstmestsoorten op de totale broeikasgasemissie (in kg CO₂-eq. per ha per jaar) van een akkerbouwbedrijf op klei (bouwplan omvat m.n. aardappelen, granen en suikerbieten).

⁵ In deze studie is uitgegaan van de meest recente cijfers die bekend zijn over de broeikasgasemissies bij productie van kunstmest in Europa. Deze cijfers zijn van eind jaren negentig van de vorige eeuw. Zeer recent is in een Nederlandse kunstmestfabriek een emissiereducerende techniek toegepast waardoor de broeikasgasemissies bij productie van KAS sterk worden gereduceerd. Deze ontwikkeling is nog niet opgenomen in de berekeningen in deze studie maar kan een forse reductie van broeikasgasemissies in de keten betekenen. Overigens is niet duidelijk in welke mate deze emissiebeperkende maatregel breder wordt toegepast in de kunstmestproductie in Europa.

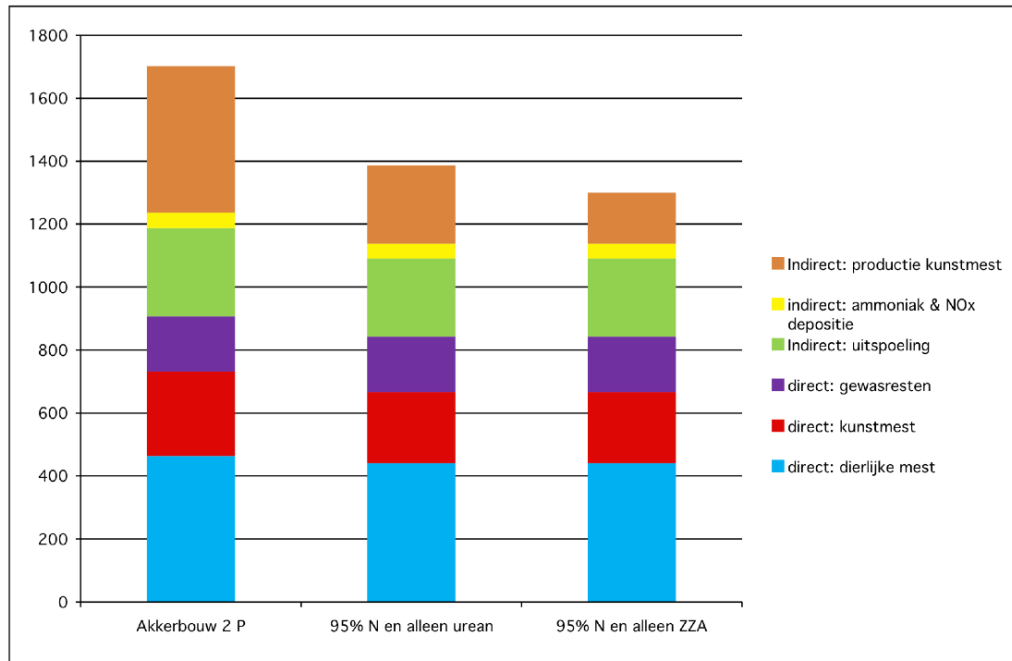


Figuur 4.8 Effect van gebruik van een aantal kunstmestsoorten op de totale broeikasgasemissie (in kg CO₂-eq. per ha per jaar) van een akkerbouwbedrijf op zand (bouwplan omvat m.n. aardappelen, granen en suikerbieten).

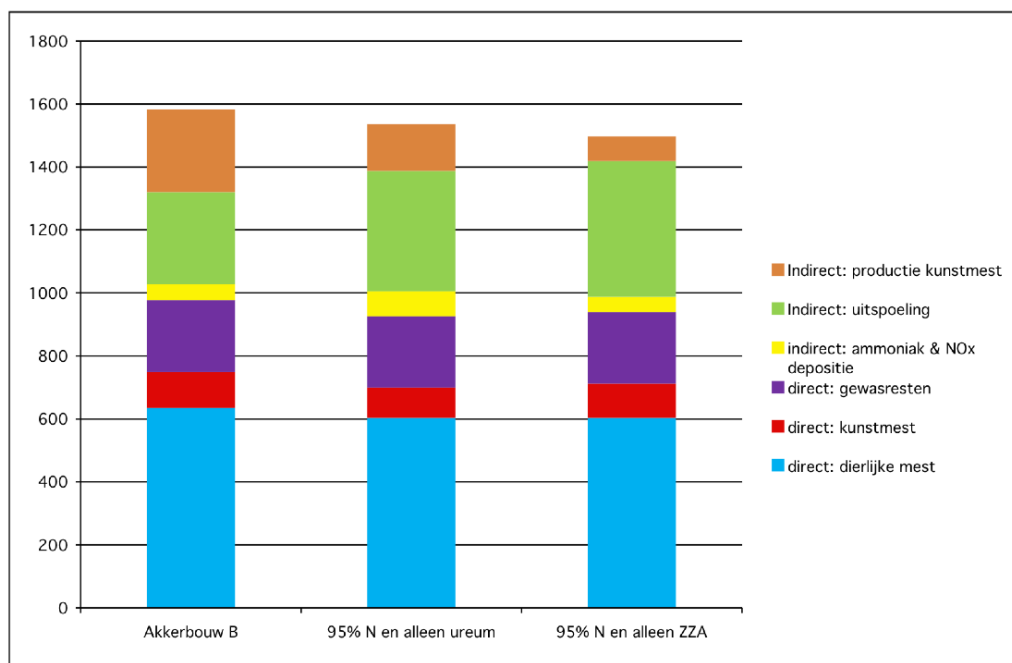
Hier komt echter wel meteen een mogelijk discussiepunt. Broeikasgasemissie is slechts één van de milieueffecten. Kunstmestsoorten kunnen elk ook andere effecten hebben op bijvoorbeeld de zuurgraad van de bodem. Zo is het bijvoorbeeld bekend dat ammonium kunstmestsoorten verzuring van de bodem veroorzaken en dus veelal nadien weer pH aanpassing vergen. Anderzijds is het gebruik van mestsoorten zeer gewasspecifiek. Het is niet mogelijk om in het Milieukeurschema op te nemen dat Milieukeurtelers alleen nog maar bepaalde kunstmestsoorten mogen gebruiken. Er kan echter wel in het schema opgenomen worden dat de telers hun intentie moeten kunnen aantonen om de broeikasgasemissies zoveel mogelijk te beperken, binnen het kader van gewassen die worden geteeld.

4.2.6 Combinatie van reductie bemesting en andere kunstmest

De combinatie van minder bemesten en andere kunstmestsoorten is ook onderzocht voor de twee eerder genoemde akkerbouwbedrijven. De emissie van broeikasgassen kan sterk gereduceerd worden met een combinatie van minder bemesten en keuze van andere kunstmest (figuur 4.8 en 4.9). In hoeverre reductie gehaald kan worden hangt wel af van de praktijksituatie. In het geval van het eerste bedrijf (A) is een reductie te halen van 8% van de emissies die uit de bodem optreden door 5% minder te bemesten met andere kunstmestsoorten (volledig overgaan op ammonium kunstmestsoorten). Daarnaast kan de emissie door de productie van kunstmest met 25% dalen door keuze voor ammonium kunstmestsoorten. In praktijksituatie B is minder winst te behalen, omdat al alleen ammonium kunstmestsoorten werden gebruikt (figuur 4.10). Met name de bodememissies veranderen bij dit bedrijf niet veel door de genomen maatregelen. De emissies die optreden door productie van kunstmest kunnen echter wel gereduceerd worden door te kiezen voor ZZA als kunstmest.



Figuur 4.9 Effect van de combinatie van een verlaagde N gift en gebruik van specifieke kunstmestsoorten op de totale broeikasgasemissie van een akkerbouwbedrijf op klei (bouwplan omvat m.n. aardappelen, granen en suikerbieten).



Figuur 4.10 Effect van de combinatie van een verlaagde N gift en gebruik van specifieke kunstmestsoorten op de totale broeikasgasemissie (in kg CO₂-eq. per ha per jaar) van een akkerbouwbedrijf.

5 Klimaatregelen voor Milieukeur _____

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt op basis van hoofdstukken 3 en 4 een aantal broeikasgasreducerende maatregelen voorgesteld die in de vorm van een klimaatmodule zijn op te nemen in het Milieukeurschema Plantaardige Producten. Het zijn maatregelen ten aanzien van bemesting, stikstofhuishouding en organische stofbeheer die praktisch uitvoerbaar zijn en effectief zijn voor de reductie van broeikasgassen. Maatregelen ten aanzien van fossiel energiegebruik zijn niet in het schema opgenomen. Deels zijn deze maatregelen al onderdeel van het schema en deels zijn ze minder effectief dan bemestingsmaatregelen.

Bij de voorstellen voor de maatregelen voor de klimaatmodule zijn deze individueel en in combinatie beoordeeld op een aantal criteria, zoals reductie potentieel, kosten-baten verhouding, afwentelingsrisico, toepasbaarheid in agrarische bedrijfsvoering en mogelijke synergie met andere milieuaspecten of agronomische aspecten. Maatregelen die een positieve bijdrage leveren aan de reductie van broeikasgassen op bedrijfsniveau mogen zo min mogelijk andere negatieve milieueffecten elders in de keten of op het eigen bedrijf veroorzaken. Het totale milieuprofiel dient positief te zijn waarbij wel opgemerkt wordt dat dit soms lastig is vanwege de toekenning van de "zwaarte of belang" van een milieu-involed. Bovendien is bij de voorstellen zoveel mogelijk bij bestaande maatregelen aangesloten, zodat de controle niet tot extra kosten hoeft te leiden. In het schema is opgenomen dat alle informatie voor het controleren van de klimaatmodule tijdens een controle beschikbaar moet zijn.

5.2 Voorstel voor maatregelen in de klimaatmodule

De volgende maatregelen worden voorgesteld:

1. doorlopen van een schema geleide bemesting;
2. opstellen van een organische stofbalans;
3. stikstofvanggewas na de laatste teelt;
4. verminderen van bemesting met kunstmest en dierlijke mest;
5. andere soorten organische mest en kunstmest toedienen;
6. niet-kerende grondbewerking;
7. rijpadensysteem;
8. gebruik van aanvulgrond zonder veen (boomteelt).

De voorstellen worden hieronder toegelicht:

Maatregel 1: Geleide bemesting.

Maatregel 1 is het doorlopen van een geleide bemestingsschema. Onder geleide bemesting (GB) wordt verstaan: kennis en technieken die gebaseerd zijn op het doelgericht geleid (in tijd en/of ruimte) toedienen van meststoffen zodanig dat het stikstofaanbod zo goed mogelijk in overeenstemming is met de opname en de behoefte van het gewas (Lokhorst, 2003). Bemesting speelt een belangrijke rol in het streven

naar reductie van de uitstoot van lachgas. Binnen de klimaatmodule wordt daarom het bemestingsplan uitgebreid met deze maatregel. Hierbij wordt aangesloten bij de richtlijnen en aanpak zoals deze gelden bij het bemestingsplan en waterplan van het Milieukeurschema Plantaardige Producten. Met het doorlopen van het GB-schema wordt beoogd de bewustwording te vergroten om de "verliezen" aan stikstof zo klein mogelijk te houden. De maatregelen efficiënte toedieningstechnieken, splitsing stikstofgift en bemesting afstemmen op groeifase, die in de maatregelenlijst zijn genoemd, vallen ook onder geleide bemesting. Er zijn de afgelopen jaren verschillende proeven uitgevoerd die aantonen dat geleide bemesting in het algemeen tot een besparing van meststoffen en dan met name stikstof kan leiden. Er zijn echter zoveel combinaties van gewassen, bodems en weersomstandigheden dat geen eenduidig waarde van het besparingspotentieel kan worden gegeven.

De keuze voor een Geleide Bemestingsysteem is afhankelijk van weersomstandigheden, gewassen en gronden. Er wordt dus geen GB-systeem voorgeschreven.

Voorstel Geleide bemesting

Het voorstel is om een teler op basis van het bouwplan een schema voor geleide bemesting te laten doorlopen. Op basis van dit schema kan een optimale stikstofbemonsteringsregime/techniek gekozen en uitgevoerd worden. Een voorbeeld van een bruikbaar GB-systeem voor open teelten is weergegeven in bijlage 4. Het voorstel is om het doorlopen van dit of een vergelijkbaar schema in de klimaatmodule op te nemen. Toekenning is 2,5 punten per ha.

Maatregel 2: Organische stofbalans en handhaven minimaal niveau organische stof.

Maatregel 2 is het opstellen van een organische stofbalans. Bij de organische stof balans kan zowel via afbraak als aanvoer (drie posten) worden gewerkt aan de opbouw van organische stof. Er zijn dus naast de toevoer van o.s door organische mest ook andere manieren om aan de organische stof opbouw te werken.

De organische stofbalans kan worden opgesteld door in tabel 3.7 in de kolom met het geldende afbraakpercentage en de rij met het bekende o.s gehalte de benodigde aanvoer af te lezen. Het te gebruiken afbraakpercentage wordt forfaitair vastgesteld op 2,5%. Bij een bodemorganische stofgehalte van 2% is de evenwichtsaanvoer 2125 kg EOS/ha.jaar). Bij een bodemorganische stofgehalte van 2,5% en hoger wordt de evenwichtsaanvoer op 2500 kg EOS/ha.jaar gesteld. Dit geldt dus ook als op het perceel het bodem organische stofgehalte hoger is dan 2,5% waarbij volgens de berekeningsmethodiek (leidend tot de waarden in tabel 3.7) een hogere evenwichtsaanvoer nodig is. Er kan 1 punt/ha worden verdiend met elke 12,5 kg EOS/ha die aanvullend is op de 2 waarden uit de tabel (2125 en 2500 kg EOS /ha/jaar). Indien de tabelwaarden een evenwichtssituatie impliceren, levert dit een bijdrage aan koolstofopbouw in de bodem en op die manier aan een gunstig klimaateffect (C-sink). Uiteraard wordt de organische stofbalans getoetst aan de stikstof en fosfaatgebruiksnormen en plaatsingsruimte op het bedrijf. De plaatsingsruimte voor N en P is op bedrijfsniveau. De organische stofbalans is op perceelsniveau. Op perceelniveau kan de N of P-gebruiksnorm dus iets overschreden worden wat op totaal bedrijfsniveau gecorrigeerd moet worden.

Percentage organische stof bodem	Benodigde toevoer aan effectieve organische stof (EOS) in kg per ha per jaar
2%	2125
2,5% en hoger	2500 (arbitrair vastgesteld plafond)

Voorstel organische stofbalans

Het voorstel is om het jaarlijks opstellen van een organische stofbalans op perceelsniveau op te nemen in de klimaatmodule, met bijbehorende bovenbeschreven aspecten. Toekenning 2,5 punten per ha en boven "evenwichtshoeveelheid" 1punt /ha extra voor elke 12,5 kg EOS per ha.

Het schema van de geleide bemesting en de organische stofbalans worden eenmaal per jaar voorafgaand aan de teelt van de hoofdgewassen uitgevoerd. Beiden moeten worden voorzien van een datum en handtekening van teler en teeltadviseur en moeten aanwezig zijn samen met het bemestingsplan. Beiden plannen moeten zijn goedgekeurd door een vakbekwame instantie of opgesteld zijn door een vakbekwame teler of adviseur.

Maatregel 3. Groenbemester/stikstofvanggewas na laatste teelt.

Maatregel 3 is het telen van een vanggewas.

Voorstel stikstofvanggewas

Het voorstel is om na gewassen die uiterlijk 15 september worden geoogst het gebruik van een vanggewas in de broeikasgasmodule op te nemen. Hierbij mag het (winterharde) vanggewas voor het onderwerken (niet voor 1 februari) niet worden doodgespoten en niet worden bemest. Aantal te behalen punten: 10 punten per ha.

Maatregel 4. Verminderen N-gift (via organische mest en kunstmest).

Maatregel 4 is het verminderen van de stikstofgift onder de Milieukeurnorm. Referentie is de gebruiksnorm van het Milieukeurschema voor werkzame N die berekend wordt op bouwplanniveau. Bij overschrijding van die norm worden punten verdiend, ongeacht of die overschrijding via organische mest⁶ of via kunstmest wordt behaald. Een maatregel als het splitsen van de N-gift heeft als doel vraag en aanbod van N beter op elkaar af te stemmen. Hiermee kan worden bespaard op de hoeveelheid N. Deze besparing levert in de klimaatmodule punten op. De reductie van broeikasgasemissies ligt in dezelfde orde grootte bij vermindering van de N-gift via dierlijke mest en kunstmest. Respectievelijk 19 en 16 kg CO₂ eq. /ha per kg werkzame N voor dierlijke mest (uitgaande van een werkingscoëfficiënt van 65%) en kunstmest (KAS).

⁶ Toediening van voldoende organische stof is onderdeel van de verplichte organische stofbalans.

Voorstel verminderen N-gift

Het voorstel is om per 1% onderschrijding van de N-gebruiksnorm op bouwplanniveau uit het Milieukeurschema (o.b.v. werkzame stikstof uit kunstmest en organische mest) 1 punt per ha toe te kennen.

Maatregel 5. Andere specifieke soorten organische en kunstmestsoorten/compostering/co-vergisting.

Maatregel 5 is de keuze voor andere mestsoorten of compostering/co-vergisting. Vanwege onzekerheid rond de emissies bij aanwending en de variatie in de reductie bij het proces wordt voorgesteld om het aantal punten hierop af te stemmen. Op basis van een reductie van 18 kg CO₂-eq. zou uitgekomen worden op 10 punten per ha per 10% aandeel in organische mestgift (is vergelijkbaar met de 19 kg CO₂-eq. reductie bij vermindering van 1 kg werkzame N uit dierlijke mest). Vanwege de hierboven genoemde mogelijke variatie wordt het aantal te behalen punten gesteld op 5 punten per 10% aandeel in organische mestgift.

Voorstel andere specifieke soorten mest (org. en kunst)/compostering/co-vergisting		
	Invulling	Gebruik
Specifieke mestsoorten	N-kunstmest o.b.v. ammonium	Per 10% 5 pt/ha
	Overige N-kunstmest (bijv. ureum en urean)	Per 20% 5 pt/ha
	Aandeel (co-)vergiste dierlijke drijfmest (van eigen bedrijf of aangevoerd) in totale organische mestgift (o.b.v. kg N).	Per 10% 5 pt/ha
	Bij gebruik van eigen gewasresten in compostering (geconditioneerde installatie met uitstoot gesteld op gemiddeldes in Tauw rapportage) of in co-vergistingsinstallaties en terugbrengen op land.	2 pt/ha per 10% extra

Maatregel 6: Niet-kerende grondbewerking⁷.**Voorstel niet-kerende grondbewerking**

Het voorstel is om aan de toepassing van niet-kerende grondbewerking (het niet ploegen gedurende het jaar) 10 punten per ha toe te kennen.

Maatregel 7: Rijpadensysteem

Een rijpadensysteem kan bijdragen aan de efficiëntie van bemesting en de daaraan gekoppelde emissiereductie van broeikasgassen. Een meerjarig rijpadensysteem (zoveel mogelijk op bedrijfsniveau) heeft verder voordelen zoals meeropbrengst voor sommige gewassen en een positieve bijdrage aan de bodem. Bovendien bieden steeds verder ontwikkelende technieken als GPS en bodem- en gewaskartering in

⁷ De maatregel niet-kerende grondbewerking kan botsen met het toepassen van vanggewassen wanneer onderwerken plaatsvindt door ploegen. Onderwerken van vanggewassen in het voorjaar kan echter ook met bijvoorbeeld een schijveneg of (veer)tandcultivator plaatsvinden.

combinatie met rijenteelt goede algemene duurzaamheidsverbeteringen van agrarische activiteiten.

Voorstel rijpadensysteem

Het voorstel is om 10 punten toe te kennen per ha dat onder een meerjarig (minimaal 2 jaar) rijpadensysteem (zoveel mogelijk op bedrijfsniveau) wordt geteeld.

Maatregel 8: Aanvulgrond boomkwekerijproducten.

Voorstel aanvulgrond boomkwekerij

Het niet gebruiken van aanvulgronden met veen wordt op basis van het grote reductiepotentieel beloond met 5 punten/ha.

De maatregelen en punten zijn samengevat in tabel 5.1. Het aantal te behalen punten per teelt is als volgt:

Akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenteteelt

In de klimaatmodule voor akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenteteelt is het uitgangspunt dat 25 punten per ha over het gemiddelde bouwplan haalbaar is. De hoogte van het totaal aantal punten is gerelateerd aan de mate waarin een Milieukeurteler de punten kan behalen. De puntentoekening in de klimaatmodule is gericht op bewustwording en het feit dat nog geen ervaring bestaat met de module. Vanaf het jaar 2009 zal deze module worden gebruikt om ervaring op te doen met het bepalen van het aantal punten op basis waarvan een minimum norm kan worden gesteld voor 2010.

Boomteelt

Binnen het Milieukeurschema Plantaardige Producten worden specifieke eisen aan Milieukeur boomkwekerijproducten gesteld, met hierbij een aparte puntentoekening. Uitgangspunt is dat de klimaatmodule ook voor de boomkwekerij toepasbaar is en dat 10 punten per ha haalbaar is. Een aantal maatregelen zoals die in bovenstaande module is opgenomen, is niet relevant voor of minder (frequent) toepasbaar in de boomkwekerij, met name rijpadensystemen en niet-kerende grondbewerking.

Tabel 5.1 Maatregelen in de klimaatmodule van het Milieukeurschema Plantaardige Producten en de bijhorende scores.

Maatregel in klimaatmodule	Voorgestelde score
1. Doorlopen van schema voor geleide bemesting op basis van bouwplan en bedrijfssituatie (bewustwording).	2,5 punt/ha
2. Opstellen organische stof balans met gebruikmaking van vast afbraakpercentage van 2,5% in de range vanaf 2% organische stof. Boven de "evenwichtshoeveelheid" organische stoftoevoer met een als maximum gestelde hoeveelheid van 2500 kg EOS/ha.jaar worden bonuspunten toegekend. (bewustwording en handhaving bodemorganische stofniveau).	2,5 punt/ha
Voor elke 12,50 kg Effectieve Organische Stof/ha (EOS) aanvoer extra op gestelde evenwichtshoeveelheid EOS.	1 punt/ha
3. Stikstof-vanggewas na laatste teelt.	10 punten per ha
4. Verminderen stikstofgift via kunstmest en dierlijke mest.	Per 1% onderscheiding N-gebruiksnorm SMK 1 punt per ha
5. Andere soorten organische mest en kunstmest toedienen. N kunstmest o.b.v. 100% ammonium. Overige N kunstmest (ureum en urea)/Meststoffen met nitrificatieremmers.	Per 2% aandeel in gift: 1 punt per ha
Aandeel vergiste dierlijke drijfmest (van eigen bedrijf of aangevoerd) in totale organische mestgift (o.b.v. kg N).	Per 4% aandeel in gift 1 punten per ha
Bij gebruik van gewasresten in compostering of co-vergisting en terugbrengen.	Per 2% aandeel 1 punt/ha
	Per 5% aandeel extra 1 punt/ha
6. Niet-kerende grondbewerking.	10 punten/ha
7. Rijpaden systeem.	10 punten/ha
8. Gebruik van aanvulgrond zonder veen(specifiek voor boomkwekerijproducten).	5 punten/ha

5.3 Voorbeeld score klimaatmodule

Hieronder is voor een akkerbouwbedrijf een voorbeeldscore berekend.

Bedrijf: Akkerbouwbedrijf op zandgrond met:

- 10 ha aardappelen;
- 8 ha suikerbieten;
- 5 ha brouwgerst;
- 10 ha wintertarwe;
- 5 ha wortelen;
- Totaal 38 ha.

NB: Het voorbeeld is een fictief bedrijf. De gekozen gewassen en de combinatie van gewassen en maatregelen zijn willekeurig gekozen en ter illustratie.

Tabel 5.2 Voorbeeldberekening van puntenscore klimaat voor een voorbeeldbedrijf.

Onderdeel in klimaatmodule	Toepassing op voorbeeldbedrijf	Score per ha gewas	Score op bedrijfsniveau
Geleide bemesting (GB)	Voor wortelen wordt met adviseur GB doorgesproken en toegepast in teelt	2,5 punt	5 ha * 2,5 = 12,5 pt
Organische stofbalans	Voor gehele bedrijf wordt OS balans opgesteld m.b.v. analyses over os-gehalte in de bodem (stel 2,0%), afbraak is 2,5% (Tabel OS2) dan is gewenste aanvoer 2125 kg EOS/ha (Tabel OS1)	2,5 punt	38 ha * 2.5 = 95 pt
Extra aanvoer organische stof	Op areaal aardappelen wordt extra os aangevoerd 2200 kg EOS/ha , dus 75 kg EOS/ha extra	75/12.5 = 6 pt	10 ha * 8 = 60 pt
N-vanggewas	Na de oogst van aardappelen wordt een vanggewas geteeld	10 pt	5 ha* 10 = 50 pt
Verminderen N gift via kunstmest en dierlijke mest	Op bedrijfsniveau wordt de totale N-gebruiksnorm volgens de Milieukeurnormen bepaald. Stel dat dit 170 kg werkzame N is. De teler verstrekt echter op bouwplanniveau gemiddeld 165 kg werkzame N. Dat is dus 5 kg en 3% onder de norm	3% = 3 pt	38 ha * 3 = 114 pt
Andere soorten N-kunstmest	In de aardappelen wordt alle N-kunstmest toegediend in de vorm van ZZA (zwavelzure ammoniak).	100% / 2% = 50 pt	10 ha * 50 = 500 pt
	Bij de brouwgerst wordt 50% KAS en 50% Urean toegepast.	50% / 4% = 12.5 pt	5 ha * 12,5 = 62.5 pt
Aandeel vergiste dierlijke mest	Op het bedrijf wordt in totaal 6000 kg N uit dierlijke mest aangewend. Daarvan is de helft (3000 kg N) vergiste mest.	50% / 2% = 25 pt	38 ha * 25 = 950 pt

Vervolg tabel 5.2

Onderdeel in klimaat-module	Toepassing op voorbeeldbedrijf	Score per ha gewas	Score op bedrijfsniveau
	Gewasresten van de suikerbieten worden naar de vergister afgevoerd en komen via aanvoer vergiste mest terug op het bedrijf	50% / 5% = 10 pt	8 ha * 10 = 80 pt
Niet kerende grondbewerking	Toegepast in brouwgerst	10 pt	5 ha * 10 = 50 pt
Rijpadensysteem	Toegepast in wortelteelt	10 pt	10 ha * 10 = 100 pt
Totaal aantal punten bedrijfsniveau			2374
Aantal punten op bedrijfsniveau per ha			62 (=2374/38 ha)
Norm			25

5.4 Voorstel voor inpassing klimaatmaatregelen in het Milieukeurschema Plantaardige Producten.

In het huidige Milieukeurschema Plantaardige Producten is al een aantal elementen opgenomen die bijdragen aan lachgasemissiereductie (tabel 5.3, kwadrant 1). In kwadrant 4 zijn acht keuze maatregelen opgenomen in de klimaatmodule. Door deze keuzemogelijkheid wordt rekening gehouden met de heterogeniteit in de verschillende bedrijven/bouwplannen.

Tabel 5.3 Overzicht voorstel maatregelen in het Milieukeurschema Plantaardige Producten.

	<i>Al in Milieukeurschema</i>	<i>Nieuwe voorstellen</i>
<i>Verplichting</i>	1. <i>Opstellen bemestingsplan en N-bemonstering.)</i> <i>Stikstofvanggewas na teelt van maïs op zand- en lössgrond.</i> <i>Inzaaien groenbemester (vanggewas) bij uitrijden dierlijke mest in de periode 1 juli - 1 september</i> <i>Bemesting voorjaar i.p.v najaar (onderdeel mestwetgeving)</i>	2.
<i>Klimaatmodule: keuze</i>	3.	4. <i>Schema geleide bemesting i.c.m. bemestingsplan,</i> <i>Opstellen organische stof balans</i> <i>Vanggewas na laatste teelt</i>

Verminderen N-gift via kunstmest en dierlijke mest.)

Andere soorten organische en kunstmestsoorten toedienen (inclusief nitrificatieremmers)

Aandeel vergiste dierlijke drijfmest (van eigen bedrijf of aangevoerd) in totale organische mestgift (o.b.v. kg N en gewasresten verwijderen, verwerking via composteren en co-vergisting en terugbrengen

Niet-kerende grondbewerkingen

Rijpadensysteem

Aanvulgronden zonder veen (boomkwekerij)

6 Samenvatting en conclusies

In opdracht van en in samenwerking met SMK is door CLM Onderzoek en Advies en Blonk Milieu Advies een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van opname van broeikasgasreducerende (teelt)maatregelen binnen het Milieukeurschema Plantaardige Producten. Dit zijn maatregelen die een reductie van in dit geval het broeikasgas lachgas (N_2O) kunnen bewerkstelligen. Lachgas is binnen de landbouw een belangrijk broeikasgas. CLM en BMA hebben in samenwerking met een aantal Milieukeurtelers en met beoordeling van specialisten binnen de gewasgroepen akkerbouw, vollegrondsgroenten en boomteelt klimaatmaatregelen geselecteerd en beoordeeld op opname in het Milieukeurschema Plantaardige Producten.

Belang van klimaatmaatregelen

Landbouw en klimaat zijn nauw met elkaar verbonden. Het klimaat bepaalt in hoge mate op welke wijze landbouw kan worden bedreven. Tegelijkertijd levert de landbouw een bijdrage aan de emissie van broeikasgassen, die op hun beurt zorgen voor een invloed op het klimaat. Niet alleen CO_2 , maar ook methaan en lachgas leveren hieraan een belangrijke bijdrage. Juist bij de productie van deze laatste twee gassen speelt de landbouw een belangrijke rol met een bijdrage van ongeveer de helft van de Nederlandse uitstoot.

De grootste reductie van emissies van overige broeikasgassen bij plantaardige productie is mogelijk door een reductie van de emissie van lachgas, met name door het terugdringen van lachgasemissies uit de bodem bij mestaanwending.

Beoordeling van klimaatmaatregelen

Er is een aantal maatregelen binnen de agrosector mogelijk die een reducerend effect op de broeikasgasemissie van agrarische activiteiten hebben. Door de grote bijdrage van lachgas aan de broeikasgasemissie vanuit de landbouw zijn deze maatregelen met name gericht rond stikstofgerelateerde aspecten. Het betreft vooral bemestingsmaatregelen en het slim omgaan met stikstofstromen op het agrarische bedrijf. CO_2 die vrijkomt bij het gebruik van fossiele brandstoffen wordt niet meegenomen. Wel kan door genoemde maatregelen brandstofverbruik verminderen. Waar eventueel extra brandstofverbruik optreedt, weegt deze nagenoeg nooit op tegen de baten op andere broeikasgassen.

De klimaatmaatregelen zijn beoordeeld op basis van het reductiepotentieel van de uitstoot van N_2O (op bedrijfsniveau op bouwplan), de kosten-baten verhouding van de maatregel, het gevaar voor afwenteling (op andere milieuproblemen), de toepasbaarheid in de agrarische bedrijfsvoering en de mogelijke synergie met andere milieuaspecten of agronomische aspecten. Bij dit laatste criterium is ook het strategisch belang meegenomen. Het werken aan de organische stofvoorziening is hier een voorbeeld van waarbij met name op de middellange en lange termijn de vruchten worden geplukt. Ook het werken aan bewustwording impliceert een lange termijn visie. De beoordeling is met name kwalitatief en relatief van aard door het ontbreken van harde kwantitatieve cijfers of de onzekerheid in de wel beschikbare cijfers. Wel kan uit de beoordeling een orde van grootte en richting worden gehaald.

Op basis van de ingeleverde bouwplannen van een aantal Milieukeurtelers is een broeikasgasprofiel berekend. Deze is vergeleken met 'worst case' referentiesituaties. In deze referenties wordt uitgegaan van hetzelfde bouwplan maar dan met een maximaal gebruik van mest: volledige benutting van de ruimte voor dierlijke mest (170 kg N/ha, waarvan 60% werkzaam) en volledige opvulling van de N-gebruiksnorm per gewas (2007) met KAS. Daarmee kunnen deze scenario's gezien worden als een 'worst case' benadering.

De broeikasgasemissies van de Milieukeurtelers zijn lager dan deze referentiesituaties. Dit heeft te maken met de volgende punten:

- De Milieukeurtelers bemesten op een gemiddelde hectare van het bouwplan onder de maximaal toegestane hoeveelheid van dierlijke mest.
- Er worden andere kunstmestsoorten gebruikt dan KAS.
 - Tijdens de productie van nitraat kunstmestsoorten zoals KAS wordt relatief veel energie gebruikt en ontstaan veel broeikasgassen. Ammonium kunstmestsoorten zijn gemakkelijker te maken.
 - Ammonium kunstmest vervluchtigt meer bij aanwenden, waardoor de directe lachgasemissies afnemen plus het feit dat de emissiefactor voor lachgas slechts 0,5% bedraagt (i.t.t. 1% bij overige kunstmestsoorten). De indirecte emissies door depositie nemen weer iets toe.

De resultaten geven aan dat de Milieukeurtelers scherp bemesten. Het grote verschil tussen de praktijk bij de Milieukeurtelers en referentiesituatie zijn de directe emissies bij bemesting (aanwending van mest). Het betreft reducties in de range van 21% tot 49%. Vervolgens is voor enkele bedrijven de reductie van broeikasgasemissies van enkele maatregelen doorgerekend. Bij een verlaging van de N-gift tot 80% bedraagt de emissiereductie van emissies uit de bodem zo'n 20-22% voor de twee doorgerekende Milieukeurbedrijven.

Vervolgens is berekend wat de impact zou zijn van de toepassing van enkele maatregelen. Het gaat hier om reductie van de hoeveelheid N (uit dierlijk en kunstmest), effecten van andere mestsoorten en een combinatie hiervan. Bij de doorrekening van de lagere bemesting is de conclusie dat de totale broeikasgasemissie op gelijke voet afneemt met de bemesting. Hierbij is onderscheid te maken tussen de directe en indirecte effecten. Praktisch gezien zou een verlaging bereikt kunnen worden door op de juiste momenten te bemesten en de mestgift te spreiden. Het effect van een ander kunstmestsoort (t.o.v referentie KAS) (giften hebben wel dezelfde hoeveelheid N) zit met name in de indirecte emissies bij de productie van de mestsoorten. De effecten van de combinatie zijn aanzienlijk maar dit hangt af van de specifieke bedrijfssituatie.

In samenspraak met de Milieukeurtelers en deskundigen uit voorlichting en onderzoek zijn de maatregelen op een aantal criteria beoordeeld. Dit heeft geleid tot een opname van een selectie van maatregelen uit de groslijst.

De gekozen maatregelen zijn:

1. Doorlopen van schema van geleide bemesting op basis van bouwplan en bedrijfs-situatie: doel bewustwording.
2. Opstellen organische stofbalans.
3. N-vanggewas na laatste teelt.
4. Vermindering N-gift van dierlijke en kunstmest.
5. Gebruik andere organische en kunstmestsoorten, gebruik gewasresten na com-postering of co-vergisting.
6. Niet-kerende grondbewerking.
7. Rijpadensysteem.

8. Gebruik van aanvulgrond zonder veen.

De voorgestelde maatregelen maken deel uit van de klimaatmodule voor het Milieukeurschema Plantaardige Producten. Voor de maatregelen zijn bonuspunten opgesteld die gebaseerd zijn op de te behalen reductie van broeikasgasemissie. Voor de telers van akkerbouwproducten en vollegrondsgroente zijn 25 punten haalbaar en voor de boomteelt 10. De telers kunnen daarbij kiezen uit de genoemde maatregelen. Door dit keuzemenu en het aantal maatregelen wordt tegemoet gekomen aan de heterogeniteit in gewassen (bouwplan) en andere bedrijfskarakteristieken binnen het schema. In 2009 zal de klimaatmodule worden getest door opname in het Milieukeurschema Plantaardige Producten.

De (concept)klimaatmodule is voorgelegd aan en besproken met/in het College van Deskundigen Agro/food van SMK, experts (LBI, PPO, DLV), de interne begeleidingscommissie en een openbare hoorzitting. De suggesties gedaan vanuit deze gremia en in deze bijeenkomsten zijn verwerkt in het huidige voorstel voor de module.

Toepassing van de klimaatmodule door Milieukeurtelers draagt bij aan een kosteneffectieve reductie van broeikasgasemissies in de open teelten.

Bronnen

Beldman A. , A van den Ham. Nitrificatieremmers onderzoek in Nieuw Zeeland (op www.verantwoordeveehouderij.nl).

Beuze M. de, H.J.W.M. van der Pittens, A.A. Pronk en H van Reuler. (2004). Geïntegreerde boomteelt: geïntegreerde boomteelt bedrijfssysteem Meterik Kernbedrijf Boomteelt Telen met toekomst 2001 t/m 2003 Boskoop. PPO Sector Bomen, (PPO 311307).

Blonk T.J., A. Kool en L.N.C. Vlaar. (2007). Landbouw en Klimaat in Brabant. CLM Onderzoek en Advies BV. Culemborg.

Bodemkunde van Nederland, Deel 1 Algemene bodemkunde. Redactie W.P. Locher en H. de Bakker. (1993). Malmberg. Den Bosch.

Bolt F.J.E. van der, C.M.J. Jacobs en P.J. Kuikman. (2004). Beperking van lachgasemissie door water- en peilbeheer en bij beregening; eindrapport voor reductieplan overige broeikasgassen landbouw cluster 1. Alterra. Wageningen.

Bos J.F.F.P., J.J. de Haan en W. Sukkel. (2007). Energieverbruik, broeikasgasemissies en koolstofopslag; de biologische en de gangbare landbouw vergeleken. PRI. Wageningen UR. Rapport 140.

Brinkman A.J.F., E.H.M. van Zundert en R.J. Saft. (2004). Herziening levenscyclusanalyse voor GFT afval. Grontmij/IVAM. De Bilt/Amsterdam.

Brandes. (2006). National Inventory Report. 2006. Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2004. MNP. Bilthoven.

Clevering O.A. (2002). Perspectieven voorjaarstoediening van dierlijke mest op kleigrond. PPO sector AGV. (Projectrapport 1126226). Wageningen.

Davidson. (2000). Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides. BioScience 50, 667-680.

Dijk W. van, J.R. van der Schoot, A.M. van Dam, L.J.M. Kater, F.J. de Ruijter, H. van Reuler, A.A. Pronk, Th.G.L. Aendekerker en M.P van der Maas. (2005). Onderbouwing N-gebruiksnormen akker en tuinbouw. N-gebruiksnormen kleine gewassen. PPO. Lelystad. PPO Rapport 347.

Dijk W. van, H. Prins, M.H.A. de Haan, A.G. Evers, A.L. Smit, J.F.F.P. Bos, J.R. van der Schoot, R. Schreuder, J.W. van der Wekken, A.M. van Dam, H. van Reuler en R. van der Maas. (2007). Economische consequenties op bedrijfsniveau van het gebruiksnormenstelsel 2006-2009 voor de melkveehouderij en akker- en tuinbouw. PPO. Lelystad. Rapport 365.

Dolfing J., N. Buchkina en P.J. Kuikman. (2004). Mogelijkheden tot vermindering van emissie van lachgas uit landbouwgronden bij toepassing van verschillende mestsoorten en nitrificatieremmers. Alterra. Wageningen.

Elferink E.V., E.A.P. van Well en L.N.C. Vlaar. (2007). Landbouw en Klimaat in Utrecht. CLM 659. Culemborg.

Fraters B., L.J.M. Boumans, T.C. van Leeuwen en J.W. Reijs. (2007). De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. RIVM, Bilthoven.

Geel W. van (2008). "kleine besparingen op stikstof haalbaar in ijsbergsla". Weekblad Groente en Fruit. week 25.

Geel W. van en J. de Haan. (2007). Effecten van organisch-stofbeheer in Nutriënten Waterproof op het organische stofgehalte en de koolstofopslag in de bodem. PPO-AGV. Lelystad.

Grinsven J.J.M. van. Werking van de Meststoffenwet. (2006). Overgang van verliesnormenstelsel naar een gebruiksnormenstelsel: evaluatie van werking in verleden (1998-2005), heden (2006-2007) en toekomst (2008-2015), Milieu- en Natuurplanbureau (MNP). In samenwerking met: Alterra bv, Wageningen UR Landbouw Economisch Instituut bv, Wageningen UR (LEI), Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (RIVM) ,Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen UR bv (PPO), Leerstoelgroep Bestuurskunde Wageningen UR, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RWS-RIZA) MNP. Bilthoven. MNP-publicatienummer 500124001.

Groeningen J.W. van, D. Kool, N. Wrage, O. Oenema, G. Velthof en P. Kuikman. (2007). Productie van N₂O in de bodem, meer dan nitrificatie en denitrificatie. Presentatie tijdens themadag Nederlandse Bodemkundige Vereniging, 31 mei 2007, Thema Bodem en klimaatverandering, lachgasemissie in Nederland.

Haan J. de, H. van Schooten, J. Bos, C van der Wel en M van der Voort. (2007). Maatregelen ter beperking van energieverbruik en broeikasgasemissies in de melkveehouderij, akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. PPO. Lelystad. PPO Rapport 372.

Heres H-J. (2007). Onderzoek bepalen kentallen methaan en lachgas composteerbedrijven. TAUW. Deventer.

Hoving I.E., K van Houwelingen en Z. van der Vegte. (2008). Watergerelateerde maatregelen melkveehouderij ter vermindering van de broeikasgasuitstoot op zand- en veengrond. ASGWUR. Lelystad. Rapport 129.

International Energy Agency Data Services. (2006).

Klooster M.D. (2006). KWIN Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. PPO. Lelystad.

Kroonen-Backbier B., G.J. Molema, V. Achten en K. Grashoff. (2004). Mogelijkheden voor verhoging van de stikstofefficiëntie : deskstudie in het kader van het project Nutriënten Waterproof, LNV-programma's systeeminnovatie open teelten. PPO-AGV. Lelystad.

Kuikman P.J., D.A. Oudendag, A. Smit en K.W. Van der Hoek. (2004). ROB maatregelen in de landbouw en vermindering van emissies van broeikasgassen, zichtbaarheid van effecten in de nationale berekening en suggesties ter verbetering van de berekeningssystematiek. Alterra. Wageningen. Alterra rapport 994, RIVM rapport 680.125.004.

LBI. (2003). Biologische appels en peren, teeltmaatregelen voor kwaliteitsfruit, publicatienr. LF75, hst 3 "levende bodem als basis".

Lokhorst K.(IMAG), P. Dekker (PPO-agv), K. Grashoff (PRI), T. Guiking (PPO-bomen) en S. van 't Riet (PPO-bollen).(2003). Perspectieven geleide bemesting in de open teelten: van deskstudie naar onderzoek, nota 2003-51.

- Maas C.W.M. van der, e.a. (2008). Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2006. National Inventory report. MNP. Bilthoven. MNP rapport 500080009.
- Meijering L. (2006) "Nauwkeuriger doseren tegen lagere kosten" in Boerderij/Akkerbouw 91 no.1 (3 januari 2006).
- Moolenaar S.W. (2003). De waarde van GFT-compost. Nutriënten Management Instituut (NMI bv), Wageningen. rapport 283.03.
- Mosquera J., J.M.G. Hol, C. Rappoldt en J. Dolfin. (2007). Precise Soil management as a tool to reduce CH₄ and N₂O emissions from agricultural soils. ASG, Lelystad.
- Mulier A., F. Nevens en Georges Hofman. (2006). Daling van de organische stof in Vlaamse Landbouwgronden, analyse van mogelijke oorzaken en aanbevelingen voor de toekomst. Steunpunt Duurzame Landbouw, Publicatie 24.
- Nutriënten Management Instituut (NMI). (2000). Praktijkgids Bemesting, 2^e herziene druk, mei 2000. NMI. Wageningen.
- Radersma S, W.C.A. van Geel, C, Grashoff, G.J. Molema en N. S van Wees. (2004). Geleide bemesting in de open teelten: Ontwikkeling van systemen. PPO-AGV. Lelystad. PPO 334.
- Ruijter F. de (2008) " weinig verschillen tussen bemestingsmethoden". Weekblad Groente en Fruit. week 20.
- Ruijter F.J. de, en R. Postma. (2004). Afvoer van gewasresten ter beperking van stikstofverliezen. Bureaustudie naar de effecten op de stikstofbalans, mineralisatie en organische stof. PRI. Wageningen.
- Schoot J.R. van der, B.H.C. van der Waal en W. van Dijk, (2004). Kosteneffectieve maatregelenpakketten bij mineralenbeleid verdergaand dan Minas. PPO. Lelystad. Rapport 336.
- Smit A.L., W. van Dijk, J.R. van der Schoot en B.H.C. van der Waal. (2003). Kosteneffectieve maatregelen(pakketten) om voor de sectoren vollegrondsgroenten, bollen en veehouderij te voldoen aan MINAS 2003-eindnormen. PRI. Wageningen. Rapport 61.
- Smit A. en P.J. Kuikman. (2005). Organische stof: onbemind of onbekend? Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 1126.
- Smith A. (2001). Waste management options and climate change. Report for the European Commission. AEA-Technology.
- Stallen J. (2008) "Meststof flex fertiliser geeft gewas rust" Weekblad Groente en Fruit. week 15.
- Velthof G.L., M.H. de Haan, R.L.M. Schils, G.J. Monteny, A. van den Pol van Dasselaar en P.J. Kuikman. (2000). Beperking lachgasemissie uit bemeste landbouwgronden. Alterra. Wageningen.
- Vermeulen B. (2008). Rijpaden, een systeem voor duurzaam bodembeheer, Presentatie op SPADE studiedag kennismakelaars, ENS 23 september 2008.

Visscher J., P.H.M. Dekker, H.C. de Boer, E. Brommer, O.A. Clevering, A. M. van Dam, W.C.A. van Geel, M.H.A. de Haan, I.E. Hoving, A. van der Klooster, H.A. van Schooten, R. Schreuder en P. de Wolf. (2008). Perspectieven bedrijfsmaatregelen voor duurzaam bodemgebruik. Kosten en effectiviteit van vijf maatregelen. Rapport 148 ASG en PPO.

Voort M.A. van der, J. van der Klooster, J. Van den Wekken, H. Kemp en P. Dekker. (2006). Covergisting van gewasresten, Een verkennende studie naar praktische en economische haalbaarheid. PPO AGV PPO nr. 530030.

Weijden W. van der, E. Hees en A. Kool. (2007). De Mondiale Impact Meter, een management-instrument voor veehouders. CLM Onderzoek en Advies BV, Culemborg.

WUR en DLV Plant. 2005. Mest en mineralenkennis voor de praktijk, gebruik van organische stof en stikstof in de vollegrondsgroententeelt, blad 3 in de serie plantaardig , December 2005.

Zanen M., Koopmans, C, Postma, R., Loon, T. Van. 2003. Optimalisering van de stikstofvoorziening in de biologische groenteteelt, LBI en NMI, Driebergen en Wageningen.

Bijlage 1 Samenstelling begeleidings- commissie

Het project is begeleid door een begeleidingscommissie die in 2008 2 keer bijeengekomen is.

De commissie bestond uit:

- De heer Jan van Bergen, SenterNovem.
- De heer Ton van Korven, ZLTO.
- De heer Arjan Kuijstermans, Productschap Akkerbouw.
- De heer Frans Pladdet, SMK (Stichting Milieukeur), voorzitter.
- De heer Ton Vermeer, Provincie Noord-Brabant.
- De heer Geert Wilms, Stuurgroep LIB.
- Mevrouw Rianka Habraken, Rabobank (agendalid).

Bijlage 2 Gebruikte rekenmethodiek en regels

De meeste gewassen worden in een bouwplan geteeld. Dit zorgt ervoor dat de gewasresten van het vorige gewas voor het opvolgende gewas stikstof (kunnen) naleveren. Daarom is het moeilijk om de broeikasgasemissies van een enkel gewas te berekenen. Immers, het bemestingsregime en de opbrengst zijn afhankelijk van het bouwplan. Daarom is er in dit project uitgegaan van een gemiddelde hectare waarin elk gewas een bepaald aandeel vormt van het totale bouwplan, binnen een jaar bekeken. Hierin is het aandeel van de verschillende gewassen in het bouwplan t.o.v. gehele bouwplan van belang. De bemesting per hectare voor de specifieke gewassen is door de telers opgegeven. Het gebruik van huurgrond is niet meegenomen, er is aangenomen dat deze grond ook deel uitmaakt van het bouwplan. Dit is voornamelijk voor de vollegrondsgroenten van belang, aangezien de aangeleverde data daarvoor gelden voor vnl. huurgrond. Tevens is het gebruik van bemesting voor de vollegrondsgroenteteler niet bekend. Er is daarom alleen een "worst-case" scenario doorgerekend.

Omdat de opname van meststoffen door de opstand niet bekend was, is de standaard IPCC methode gebruikt om de broeikasgasemissies te berekenen. Voor compost is de directe emissie bij het aanbrengen op 0 gesteld. Indien wordt gerekend met een lachgasemissie van 1% van de aangewende N in compost bedraagt de extra emissie 283 kg CO₂ eq. Tevens is het werkzame gedeelte van de gebruikte compost alleen meegerekend als indirecte emissiebron voor die optreedt door uitspoeling.

Stikstofposten in de vergelijkingen

N bemesting kunstmest/ha x aandeel gewas 1 in bouwplan

N bemesting kunstmest/ha x aandeel gewas 2 in bouwplan

N bemesting kunstmest/ha x aandeel gewas 3 in bouwplan

+

Totale N aanvoer van kunstmest/ha in bouwplan

N bemesting dierlijke mest /ha x 60% x aandeel 1 gewas in bouwplan

N bemesting dierlijke mest /ha x 60% x aandeel 2 gewas in bouwplan

N bemesting dierlijke mest /ha x 60% x aandeel 3 gewas in bouwplan

+

Totale N aanvoer van dierlijke mest/ha in bouwplan

N depositie /ha (tabel..)

N gewasresten /ha (tabel..) x aandeel gewas 1 in bouwplan

N gewasresten /ha (tabel..) x aandeel gewas 2 in bouwplan

N gewasresten /ha (tabel..) x aandeel gewas 3 in bouwplan

+

Totale aanvoer N/ha in bouwplan

Kg N/ha in bouwplan uit KAS x 2%

Kg N/ha in bouwplan uit Ureum x 15%

Kg N/ha in bouwplan uit Urean x 3,4%

Kg N/ha in bouwplan uit dierlijke mest x 10,5%

+

Vervluchtiging mestaanwending als NH₃

Afvoer hoofdproduct 1 /ha x N/ton x aandeel gewas 1

Afvoer hoofdproduct 2/ ha x N/ton x aandeel gewas 2

Afvoer hoofdproduct 3/ ha x N/ton x aandeel gewas 3

Afvoer bijproduct 1/ ha x N/ton x aandeel gewas 1

Afvoer bijproduct 2/ ha x N/ton x aandeel gewas 2

+

Afvoer bijproduct 3/ ha x N/ton x aandeel gewas 3
 Afvoer N door oogsten/ha

Totale aanvoer N/ ha in bouwplan
 NH3 vervluchtiging- afvoer N door oogsten
 N overschot/ha

Indirecte emissies in CO₂ eq./gemiddelde ha van het bouwplan:

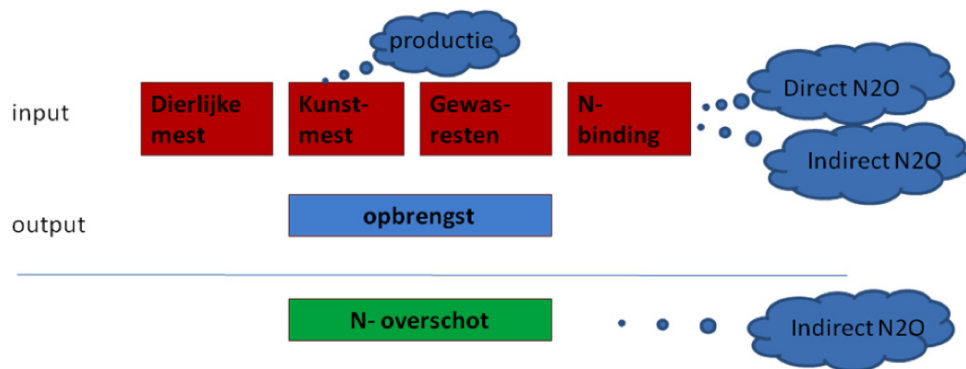
N overschot/ha x 36% x 2,5% x 44/28 x 298= Indirecte lachgasemissie uitspoeling
 (NH3 vervluchtiging/ha x 1,15)x 1% x44/28 x 298 = Indirecte lachgasemissie door mestaanwending
 N gewasresten/ha x 1% x 44/28 x 298 = Indirecte emissie door gewasresten
 N binding/ha x 1% x 44/28 x 298= Indirecte emissie door N binding

Directe emissies in CO₂ eq./gemiddelde ha van het bouwplan:

N aanvoer dierlijke mest x 2% x 298 = Directe lachgasemissie door mest aanwending
 N aanvoer kunstmest x 1% x 298 = Directe lachemissie door kunstmest aanwending

Totale lachgasemissie uit de bodem/ kg CO₂ eg/ ha. jaar

Emissie door productie van kunstmest in CO₂ eq./gemiddelde ha
 Kg N kunstmest soort 1/ha x emissiefactor 1
 Kg N kunstmestsoort 2/ha x emissiefactor 2
 Totale emissie per door kunstmestproductie/ha



Figuur B1 Overzicht van berekeningsmethodiek.

Tabel B2.1 Overzicht van de broeikasemissies door de productie van enkele kunstmest soorten.

	Kg CO ₂ per kg N	N ₂ O kg CO ₂ -eq./kg N	Totaal CO ₂ eq./kg N	Bron
CAN 26,5 % N	3	4,53	7,51	Davis & Haglund 1999
Ammonium nitraat	2,9	4,53	7,41	Davis & Haglund 1999
Urean	3,1	2,09	5,19	Davis & Haglund 1999
Urea	3,1	0,01	3,1	Davis & Haglund 1999
Mono Ammonium Fosfaat	4,2	0,02	4,2	Davis & Haglund 1999
ZZA	onbekend	onbekend	1,62	Kongshaug

Tabel B2.2 Uitgangspunten voor mestnormen, N die achterblijft in gewasresten, afvoer van N door oogst van hoofdproduct en bijproduct. *Sommige telers hadden een hogere opbrengst dan de KWIN aangaf, voor de theoretische situatie is uitgegaan van de KWIN, voor de praktijksituatie zoals aangegeven door de teler.

Gewas	N-norm klei (2007) kg N	Nbinding	N ge- wasres- ten (NIR)	N- depositie klei	Oogst gewas (ton)*	Kg N/ton gewas	Oogst bijproduct (ton)*	Kg N/ton bijproduct
Aardappelen vroeg	130	0	26	24	22	3,3	0	0
Aardappelen laat	275	0	26	24	49	3,3	0	0
Wintertarwe	155	0	2,8	24	9	20	4,5	5
Wintergerst	155	0	1,9	24	6,5	17	3,5	3,5
Zomergerst	90	0	1,9	24	6,6	15	3,3	3,5
Brouwgerst	60	0	1,9	24	6,6	15	3,3	3,5
Maïs	205	0	2,2	24	15,345	4,6	0	0
Winterrogge	155	0	1,6	24	5,5	17	4,3	3,5
Suikerbieten	165	0	174	24	68	1,5	0	0
Wortelen	120	0	99	24	85	1,5	0	0
Zaaiuien	150	0	4	24	52,4	2	0	0
Plantuien	130	0	4	24	22,5	2	0	0
Veldbonen	55	0	16	24	59	2	0	0
Graszaad	180	0	28	24	1,75	18	0	7
Grasland	385	0	0,15	24	1,5	6,5	0	0
Groenbemester	65	0	30	24	0	0	0	0
Asperge	95	0	24	24	53,6	3,5	0	0
IJsbergsla	157,5	0	25	24	99,45	1,5	0	0
Spinazie	245	0	62	24	23,28	3,5	0	0
Andijvie	150	0	78	24	76,5	3,5	0	0
Krulandijvie	150	0	78	24	118,4	3,5	0	0
Chinees kool	200	0	206	24	50	2,5	0	0
Boerenkool	185	0	78	24	17,1	3,5	0	0
Rabarber	55	0	78	24	40,5	2,5	0	0
Romana	157,5	0	25	24	199,8	3,5	0	0
Raddichio rosso	275	0	78	24	25,2	2	0	0

Tabel B2.3 N-aanvoer door bemesting, depositie en gewasresten (P betekent praktijk en WC staat voor worst case scenario).

	Akkerbouw 1 P	Akkerbouw 1 WC	Akkerbouw 2 P	Akkerbouw 2 WC	Akkerbouw 3 P	Akkerbouw 3 WC
VDM	0	170	55	170	140	170
KAS	76	131	13	73	41	63
urean	0	0	61	0	0	0
ZZA	99	0	31	0	0	0
26-14	96	0	0	0	0	0
Totale N bemesting	271	301	160	243	181	233
Werkzame N bemesting	271	233	138	175	125	165
N depositie	24	24	24	24	24	24
N gewasresten	32	32	38	41	49	66
N binding	0	0	0	0	0	0
Totale N aanvoer	327	288	200	240	198	255

	Akkerbouw 4 P	Akkerbouw 4 WC	Akkerbouw 5 P	Akkerbouw 5 WC	Akkerbouw 6 P	Akkerbouw 6 WC
VDM	147	170	122	170	76	170
KAS	0	73	7	68	0	7
urean	0	0	58	0	50	0
ZZA	0	0	0	0	0	0
26-14	0	0	0	0	0	0
Totale N bemesting	147	243	187	238	126	177
Werkzame N bemesting	88	175	139	170	96	109
N depositie	24	24	24	24	40	40
N gewasresten	59	59	69	69	49	49
N binding	0	0	0	0	0	0
Totale N aanvoer	171	258	232	264	166	217

Tabel B2.4 N afvoer door oogst hoofdproduct bijproduct, en door vervluchtiging bij aanwending van mest. Het N overschot is het verschil tussen totale N aanvoer en totale N afvoer oogst en vervluchtiging.

	Akkerbouw 1 P	Akkerbouw 1 WC	Akkerbouw 2 P	Akkerbouw 2 WC	Akkerbouw 3 P	Akkerbouw 3 WC
N-afvoer door oogst hoofdproduct	162	162	99	123	97	124
N-afvoer door oogst bijproduct	6	6	7	7	1	0
Totale N-afvoer oogst	168	168	106	130	98	124
NH ₃ vervluchtiging	10	20	9	19	15	19
N-overschot	149	100	85	91	85	112
Oogst hoofdproduct ton	39	29	29	30	44	58
Oogst bijproduct ton	1	1	1	1	0	0

	Akkerbouw 4 P	Akkerbouw 4 WC	Akkerbouw 5 P	Akkerbouw 5 WC	Akkerbouw 6 P	Akkerbouw 6 WC
N-afvoer door oogst hoofdproduct	144	135	136	135	94	94
N-afvoer door oogst bijproduct	11	9	11	12	7	7
Totale N-afvoer oogst	154	144	147	147	110	118
NH ₃ vervluchtiging	15	19	15	19	10	18
N-overschot	2	95	70	98	56	98
Oogst hoofdproduct ton	39	33	28	28	23	25
Oogst bijproduct ton	2	2	3	3	2	2

Tabel B2.5 Directe en indirecte lachgasemissies in CO₂ equivalenten bij de verschillende bouwplannen).

	Akkerbouw 1 P	Akkerbouw 1 WC	Akkerbouw 2 P	Akkerbouw 2 WC	Akkerbouw 3 P	Akkerbouw 3 WC
Directe emissies totaal	940	2175	1118	1953	1594	2026
Dierlijke mest	0	1427	465	1427	1175	1427
Kunstmest	791	599	477	334	188	289
N-binding	0	0	0	0	0	0
Gewasresten	149	149	176	192	232	310
Indirecte emissies	545	683	329	600	458	477
Uitspoeling	503	574	281	498	375	375
Ammoniak & NO _x depositie	42	109	48	103	82	102
Totaal	1485	2858	1238	2553	2052	2503

	Akkerbouw 4 P	Akkerbouw 4 WC	Akkerbouw 5 P	Akkerbouw 5 WC	Akkerbouw 6 P	Akkerbouw 6 WC
Directe emissies totaal	1511	2041	1645	2065	977	1685
Dierlijke mest	1233	1427	1025	1427	636	1427
Kunstmest	0	336	296	314	114	30
N-binding	0	0	0	0	0	0
Gewasresten	278	277	324	324	227	227
Indirecte emissies	87	541	287	510	344	611
Uitspoeling	5	438	207	408	293	516
Ammoniak & NO _x depositie	82	103	79	102	51	96
Totaal	1597	2582	1932	2576	1321	2296

Tabel B2.6 Indirecte emissies door het gebruik van kunstmest op de verschillende bedrijven die opgetreden zijn bij de productie in CO₂ equivalenten.

	Akkerbouw 1 P	Akkerbouw 1 WC	Akkerbouw 2 P	Akkerbouw 2 WC	Akkerbouw 3 P	Akkerbouw 3 WC
Productie kunstmest	1232	980	465	546	308	473

	Akkerbouw 4 P	Akkerbouw 4 WC	Akkerbouw 5 P	Akkerbouw 5 WC	Akkerbouw 6 P	Akkerbouw 6 WC
Productie kunstmest	0	550	356	513	261	49

Bijlage 3 Gegevens van telers

Tabel B3.1 Arealen en gewassen van deelnemende SMK-telers.

	Akker- bouw 1	Akker- bouw 2	Akker- bouw 3	Akker- bouw 4	Akker- bouw 5	Akker- bouw 6	Vol.groen- teteelt 1	Boom- teelt 1
Areaal ha Gewassen ha	13,3	123,25	83,25	232,98	28,71	113	1.379	22,6
C-aardappelen laat	7,5	22,5	20,3	37,83	0	4,5	195	
C-aardappelen vroeg	0	16	8,85	0	0	0		
Wintertarwe	3,7	38	3,4	77,1	10,55	6,5		
Suikerbieten	1,1	13,75	12,65	71,82	8,66	30	60	
Wortelen	0	10,2	11,5	0	0	0		
Plantuien	0	4,4	0	0	0	0		
Graszaad	0	18,4	0	0	0	0		
Zaaiuien	0	0	12,3	0	0	0		
Veldbonen	0	0	12	0	0	0		
Grasland	0	0	2,25	6,59	0	0		
Zomergerst	0	0	0	31,44	0	0		
Wintergerst	0	0	0	8,2	3,5	8,5		
Brouwgerst	0	0	0	0	4,75	50		
Asperge	0	0	0	0	1,25	0		
Winterrogge	0	0	0	0	0	3		
Mais	0	0	0	0	0	6,5		
IJsbergsla							350	
Spinazie							200	
Romana							100	
Andijvie							98	
Krulandijvie							33	
Radijs							30	
Rabarber							2,5	
Chinese kool							95	
Boerenkool							60	
Laanbomen: opzetters								17
Laanbomen: onderstammen								0,3
Laanbomen: spillen								1,2
Tagetes								4,6
Braak	0	0	0	0	0	4	0	0
Groenbemester				ja, maar ha niet bekend*	13,55	ja, maar ha niet bekend*		
Stro hakselen				ja				

Tabel B3.2 N aanvoer door bemesting, depositie en gewasresten in de praktijksituaties (behalve voor de vollegrondsgroenteteelt).

Kg N/ha	Akkerb.	Akkerb.	Akkerb.	Akkerb.	Akkerb.	Akkerb.	Vol.Groente	Boomteelt
	1 P	2 P	3 P	4 P	5 P	6 P	WC 1	P 1
VDM	0	55	140	147	122	76	170	
KAS	76	13	41	0	7	0	70	
urean	0	61	0	0	58	50		
ZZA	99	31	0	0	0	0		
26-14	96	0	0	0	0	0		
entec								98
Andere kunstmest								57
Compost								58
<i>Totale N bemesting</i>	<i>271</i>	<i>160</i>	<i>181</i>	<i>147</i>	<i>187</i>	<i>126</i>	<i>240</i>	<i>213</i>
<i>Werkzame N-bemesting</i>	<i>271</i>	<i>138</i>	<i>125</i>	<i>88</i>	<i>139</i>	<i>96</i>	<i>172</i>	<i>161</i>
N depositie	24	24	24	24	24	24	24	24
N gewasresten	32	38	49	59	69	49	57	Onbekend
N binding	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Totale N aanvoer</i>	<i>327</i>	<i>200</i>	<i>198</i>	<i>171</i>	<i>232</i>	<i>168</i>	<i>264</i>	<i>237</i>

Bijlage 4 Systeem van bepaling geleide bemesting

Hoe stel ik mijn eigen GB systeem samen

Het mag inmiddels duidelijk zijn dat een GB systeem is opgebouwd uit meerdere onderdelen en dat de meest passende combinatie van onderdelen verschillen per situatie, waarin een situatie een combinatie is van bodem en gewas/teelt.

Onderstaand schema geeft een serie vragen, die, wanneer beantwoord voor een specifieke situatie perceel x gewas/teelt leiden tot praktische toepassingsmogelijkheden (GB onderdelen) die samen een op die specifieke situatie toegespitst GB-systeem opleveren.

Gebruiksaanwijzing

De startvraag naar homogeniteit van het perceel in de horizontale kolom bovenaan is nodig om te bepalen of een perceel plaats specifiek bemest moet worden of dat een perceelsgemiddelde bemesting kan volstaan. Voor zowel plaats specifiek bemesten als voor een perceelsgemiddelde bemesting gelden daarna in principe dezelfde vragen, gevolgen en toepasbare GB onderdelen in de drie kolommen. Het enige verschil is dat in plaats specifiek bemesten de antwoorden op die vragen van plek tot plek kunnen verschillen, terwijl in perceelsgemiddelde bemesting de gemiddelde situatie van het hele perceel wordt genomen als uitgangspunt.

De vragen 1 t/m 7 in de eerste kolom "Vragen naar situatie perceel en gewas" moeten alle 7 beantwoord worden met "ja" of "nee".

Ieder antwoord "ja" of "nee" op alle zeven vragen leidt tot 1 of 2 directe gevolgen genoemd in de tweede kolom.

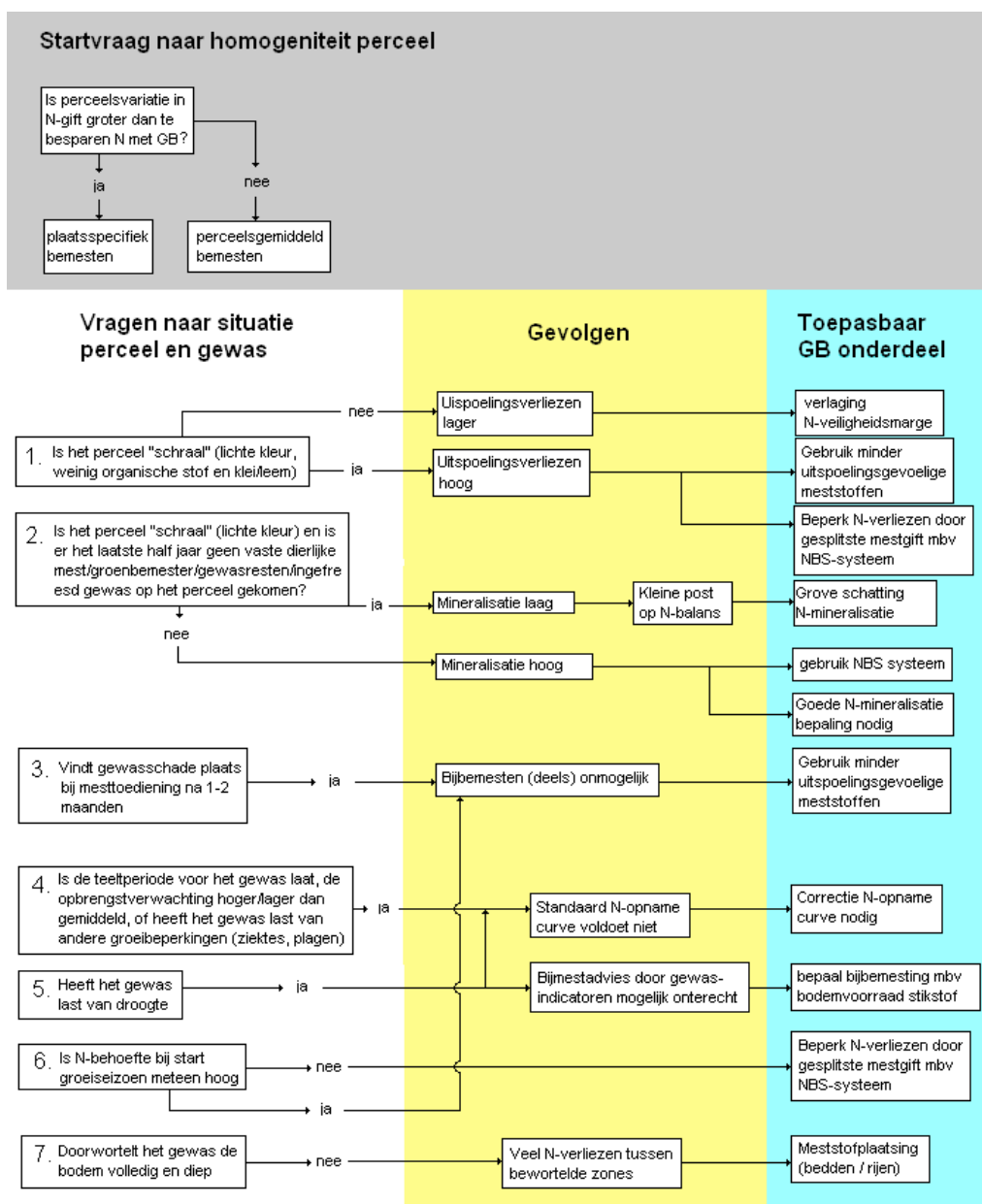
Die gevolgen leiden direct naar passende praktische trucs uit het Geleide Bemestings arsenaal in de kolom "Toepasbaar GB onderdeel". Na langslopen van alle vragen, bijbehorende gevolgen en toepassingen ontstaat er zo een lijstje van toepasbare GB onderdelen, die samen tot een op de situatie toegespitst GB systeem kunnen worden gemaakt.

Voorbeeld

Ik heb een homogeen schraal perceel, waar wel kort geleden een mislukt gewas is ingefreesd en waarop ik nu een late prei teelt wil starten.

Antwoord op de startvraag "Is perceelsvariatie groter dan te besparen N met GB" is "nee", het perceel is homogeen genoeg om perceelsgemiddeld te kunnen bemesten.

Vragen naar situatie p & g	Gevolgen	Toepasbare GB-onderdelen
1: "ja"	Uitspoelingsverliezen hoog	Gebruik minder uitspoelingsgevoelige meststoffen meerdere kleine mestgiften
2: "nee" (wel ingefreesd gewas in laatste half jaar)	Mineralisatie hoog	Gebruik NBS met N-levering-bodem door de tijd Nauwkeurige N-mineralisatie bepaling nodig
3: "nee"		
4: "ja" late teeltperiode	Standaard N-opnamecurve fout	Kies opnamecurve voor late preiteelt of corrigeer N-opnamecurve (hoger in beginperiode lager in eindperiode)
5: antwoord tijdens teelt		
6: "nee"		Beperk N-verliezen door gesplitste mestgift mbv NBS-systeem
7: "nee"	Veel N-verliezen tussen de bewortelde zones	Meststofplaatsing (rijen)



Twee mogelijke GB-systemen voor deze situatie samengesteld uit de onderdelen in de laatste kolom zijn:

- Gebruik van een NBS-systeem met meerdere kleine mestgiften, keuze voor NBS-bodem om N-levering bodem door de tijd (i.v.m. ingefreesd gewas) met een correctie van de standaard opnamecurve (laat gewas heeft hogere opname bij start en lagere N-opname aan eind teeltperiode), meststofplaatsing niet mogelijk i.v.m. gevolgen voor NBS-bodem.
- Gebruik van een NBS-systeem met meerdere kleine giften, keuze voor NBS-gewas (Crop-Scan) om standaard N-opnamecurve uit NBS-bodem te vermijden, aangevuld met nauwkeurige N-mineralisatie bepaling i.v.m. ingefreesd gewas en meststofplaatsing van eerste gift(en) naast rijen, om N-uitspoeling tussen bewortelde zones tegen te gaan.

Bijlage 4 geheel overgenomen uit "Radersma S., W.C.A. van Geel, C. Grashoff, G.J. Molema en N.S. van Wees 2004, Geleide bemesting in de open teelten: Ontwikkeling van systemen PPO 334, PPO-AGV, Lelystad." Met medewerking en toestemming van PPO.

Bijlage 5 Broeikasgasemissies landbouw

Tabel B5.1 Emissies van 3 broeikasgassen door de land- en tuinbouw (in Mton CO₂-eq.) en het aandeel van de afzonderlijke broeikasgassen in het totaal vanuit de landbouw (uitgedrukt in CO₂-eq.).

Jaar	(CO ₂)	(CH ₄)	(N ₂ O)	Totaal landbouw*	Totaal NL*	Percentage landbouw	Percentage CO ₂	Percentage CH ₄	Percentage N ₂ O
	<i>Mton CO₂-eq.</i>								
1990	8,5	10,5	11,6	30,6	204,7	15,0%	27,7%	34,3%	37,9%
1991	8,5	10,6	11,9	31,0	210,3	14,8%	27,5%	34,3%	38,3%
1992	8,7	10,4	12,5	31,6	208,6	15,1%	27,5%	32,9%	39,6%
1993	9,0	10,4	12,7	32,2	213,5	15,1%	28,0%	32,5%	39,5%
1994	8,6	10,1	12,3	31,0	212,0	14,6%	27,8%	32,6%	39,6%
1995	8,5	10,4	12,8	31,7	215,7	14,7%	26,9%	32,7%	40,4%
1996	9,0	10,0	12,6	31,6	221,8	14,2%	28,5%	31,7%	39,8%
1997	7,6	9,9	12,5	30,0	214,1	14,0%	25,4%	33,0%	41,6%
1998	7,6	9,5	12,2	29,3	215,1	13,6%	26,0%	32,4%	41,6%
1999	7,3	9,4	11,8	28,5	207,8	13,7%	25,6%	33,0%	41,4%
2000	7,6	9,1	10,8	27,6	207,9	13,3%	27,7%	33,0%	39,3%
2001	7,4	9,2	10,4	27,0	212,0	12,7%	27,3%	34,1%	38,6%
2002	7,4	8,7	9,9	26,0	210,8	12,3%	28,4%	33,6%	38,0%
2003	7,2	8,8	9,5	25,5	214,0	11,9%	28,3%	34,4%	37,3%
2004	7,1	8,8	9,5	25,5	215,7	11,8%	28,0%	34,6%	37,3%
2005	7,3	8,8	9,5	25,6	209,9	12,2%	28,4%	34,5%	37,1%
2006	7,6	8,8	9,4	25,8	205,4	12,6%	29,4%	34,1%	36,5%

* Dit totaal betreft alleen het totaal van de 3 genoemde broeikasgassen.

Tabel B5.2 Emissies van lachgas per bron door de land- en tuinbouw in CO₂-eq.

Jaar	Mestaan- wending	Uit- en afspoe- ling	Kunst- mestge- bruik	Stal en mestopslag	Beweid- ding	Atmosferi- sche deposi- tie	Overig	Totaal
	<i>Mton CO₂-eq.</i>							
1990	1,7	3,9	2,1	0,8	1,3	1,0	0,8	11,6
1991	1,8	3,9	2,1	0,9	1,5	1,0	0,8	11,9
1992	2,7	3,8	2,0	0,9	1,4	0,9	0,8	12,5
1993	3,0	3,9	2,0	0,9	1,3	0,9	0,7	12,7
1994	3,1	3,7	1,9	0,9	1,2	0,8	0,7	12,3
1995	3,4	3,8	2,1	0,9	1,2	0,7	0,7	12,8
1996	3,3	3,7	2,0	0,9	1,3	0,7	0,7	12,6
1997	3,2	3,7	2,1	0,9	1,2	0,7	0,7	12,5
1998	3,2	3,6	2,1	0,9	1,0	0,6	0,7	12,2
1999	3,2	3,4	2,0	1,0	0,9	0,6	0,7	11,8
2000	3,0	3,1	1,8	0,9	0,8	0,6	0,7	10,8
2001	3,0	3,0	1,5	0,9	0,9	0,5	0,7	10,4
2002	2,8	2,8	1,4	0,9	0,7	0,5	0,7	9,9
2003	2,7	2,7	1,4	0,7	0,7	0,5	0,7	9,5
2004	2,7	2,7	1,5	0,8	0,6	0,5	0,7	9,5
2005	2,7	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,7	9,5
2006	2,7	2,7	1,4	0,9	0,6	0,5	0,7	9,4

Tabel B5.3 Emissies van 3 broeikasgassen en aandeel land- en tuinbouw per broeikas in totale emissie.

Jaar	(CO ₂)	(CH ₄)	(N ₂ O)	Totaal broeikas gassen*	CO ₂ land- bouw	% land- bouw	CH ₄ land- bouw	% land- bouw	N ₂ O land- bouw	% land- bouw
1990	159,4	25,4	19,9	204,7	8,5	5,3%	10,5	41,3%	11,6	58,2%
1991	164,3	25,7	20,3	210,3	8,5	5,2%	10,6	41,4%	11,9	58,6%
1992	162,4	25,2	21,0	208,6	8,7	5,3%	10,4	41,3%	12,5	59,6%
1993	166,8	24,9	21,8	213,5	9,0	5,4%	10,4	41,9%	12,7	58,4%
1994	166,8	24,1	21,2	212,0	8,6	5,2%	10,1	41,9%	12,3	58,0%
1995	170,6	23,8	21,3	215,7	8,5	5,0%	10,4	43,6%	12,8	60,1%
1996	177,7	23,0	21,1	221,8	9,0	5,1%	10,0	43,5%	12,6	59,6%
1997	171,2	22,0	20,9	214,1	7,6	4,4%	9,9	45,0%	12,5	59,6%
1998	173,3	21,1	20,7	215,1	7,6	4,4%	9,5	44,9%	12,2	59,1%
1999	167,8	20,1	19,9	207,8	7,3	4,4%	9,4	46,8%	11,8	59,4%
2000	169,6	19,2	19,0	207,9	7,6	4,5%	9,1	47,3%	10,8	57,0%
2001	175,2	18,8	18,0	212,0	7,4	4,2%	9,2	48,9%	10,4	58,0%
2002	175,8	18,0	17,1	210,8	7,4	4,2%	8,7	48,6%	9,9	57,6%
2003	179,7	17,5	16,8	214,0	7,2	4,0%	8,8	50,1%	9,5	56,6%
2004	181,1	17,3	17,3	215,7	7,1	3,9%	8,8	51,2%	9,5	54,9%
2005	175,9	16,8	17,1	209,9	7,3	4,1%	8,8	52,3%	9,5	55,4%
2006	172,2	16,3	16,9	205,4	7,6	4,4%	8,8	54,0%	9,4	55,6%
2007*	172,0	15,7	15,5	203,2						

Bron: <http://www.milieuennatuurcompendium.nl/indicatoren/nl0100-Broeikasgasemissies-door-de-land--en-tuinbouw.html?i=11-67>

Bijlage 6 Organische stoflevering van gewassen, groenbemesters en mest

Gemiddelde effectieve organische stoflevering van gewassen

De waarden gelden bij gemiddelde opbrengsten.

Naar gelang de opbrengst hoger of lager is, dienen de waarden te worden gecorrigeerd.

Gewas	Effectieve organische stoflevering kg/ha/jaar	Opmerking
Aardbeien	300	
Achillea	0	
Aconitum (monnikskap)	0	
Agapanthus (Afrikaanse lelie)	0	
Alchemilla mollis	0	
Allium (sierui)	300	
Amaranthus	0	
Andijvie	450	
Anjer (tros-)	250	
Anthirrhinum (leeuwebek)	0	
Asclepias	0	
Asperges (aanleg)	0	
Asperges (bestaand), excl. stro	1000	
Aster	250	
Astilbe spirea	0	
Astrantia	0	
Augurken	250	
Begonia (knol)	0	
Bieslook	300	
Bladramenas	850	
Bladspinazie	300	
Blauwmaanzaad	750	
Bleekselderij	450	
Bloemkool, incl. gewasresten	1150	1000, excl. gewasresten
Boerenkool, incl. gewasresten	900	750, excl. gewasresten
Bollen bijgoed	0	
Bonen (overige), incl. gewasresten	650	170, excl. gewasresten
Bosuien	300	
Broccoli	1150	
Brouwerst, excl. stro	1310	1940, inclusief stro
Bupleurum	0	
Campanula	0	

Gewas	Effectieve organische stoflevering kg/ha/jaar	Opmerking
Carthamus	0	
Chelone	0	
Chinese kool	450	
Chrysant	0	
Cichorei	700	
Conserven-erwten, excl. gewasresten	170	1000, incl. gewasresten
Consumptieaardappelen	875	
Courgettes	250	
Crocussen	150	
Crocussen geel	150	
Dahlia voor de bloem, incl. gewasresten	750	
Dahlia, incl. gewasresten	750	
Delphinium (ridderspoor)	0	
Dicentra	0	
Droogbloemen	0	
Duizendschoon (dianthus barbatus)	0	
Echinops (kogeldistel)	0	
Eremurus (naald van Cleopatra)	0	
Erwten (overige), excl. gewasresten	170	1000, incl. gewasresten
Gentiaan	0	
Gladiolen kralen	1000	
Gladiolen pitten	1900	
Graanplantsilage	750	
Graszaad	2300	gemiddelde van aantal grassoorten en eerste jaars
Groenbemesters	1000	gemiddelde van de meest voorkomende groenbemesters
Gypsophila (gipskruid)	0	
Haver, excl. stro	1570	2470, incl. stro
Helenium	0	
Helianthus (zonnebloem)	0	
Helleborus (kerstroos)	0	
Hennep	660	
Hortensia	0	
Hosta	0	
Hyacinten	350	
Hypericum	0	
Irissen	400	
Japanse uien	300	
Karwij, incl. stro	1275	

Gewas	Effectieve organische stoflevering kg/ha/jaar	Opmerking
Kervel	300	
Klaver	1200	
Knoflook	300	
Knolselderij, incl. loof	1000	400, excl. loof
Knolvenkel, excl. loof	400	750, incl. loof
Kool (overige)	1150	
Koolraap, excl. loof	550	1150, incl. loof
Koolrabi - Zaadteelt	300	
Koolrabi, excl. bladresten	300	550, incl. bladresten
Koolzaad	975	
Kruiden	300	
Kunstweide:	1600	
Kunstweide: jaar van inzaai	450	
Kunstweide: 1 jaar (totaal)	1175	
Kunstweide: 2 jaar (totaal)	2575	
Kunstweide: 3 jaar (totaal)	3975	
Landbouwerwten, excl. loof	200	
Lathyrus	0	
Lelies	450	
Limonium	0	
Luzerne (1 jaar)	1150	
Luzerne (2 jaar totaal)	1550	
Luzerne (3 jaar totaal)	2050	
Lysimachia	0	
Matthiola (violier)	0	
Narcis grofbollig	700	
Narcis kleinbollig	200	
Narcissen	500	
Nigella	0	
Ornithogalum (vogelmelk)	0	
Paksoi	450	
Papaver	0	
Parijse wortelen	700	
Peterselie	250	
Peulen	170	
Phlox	0	
Physalis (lampionplant)	0	
Picklers uien	300	

Gewas	Effectieve organische stoflevering kg/ha/jaar	Opmerking
Pioen / Paeonia	0	
Plantuien	300	
Pompoen	350	
Pootaardappelen	875	
Prei, incl. bladresten	450	100, excl. bladresten
Raapstelen	0	
Rabarber	0	
Radicchio rosso	300	
Radijs	0	
Rettich	700	
Rode bieten (kroten)	600	
Rode kool, incl. oogstresten	1150	1000, excl. oogstresten
Roodlof	300	
Rudbeckia	0	
Savoieikool, incl. oogstresten	1440	1000, excl. oogstresten
Scabiosa (duifkruid)	0	
Schorseneren	600	
Sjalotten	500	
Sla (krop)	300	
Sluitkool	1150	
Snijmaïs continueelt	660	
Snijmaïs vruchtwisseling	660	
Solidago (gulden roede)	0	
Spitskool, incl. oogstresten	1150	1000, excl. oogstresten
Spruitkool, excl. stammen	1300	2000, incl. stammen
Stambonen	650	
Stamslabonen, incl. stro	650	
Stamsnijbonen, incl. oogstresten	650	170, excl. oogstresten
Stoksperciebonen	650	
Suikerbieten, incl. blad/kop resten	1275	375, excl. blad/kop resten
Triticale, excl. stro	1600	2530, incl. stro
Tuinbonen, incl. oogstresten	650	
Tulpen	500	
Veldbonen	170	1000, incl. oogstresten
Veronica	0	
Vlas	100	
Voederbieten, incl. blad/kop resten	1275	375, excl. blad/kop resten
Vroege aardappelen	875	

Gewas	Effectieve organische stoflevering kg/ha/jaar	Opmerking
Waspeen	700	
Wikken	645	
Wintergerst, excl. stro	1570	2350, incl. stro
Winterrogge, excl. stro	1020	1500, incl. stro
Wintertarwe, excl. stro	1640	2630, incl. stro
Winterwortelen	700	
Witlof	500	
Witte kool, incl. oogstresten	1150	1000, excl. oogstresten
Wortels (overige)	100	
Yssla	450	
Zaadbieten, excl. oogstresten	450	
Zaaibedden	0	
Zaigoed bloemen	0	
Zaaiuien, incl. oogstresten	300	500, excl. oogstresten
Zantedeschia (calla of aronskelk)	0	
Zetmeelaardappelen	875	
Zilveruien, incl. oogstresten	300	500, excl. oogstresten
Zomergerst, excl. stro	1310	1940, incl. stro
Zomerrogge, excl. stro	1310	1940, incl. stro
Zomertarwe, excl. stro	1630	2590, incl. stro
Zomerwortelen	700	
Overige akkerbouwgewassen	0	
Overige groentegewassen	0	
Overige bloembollen	0	
Overige bloemgewassen	0	
CCM maïs	1900	
Korrelmaïs	2200	

Gemiddelde effectieve organische stoflevering van mest

De bijdrage effectieve organische stof is afhankelijk van de samenstelling van de mest. Deze wordt voornamelijk beïnvloed door het rantsoen en eventueel speelwater.

Mestaanvoer	Effectieve organische stoflevering kg/ton
Rundveedrijfmest	33
Varkensdrijfmest	20
Vast kippenmest	143
GFT-compost	183

Gemiddelde effectieve organische stoflevering van groenbemesters

De waarden gelden bij gemiddelde opbrengsten.
Naar gelang de opbrengst hoger of lager is, dienen de waarden te worden gecorrigeerd.

Groenbemester	Effectieve organische stoflevering kg/ha/jaar	
	Onder dekvruucht	In de stoppel
Italiaans/westerwolds raaigras	1255	1080
Engels raaigras	1155	980
Rode klaver	1165	
1-jarige rode klaver	795	
Witte klaver	850	
1-jarige witte klaver	900	
Hopperups klaver	790	
Bladrammenas, gele mosterd		850
Wikken		645
Bladkool		840
Zomerkoolzaad		770
Stoppelknollen		830
Phacelia	850	850
Tagetes (Afrikaantjes)		865
Winterrogge	850	850
Teunisbloem	700	700
Perspotten	1600	
Stro per ton	240	

Bron BLGG. www.bemestingswijzer.nl