

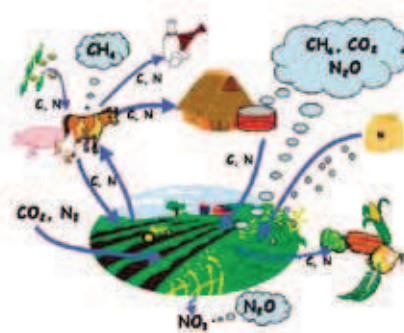


ALTEERRA

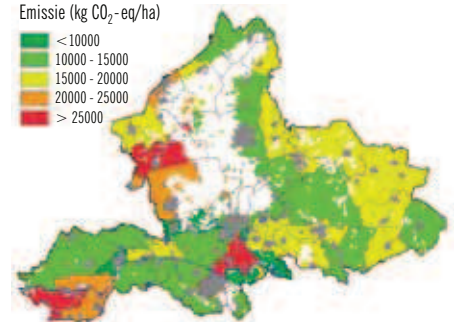
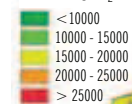
WAGENINGEN UR

Nulmeting emissie broeikasgassen Gelderse land- en tuinbouw

J.P. Lesschen
P.J. Kuikman
I. van den Wyngaert



Emissie (kg CO₂-eq/ha)



Alterra-rapport 1891, ISSN 1566-7197

Nulmeting emissie broeikasgassen Gelderse land- en tuinbouw

Nulmeting emissie broeikasgassen Gelderse land- en tuinbouw

J.P. Lesschen

P.J. Kuikman

I. van den Wyngaert

Alterra-Rapport 1891

Alterra, Wageningen, 2009

REFERAAT

Lesschen, J.P., P.J. Kuikman & I. van den Wyngaert, 2009. *Nulmeting emissie broeikasgassen Gelderse land- en tuinbouw*. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 1891 Nulmeting broeikasgassen Gelderland.doc. 58 blz.; 14 fig.; 19 tab.; 29 ref.

In het Gelders Klimaatprogramma “Aanpakken en Aanpassen” beoogt de provincie Gelderland bijdragen te leveren aan de kabinetsdoelstellingen voor emissiereductie broeikasgassen. Hiervoor is afgesproken een nulmeting uit te voeren met als doel het kwantificeren en het ruimtelijk in beeld brengen van de broeikasgasemissies uit de Gelderse land- en tuinbouw voor de jaren 1990 en 2005. Voor de melkveehouderij, varkenshouderij en glastuinbouw is een trendanalyse gerapporteerd van de te verwachten emissies en het effect van een aantal emissiebeperkende maatregelen. De berekeningen van de broeikasgasemissies zijn uitgevoerd met het Miterra model op gemeenteniveau volgens de systematiek van het IPCC en het Nationaal Systeem voor emissie broeikasgassen. De resultaten laten zien dat de totale broeikasgasemissie uit de Gelderse land- en tuinbouw met bijna 18% is gedaald in de periode 1990-2005. Wel zijn de verschillen tussen de agrosectoren onderling groot. De melkveehouderij sector is de grootste bron van broeikasgasemissies met 48% van alle broeikasgasemissies uit de Gelderse land- en tuinbouw. De trendanalyse laten zien dat er in de Gelderse land- en tuinbouw zeer zeker kansen zijn voor verdere vermindering van de broeikasgasemissies, maar dat er ook een reëel risico is op verhoging van die emissies. Mestvergisting biedt zowel in de melkveehouderij als varkenshouderij goede perspectieven voor een aanzienlijke vermindering van de emissies. De benodigde hoeveelheid co-substraat kan echter een beperking vormen voor grootschalige toepassing.

Trefwoorden: broeikasgassen, emissies, maatregelen, landbouw, agrosectoren, Gelderland

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar ‘Alterra-rapporten’). Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.boomblad.nl/rapportenservice.

Bron foto voorpagina mestvergister: ASG

© 2009 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 480700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

[Alterra-Rapport 1891/juli/2009]

Woord vooraf

Deze studie “Nulmeting emissie broeikasgassen Gelderse land- en tuinbouw” is uitgevoerd in opdracht van de provincie Gelderland, als onderdeel van het Gelderse Klimaatprogramma 2008-2011. Daarin wordt aangegeven dat de primaire landbouwsector de potentie heeft om netto duurzame energieleverancier te worden. Ook ligt er de ambitie om de uitstoot van broeikasgassen methaan en lachgas terug te dringen. In de Gelderse land- en tuinbouw, inclusief de verwerkende industrie, is sprake van grote hoeveelheden biomassa. Hier liggen grote uitdagingen en kansen.

De provincie ondersteunt de ontwikkeling van klimaatneutrale landbouwsystemen door samen met Gelderse ondernemers, overheden en kennisinstellingen pilots en een Community of Practice te starten.

De studie is vanuit de provincie begeleid door Fons Goselink (senior beleidsmedewerker, domein beleid en strategie, team Milieu, Water en Landelijk Gebied) en Jeroen Sluijsmans (projectleider biobased economy). Deze nulmeting verschaft de informatiebasis voor de Community of Practice om maatregelen voor reductie broeikasgassen op effect te kunnen toetsen. Hopelijk inspireert de studie ondernemers, bedrijven, organisaties en overheden om initiatieven te nemen op weg naar een klimaatneutrale landbouw.

Alterra, Wageningen, april 2009

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	9
1. Introductie.....	11
1.1 Achtergrond.....	11
1.2 Doel.....	11
1.3 Aanpak en afbakening.....	12
2. Bronnen van broeikasgasemissies in de landbouw.....	13
3. Methodologie.....	17
3.1 Methodiek voor de berekening van broeikasgasemissies.....	17
3.1.1 Basisdata.....	17
3.1.2 Methaanemissie.....	18
3.1.3 Lachgasemissie.....	20
3.1.4 CO ₂ emissie energieverbruik.....	20
3.1.5 CO ₂ emissie landgebruik bos.....	21
3.2 Basisdata voor 2005.....	23
3.3 Basisdata en aannames voor 1990.....	25
4. Nulmeting broeikasgasemissies.....	27
4.1 Broeikasgasemissies uit de landbouw voor 2005.....	27
4.2 Broeikasgasemissies uit de landbouw voor 1990.....	31
4.3 Vergelijking broeikasgasemissies 1990 en 2005.....	34
4.4 Broeikasgasemissies gerelateerd aan het landgebruik bos.....	35
5. Effect van economische en technologische ontwikkelingen op broeikasgasemissies.....	37
5.1 Melkveehouderij.....	37
5.1.1 Afschaffing melkquota.....	37
5.1.2 Hogere melkproductie per koe.....	39
5.1.3 Minder jongvee.....	39
5.1.4 Aanpassingen in de melkveevoeding.....	40
5.1.5 Mestvergisting.....	41
5.1.6 Resultaten melkveehouderij.....	41
5.2 Varkenshouderij.....	43
5.3 Glastuinbouw.....	47
5.3.1 Uitbreiding areaal glastuinbouw.....	47
5.3.2 Energiebesparing in de glastuinbouw.....	48
5.3.3 Resultaten glastuinbouw.....	49
6. Conclusies en aanbevelingen.....	51
6.1 Nulmeting broeikasgasemissies.....	51
6.2 Effect van economische en technologische ontwikkelingen op broeikasgasemissies.....	52
Referenties.....	55
Begrippenlijst.....	57

Samenvatting

In het Gelders Klimaatprogramma “Aanpakken en Aanpassen” beoogt de provincie Gelderland bijdragen te leveren aan de kabinetsdoelstellingen voor 2020: 30% emissiereductie broeikasgassen en voor 2050 een reductie van 90% ten opzichte van 1990. Hiervoor is afgesproken een nulmeting emissie broeikasgassen uit te voeren die een informatiebasis verschaft voor de ‘Community of Practice’ om maatregelen voor reductie van broeikasgassen uit de Gelderse land- en tuinbouw op effectiviteit en effect te kunnen toetsen.

Het doel van deze nulmeting is het kwantificeren en het ruimtelijk in beeld brengen van de broeikasgasemissies uit de Gelderse land- en tuinbouw en het landgebruik bos voor de jaren 1990 (referentiejaar voor Kyoto) en 2005 en uitgesplitst voor de verschillende agrosectoren (melkveehouderij, vleesveehouderij, vleeskalverhouderij, varkenshouderij, pluimveehouderij, overige veehouderij, akkerbouw en vollegrondstuinbouw en glastuinbouw). Op basis van deze uitkomsten wordt een trendanalyse gerapporteerd van de te verwachten emissies en worden een aantal emissiebeperkende maatregelen doorgerekend voor de drie agrosectoren met de hoogste broeikasgasemissies.

De drie belangrijke bronnen van broeikasgassen binnen de landbouw sector zijn methaan (CH₄) emissies door pensfermentatie, CH₄ en lachgas (N₂O) emissies door mestmanagement en N₂O emissies uit landbouwbodems. Daarnaast zijn er ook CO₂ emissies door energieverbruik in de landbouw, vooral de glastuinbouw heeft hoge CO₂ emissies.

De berekeningen van de broeikasgasemissies zijn uitgevoerd met het Miterra model. Hiermee wordt de broeikasgasemissie berekend volgens de systematiek van het IPCC en het Nationaal Systeem voor emissie broeikasgassen en deze wordt ruimtelijk expliciet gemaakt op gemeenteniveau. Het Miterra model kan op eenvoudige en transparante wijze de effecten van het provinciale beleid in de nabije toekomst kwantificeren, waardoor de methodiek ook gebruikt kan worden als instrument voor ex-ante evaluaties van beleid. De meeste basisdata komen uit de regionale landbouwtelling van het CBS, waarbij op gemeenteniveau de dieraantallen, gewasarealen en oppervlaktes glastuinbouw beschikbaar zijn. Voor bos zijn de berekeningen voor veranderingen in koolstof in biomassa en dood hout gebaseerd op de gegevens uit de landelijke bosinventarisatie Meetnet Functie Vervulling (MFV).

De resultaten laten zien dat de totale broeikasgasemissie uit de Gelderse land- en tuinbouw met bijna 18% is gedaald in de periode 1990-2005. Wel zijn de verschillen tussen de agrosectoren onderling groot. In de melkveehouderij en vleesveehouderij zijn de emissies met 26% respectievelijk 33% gedaald, terwijl de emissie in de glastuinbouw met 32% is toegenomen. De verandering in broeikasgasemissies is vooral gerelateerd aan veranderingen in de omvang van de veestapel en het areaal glastuinbouw. De huidige reductie van emissies is dus vooral veroorzaakt door

structurele veranderingen in de agrosectoren en slechts in beperkte mate door emissie reducerende maatregelen.

De melkveehouderij sector is in Gelderland de grootste bron van broeikasgasemissies met 1700 kton CO₂-equivalenten in 2005. Dat is bijna 48% van alle broeikasgasemissies uit de Gelderse land- en tuinbouw. Binnen de melkveehouderij zijn methaan uit pensfermentatie en lachgas uit bodememissies veruit de belangrijkste bronnen. De glastuinbouw is in 2005 qua broeikasgasemissies de tweede sector met een emissie van 516 kton CO₂. Deze emissie wordt vooral veroorzaakt door energieverbruik voor verwarming van kassen. De broeikasgasemissie van de intensieve veeteelt (varkens, pluimvee en vleeskalveren) in Gelderland is relatief beperkt met 23,8% van de totale broeikasgasemissie uit de land- en tuinbouw. De regio's in Gelderland met de hoogste broeikasgasemissies zijn de Gelderse vallei, door de combinatie van melkveehouderij en intensieve veehouderij en de Bommelerwaard en het gebied tussen Arnhem en Nijmegen waar de emissies vooral gerelateerd zijn aan de glastuinbouw.

In de Gelderse bossen neemt de vastlegging van koolstof toe en dit komt vooral door een afname van de houtoogst en afvoer in die periode. De netto koolstofbalans van het landgebruik bos is veranderd van -721 kton CO₂ in 1990 naar -821 kton CO₂ in 2005.

De verkenning van de effecten van economische en technologische ontwikkelingen op de broeikasgasemissies laat zien dat er in de Gelderse landbouw zeer zeker kansen zijn voor verdere vermindering van de broeikasgasemissies in de land- en tuinbouw, maar dat er ook een reëel risico is op verhoging van die emissies. Afschaffing van het melkquotum zal in Gelderland zeer waarschijnlijk leiden tot uitbreiding van de melkveestapel, waarmee ook de broeikasgasemissies zullen toenemen. Een toename van de melkproductiviteit per koe en andere gerichte maatregelen zoals minder jongvee en aanpassingen in de melkveevoeding kunnen zorgen voor een verdere vermindering van de emissies. Mestvergisting biedt zowel in de melkveehouderij als varkenshouderij goede perspectieven voor een aanzienlijke vermindering van de emissies. Deze reductie wordt bereikt door het voorkomen van methaan en lachgas emissies uit mest en de productie van groene energie. De benodigde hoeveelheid co-substraat om mestvergisting voldoende energie te laten leveren en rendabel te maken kan echter een beperking vormen voor grootschalige toepassing. De geplande areaaluitbreiding van glastuinbouw volgens het streekplan van Gelderland vormt een serieuze bedreiging voor de reductie van broeikasgasemissies. Energiebesparende maatregelen kunnen daarentegen leiden tot een flinke reductie van de CO₂ emissie.

1. Introductie

1.1 Achtergrond

In het Gelders Klimaatprogramma “Aanpakken en Aanpassen”, thema Biobased economy, beoogt de provincie Gelderland bijdragen te leveren aan de kabinetsdoelstellingen voor 2020: 30% emissiereductie broeikasgassen en voor 2050 een reductie van 90% ten opzichte van 1990. Dit kan onder andere worden gerealiseerd door het terugdringen van broeikasgasemissies in de land- en tuinbouw en het stimuleren van klimaatneutrale landbouwsystemen (Provincie Gelderland, 2008).

In het Gelders Klimaatprogramma “Aanpakken en Aanpassen” is afgesproken een nulmeting voor klimaatneutrale landbouwsystemen uit te voeren. Het doel van deze nulmeting emissie broeikasgassen uit de Gelderse land- en tuinbouw is het verschaffen van een informatiebasis voor de ‘Community of Practice’ om maatregelen voor reductie van broeikasgassen uit de Gelderse land- en tuinbouw op effectiviteit en effect te kunnen toetsen. Op basis daarvan zullen potentiële pilots voor klimaatneutrale landbouwsystemen worden geïdentificeerd, waar vervolgens projecten voor worden opgericht die in de komende drie jaren kunnen worden uitgevoerd en waarvoor subsidies kunnen worden verleend.

In Nederland draagt de land- en tuinbouw voor ongeveer 13% bij aan de emissie van broeikasgassen vooral door lachgas (N_2O) en methaan (CH_4). In de provincie Gelderland zal het aandeel van de landbouw naar verwachting groter zijn, aangezien Gelderland een relatief groot aandeel landelijk gebied heeft en een aantal regio's met intensieve veeteelt. Lachgas komt vooral vrij uit de bodem als gevolg van bemesting en methaan via pensfermentatie en uit de opslag van dierlijke mest. Voor de landbouw sector is het zinvol om de broeikasgasemissie uit te drukken in CO_2 equivalenten, waarbij methaan per molecuul een 25 maal sterker en lachgas 298 maal sterker broeikasgas is dan CO_2 .

1.2 Doel

Het doel van deze nulmeting is het kwantificeren en het ruimtelijk in beeld brengen van de broeikasgasemissies uit de Gelderse land- en tuinbouw en het landgebruik bos voor de jaren 1990 en 2005 en voor de verschillende agrosectoren. Op basis van deze uitkomsten wordt een trendanalyse gerapporteerd van de te verwachten emissies en worden een aantal emissiebeperkende maatregelen doorgerekend voor de drie agrosectoren met de hoogste broeikasgasemissies (melkveehouderij, glastuinbouw en varkenshouderij).

1.3 Aanpak en afbakening

In deze studie worden de broeikasgasemissies uit de landbouw berekend grotendeels via de systematiek van het Nationaal Systeem. Op basis van deze systematiek rapport Nederland jaarlijks zijn broeikasgasemissies in “National Inventory Reports” (NIR) in het kader van Klimaatverdrag en Kyoto Protocol. Voor de categorie landbouw rapporteert Nederland de methaanemissies door pensfermentatie en mestmanagement, de lachgasemissie door mestmanagement en directe en indirecte lachgasemissies uit landbouwbodems. In deze studie nemen wij deze emissies uit de landbouw mee en daarnaast ook de CO₂ emissies door energieverbruik in de landbouw. Deze laatste emissies vallen volgens de NIR onder de categorie energie. De overige broeikasgasemissies die direct of indirect aan de landbouw gerelateerd kunnen worden, zoals emissies bij de productie van kunstmest, emissies in het buitenland voor de productie van krachtvoer en emissies door transport vallen buiten deze studie.

De broeikasgasemissie wordt berekend voor de verschillende broeikasgassen (CO₂, CH₄ en N₂O) en als totaal uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Zowel totale emissies als emissie per hectare landbouwgrond worden berekend voor de verschillende agrosectoren. De berekening is uitgevoerd voor het jaar 1990 (referentiejaar voor Kyoto) en het jaar 2005. Het jaar 2005 is gekozen omdat alle basisdata voor dat jaar beschikbaar zijn en het valt precies halverwege de periode 1990-2020, de periode waarvoor de eerste doelstellingen van emissiereducties zijn afgesproken. De resultaten zijn gespecificeerd voor de verschillende agrosectoren in Gelderland (melkveehouderij, vleesveehouderij, vleeskalverhouderij, varkenshouderij, pluimveehouderij, overige veehouderij, akkerbouw en vollegrondstuinbouw en glastuinbouw) en daarnaast ook voor het landgebruik bos.

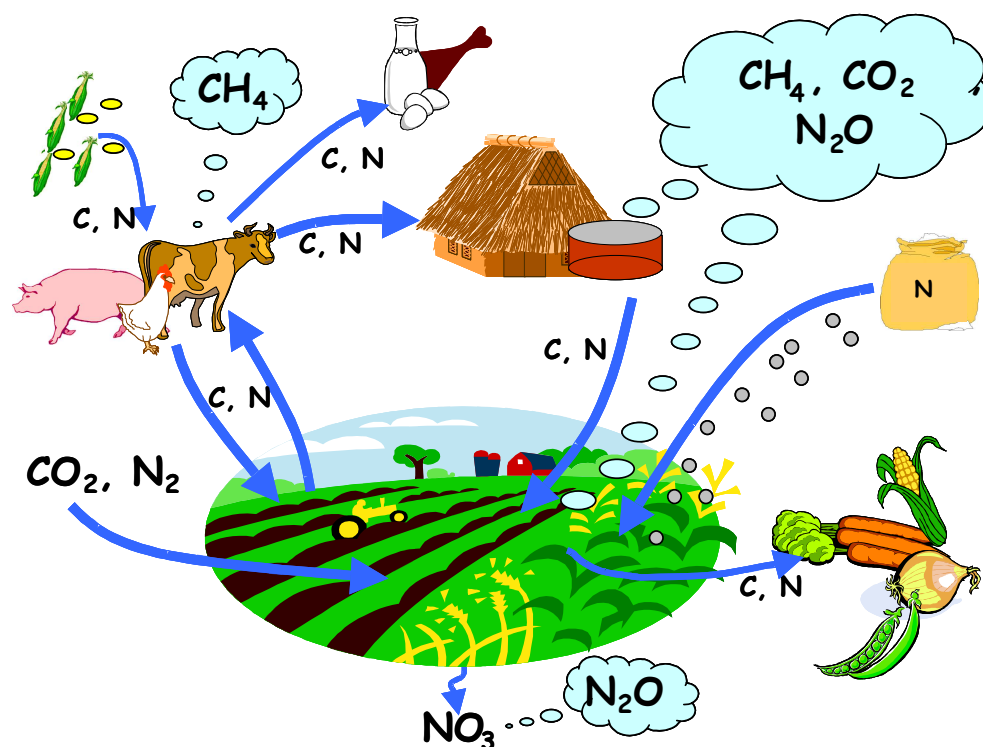
2. Bronnen van broeikasgasemissies in de landbouw

In Nederland vinden emissies plaats van de broeikasgassen kooldioxide (CO_2), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O) als gevolg van landgebruik en landbouw. In Nederland is de landbouw de belangrijkste bron van lachgas en methaan. Glastuinbouw en gebruik van veengronden zijn de belangrijkste bron van CO_2 en bos is de belangrijkste sink van CO_2 in Nederland.

De bijdrage van de landbouw bedroeg in 2006 48% van de totale methaan emissie en 52% van de totale lachgasemissie (Maas et al., 2008). De Nederlandse nationale rapportage voor broeikasgasemissies onderscheidt drie belangrijke bronnen van broeikasgassen binnen de sector landbouw:

- CH_4 emissies door fermentatie
- CH_4 en N_2O emissies door mestmanagement
- N_2O emissies uit landbouwbodems

Daarnaast kan ook de CO_2 door energieverbruik gedeeltelijk aan de landbouw worden toegekend, maar in de nationale rapportage wordt deze emissie onder de categorie energie gerapporteerd. In Figuur 2.1 zijn de verschillende bronnen van broeikasgassen in de landbouw schematisch weergegeven. Tenslotte wordt onder landgebruik de emissie en vastlegging van CO_2 uit bos onderscheiden.



Figuur 2.1. Schematische weergave van de belangrijkste bronnen van broeikasgasemissies in de landbouw en de relatie met de verschillende stromen van stikstof en koolstof in de landbouw

Fermentatie

Methaan is een bijproduct van spijsvertering van voedsel in de magen van herkauwers. Hierbij worden koolhydraten afgebroken door micro-organismen onder anaerobe (zuurstofloze) omstandigheden. De gevormde methaan wordt uitgestoten en dit is nodig om de vertering te laten doorgaan. Zowel herkauwers (koeien, geiten, schapen) als niet-herkauwers (varkens, paarden) produceren CH_4 , maar herkauwers produceren aanzienlijk meer CH_4 per eenheid voer dan niet-herkauwers en dit is een direct gevolg van verschillen in het verteringsstelsel. Herkauwers hebben vier magen en daarmee de capaciteit om (slecht verteerbare) planten met veel cellulose zoals gras toch goed te verteren en om te zetten in melk en vlees. Dit leidt echter ook tot een forse methaanproductie. Een volwassen koe produceert gemiddeld 500 liter methaangas per dag, overeenkomend met 125 kg methaan per koe per jaar. Daarmee gaat circa 10% van de energie die de koe via het voer binnenkrijgt verloren naar de atmosfeer. Bij éénmagigen (niet-herkauwers) verdwijnt minder dan 1% van de energie via methaan emissies.

Mestmanagement

Emissies door mest management omvatten alle emissies uit opslagsystemen voor dierlijke mest. Bij behandeling en opslag van dierlijke mest worden zowel CH_4 als N_2O geproduceerd. Deze emissies zijn gerelateerd aan de hoeveelheid en samenstelling van de mest en hangen verder samen met het type mestopslag en de omstandigheden tijdens de opslag. Bijvoorbeeld, onder aerobe (met zuurstof) omstandigheden tijdens de mestopslag neemt de N_2O emissie in vergelijking met anaerobe (zonder zuurstof) toe terwijl de CH_4 emissie daalt. Een langere duur van de mestopslag en hogere temperaturen leiden echter tot een toename van de CH_4 emissie. In de zomer is de methaanvorming dan ook veel groter dan in de winter. Mestopslagen dragen ongeveer 27% bij aan de totale methaanemissie uit de landbouw. Sinds het einde van de jaren tachtig is de bijdrage van mestopslagen toegenomen, omdat dierlijke mest in de winterperiode niet meer op het land wordt uitgereden en mest daardoor veel langer wordt opgeslagen.

Drie categorieën van dierlijke mestopslagen worden onderscheiden: vloeibare en vaste mestopslagsystemen en mest geproduceerd tijdens het grazen. Verse dunne mest is zuurstofloos en bevat nog een veelal kleine hoeveelheid gemakkelijk afbreekbare organische stof. Deze hoeveelheid komt bij koeien ruwweg overeen met 10% van de oorspronkelijke energiewaarde van het ingenomen voer. Dat betekent dat per koe naast methaan uit pensfermentatie nog een keer 500 liter methaan per dag uit de mest kan worden geproduceerd. Deze hoeveelheid wordt onder optimale omstandigheden – zoals in vergistingsinstallaties – ook inderdaad gerealiseerd. Echter, in de praktijk wordt in mestopslagen minder methaan uit mest geproduceerd dan in een vergister kan worden geproduceerd.

Emissies uit landbouwbodems

In Nederland worden verschillende bronnen van lachgas onderscheiden in de categorie emissies van lachgas uit landbouwbodems:

- Directe N₂O emissies door de input van stikstof uit de bronnen:
 - Toepassing van kunstmest
 - Toedienen van dierlijke mest
 - Gewasresten
 - Gebruik van veenbodems (met ontwatering van veen met oxidatie of afbraak van veen tot CO₂ en stikstofmineralisatie en vorming N₂O tot gevolg)
- N₂O emissies uit dierlijke mest en urine in de wei tijdens beweiden en grazen door vee.
- Indirecte N₂O emissies door uitspoeling en oppervlakkige afstroming van stikstof en door stikstof depositie.

Lachgas wordt in de bodem geproduceerd tijdens de microbiologische processen nitrificatie en denitrificatie. Nitrificatie is de omzetting van ammoniumstikstof (NH₄-N) via een serie tussenproducten in nitriet (NO₂) en nitraat (NO₃). Lachgas ontstaat bij het nitrificatieproces als een bijproduct. Denitrificatie is de microbiologische omzetting van nitriet en nitraat via een serie tussenproducten in onschadelijk stikstofgas (N₂). Lachgas is bij zowel nitrificatie en denitrificatie proces een tussen- of bijproduct. Kunstmest en dierlijke mest zijn de belangrijkste stikstofbronnen in de landbouw en derhalve ook de belangrijkste bronnen van lachgas. De vorming en emissie van lachgas per ha landbouwgrond is zeer hoog in Nederland, in vergelijking tot omliggende landen. Deze relatief hoge emissie hangt samen vooral samen met de hoge input van stikstof per ha en met de aanwezigheid van relatief natte gronden. Overigens komt deze relatief hoge emissie van lachgas in Nederland (nog) niet tot uiting in de berekening van emissies van lachgas uit de Nederlandse landbouw. Nederland berekent wel een hogere emissie van lachgas als gevolg van de wettelijk verplichting om dierlijke mest bij aanwending in de bodem te werken om vorming van ammoniak te verminderen.

Het bemestingsadvies voor grasland is gebaseerd op het stikstofleverend vermogen van de bodem. Dit stikstofleverend vermogen varieert van 50 kg ha⁻¹ jaar⁻¹, voor de zeer humusarme gronden tot 300 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ voor goed ontwaterde veen of klei-opveen gronden. De bijbehorende stikstofjaargiften variëren van respectievelijk 395 tot 230 kg ha⁻¹. In de praktijk is de stikstofbemesting vaak hoger dan het bemestingsadvies. Het bemestingsadvies voor akkerland is afhankelijk van het gewas, de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in het voorjaar en het bodemtype, en is afgeleid voor een maximale financiële opbrengst. De stikstofadviezen variëren tussen 0 en 200 kg N ha⁻¹. Ook in de akkerbouw is de werkelijke stikstofgift vaak hoger dan de geadviseerde stikstofgiften (Velthof et al., 2000).

CO₂ emissies

De emissie van CO₂ in de landbouw door de verbranding van fossiele brandstoffen wordt in de nationale rapportage meegerekend onder de energiesector. Het grootste deel van de CO₂ komt vrij bij het energieverbruik voor verwarming in de glastuinbouw en verhoging van de CO₂ concentratie in kassen. Een kleiner deel van

de CO₂ emissie is gerelateerd aan gebruik van elektriciteit en motorbrandstoffen in de landbouw. De landbouw biedt echter ook mogelijkheden voor mitigatie van broeikasgasemissies door – additionele – vastlegging van koolstof in de bodem als gevolg van gericht management, bijvoorbeeld het gebruik van groenbemesters of het niet ploegen van grasland of door behouden en conserveren van bestaande voorraden koolstof in de bodem.

Landgebruik bos

De Nederlandse nationale rapportage onderscheidt twee subcategorieën binnen het landgebruik bos (hier gebruikt als klasse van landgebruik volgens IPCC, 2003): bos volgens de nationale definitie¹ en bomen die buiten het bos groeien (groepen bomen die niet aan de nationale definitie van bos voldoen). Voor deze categorieën worden emissiefactoren berekend zoals deze berekend zijn voor de nationale UNFCCC rapportage in 2008. Voor bos volgens de nationale definitie dat niet verandert van landgebruik is op basis van de aan/afwezigheid van plots een schatting van het totale areaal gemaakt, met bijbehorende totalen van CO₂ emissie voor Gelderland.

Voor de bovenstaande categorie landgebruik bos worden drie typen emissies gerapporteerd: verandering van koolstofvoorraad in biomassa, verandering van koolstofvoorraad in dood hout en verandering van koolstofvoorraad in (bos)bodems. Op dit moment worden alleen de eerste twee typen emissies gerapporteerd. Voor de bosbodem wordt enkel gerapporteerd dat deze geen bron van koolstofemissie is, maar hoe groot de vastlegging is, is heel onzeker.

¹ Bos is gedefinieerd als een gebied van minimaal 0,5 ha met een minimale breedte van 30 m, met een huidige of potentiële kroonbedekking van 20% of meer en een huidige of potentiële hoogte van de bomen van 5 m of meer. Wegen in het bos van minder dan 6 m breed vallen binnen de definitie.

3. Methodologie

De methodiek voor de nulmeting is beschikbaar in de vorm van het Miterra model. Met dit model wordt de broeikasgasemissie berekend volgens de systematiek van het IPCC en het Nationaal Systeem (<http://www.broeikasgassen.nl/>) en deze wordt ruimtelijk expliciet gemaakt op gemeenteniveau. Het model is gebaseerd op een integraal stikstof- en koolstofmodel waarin de verschillende emissies naar lucht en water worden berekend (Velthof et al., 2009). De belangrijkste bronnen van stikstof (dierlijke mest en urine (N excretie is gebaseerd op rantsoen per diertype, dus incl. krachtvoer), kunstmest, N fixatie en N depositie) worden hierbij meegenomen. Daarnaast berekent het model de methaanemissie uit mestopslagen en pensfermentatie en de verandering in de bodemkoolstof voorraad gebaseerd op een IPCC tier1 benadering. Het Miterra model kan op eenvoudige en transparante wijze de effecten van het provinciale beleid in de nabije toekomst kwantificeren, waardoor de methodiek ook gebruikt worden kan als instrument voor ex-ante evaluaties van beleid.

De rekenmethodiek zoals in deze studie wordt toegepast komt grotendeels overeen met de systematiek van het Nationaal Systeem berekeningen emissies broeikasgassen dat Nederland toepast (www.broeikasgassen.nl). Voor deze studie gebruiken wij echter de nieuwste IPCC richtlijnen (IPCC, 2006). waarin de huidige stand van wetenschappelijke kennis is verwerkt. Deze recente richtlijnen zijn binnenkort ook verplicht voor de nationale rapportages van broeikasgasemissies voor de periode na 2012. Nederland gebruikt nu nog de IPCC richtlijnen van 1996 voor zijn rapportages voor het Kyoto protocol. De belangrijkste verschillen tussen deze twee richtlijnen zijn:

- De omrekeningsfactoren van CH₄ en N₂O naar CO₂ (*GWP* ofwel *global warming potential*), zijn respectievelijk 21 en 310 in de richtlijnen van 1996 en 25 en 298 in de richtlijnen van 2006.
- De N₂O emissie factor voor stikstof toediening aan de bodem is 1,25% in de richtlijnen van 1996 en 1,00% in de richtlijnen van 2006.
- De methaan emissiefactoren voor pensfermentatie en mestmanagement zijn in de richtlijnen van 1996 lager dan in 2006. Voor deze studie maken we echter gebruik van de gedetailleerde Nederlandse data die hetzelfde is als de systematiek van het Nationaal Systeem.

3.1 Methodiek voor de berekening van broeikasgasemissies

3.1.1 Basisdata

De meeste basisdata voor het Miterra model komen uit de regionale landbouwtelling van het CBS, waarbij op gemeenteniveau de dieraantallen, gewasarealen en oppervlaktes glastuinbouw beschikbaar zijn (<http://statline.cbs.nl>). De geproduceerde hoeveelheid stikstof uit dierlijke mest is in Miterra gebaseerd op data

van de Werkgroep Uniformering Mestcijfers (WUM). Deze berekenen elk jaar de N excretie in de stal en in de weide voor 35 verschillende diercategorieën (Tabel 3.1). Het Miterra model verdeelt deze hoeveelheid dierlijke mest vervolgens over de gemeentes en de verschillende gewassen, afhankelijk van de plaatsingsruimte, het gewastype en de mate van beweiding en gecorrigeerd voor de gasvormige stikstofverliezen.

Voor gewasopbrengsten zijn data van de oogstramingen van het CBS gebruikt, die voor de belangrijkste gewassen (granen, aardappels en suikerbieten) op provinciaal niveau beschikbaar zijn. Voor de overige gewassen zijn nationale waarden gebruikt. Voor kunstmestverbruik is alleen nationale data van het CBS beschikbaar. In 1990 was het kunstmestverbruik 412 miljoen kg N en in 2005 279 miljoen kg N. Het Miterra model verdeelt de totale hoeveelheid kunstmest over de verschillende gewassen naar evenredigheid van de N opname.

3.1.2 Methaanemissie

De twee belangrijkste bronnen van methaan uit de landbouw zijn pensfermentatie door herkauwers en emissies gerelateerd aan mestmanagement. In Miterra wordt de methaanemissie berekend met emissiefactoren die gelijk zijn aan de emissiefactoren van het Nationaal Systeem (Van der Maas et al., 2008). Zowel voor pensfermentatie als mestmanagement zijn deze emissiefactoren uitgedrukt in kg CH₄ per dier (Tabel 3.1).

Voor koeien zijn de emissiefactoren voor pensfermentatie berekend volgens de methode van Smink et al. (2005), waarbij de methaanemissie afhankelijk is van de voersamenstelling. De emissiefactoren verschillen daardoor ook per jaar. Voor de overige diercategorieën zijn de standaard waarden van het IPCC gebruikt. De CH₄ emissiefactor voor mestmanagement wordt berekend voor elke diercategorie en hangt af van de fractie vluchtige vaste stoffen in de mest, de potentiële maximale methaanproductie van de mest en een methaan conversiefactor per mestopslagsysteem (Van der Hoek en Van Schijndel, 2006). Mest vergisting is in deze cijfers niet verwerkt, maar de omvang van mestvergisting was in 2005 nog heel beperkt, hooguit een paar bedrijven in Gelderland.

Tabel 3.1. Methaanemissie factoren voor pensfermentatie en mestmanagement (kg CH₄ per dier)

Diercategorie	Pensfermentatie		Mestmanagement	
	1990	2005	1990	2005
Melk- en fokkoeien				
vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	31,0	30,6	6,1	6,5
mannelijk jongvee jonger dan 1 jaar	31,0	36,6	8,5	9,0
vrouwelijk jongvee, 1-2 jaar	55,9	58,7	10,7	11,4
mannelijk jongvee, 1-2 jaar	62,6	65,5	19,4	20,7
vrouwelijk jongvee, 2 jaar en ouder	55,9	58,7	10,7	11,4
melk- en kalkkoeien	108	125	23,3	24,8
stieren voor de fokkerij, 2 jaar en ouder	62,6	65,5	19,4	20,7
Vlees- en weidekoeien				
vleeskalveren, voor de wit vlees productie	8,1	9,6	1,1	1,1
vleeskalveren, voor de rose vlees productie	33,1	34,1	2,6	2,6
vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	31,0	30,6	6,1	6,5
mannelijk jongvee (incl., ossen) jonger dan 1 jaar	34,0	37,4	7,6	8,1
vrouwelijk jongvee, 1-2 jaar	55,9	58,6	10,7	11,4
mannelijk jongvee (incl., ossen), 1-2 jaar	69,1	64,3	16,9	18,0
vrouwelijk jongvee, 2 jaar en ouder	55,9	58,6	10,7	11,4
mannelijk jongvee (incl., ossen), 2 jaar en ouder	69,1	64,3	16,9	18,0
zoog-, mest- en weidekoeien	66,5	73,5	1,5	1,7
Varkens				
vleesvarkens	1,5	1,5	4,6	5,5
opfokzeugen en -beren	1,5	1,5	3,5	3,5
zeugen	1,5	1,5	13,7	13,7
opfokberen 50 kg en meer	1,5	1,5	3,5	3,5
dekrijpe beren	1,5	1,5	8,6	8,6
Pluimvee				
ouderdieren van slachtrassen, jonger dan 18 weken			0,012	0,012
ouderdieren van slachtrassen, 18 weken en ouder			0,030	0,030
legghennen, jonger dan 18 weken			0,037	0,037
legghennen, 18 weken en ouder			0,085	0,085
vleeskuikens			0,019	0,019
jonge eenden voor de slacht			0,050	0,050
kalkoenen			0,071	0,071
Overig vee				
vrouwelijke schapen	8,0	8,0	0,40	0,42
melkgeiten	5,0	5,0	0,59	0,59
paarden	18,0	18,0	5,21	5,28
pony's	18,0	18,0	2,67	2,72
Konijnen			0,47	0,47
Nertsen			0,06	0,06
Vossen			0,17	0,17

3.1.3 Lachgasemissie

Lachgas wordt in de bodem gevormd tijdens de microbiologische processen van nitrificatie en denitrificatie. In Miterra wordt de N₂O emissie berekend met emissiefactoren die zijn afgeleid van de IPCC 2006 richtlijnen (Tabel 3.2). De hoeveelheden toegediende kunstmest en dierlijke mest worden in het Miterra model verdeeld over de verschillende gewassen en gemeentes. De stikstofdepositie is afgeleid van de totale stikstofdepositie kaart van het RIVM (van Jaarsveld, 2004).

Een andere belangrijke bron van lachgas zijn de indirecte emissies door uit- en afspoeling van stikstof. In Miterra worden voor de berekening van stikstofuitspoeling regionaal verschillende uitspoelingfracties gebruikt, en niet de standaard uitspoelingfractie van 30% zoals de IPCC en het Nationaal Systeem gebruiken. Deze uitspoelingfracties zijn afgeleid van Fraters et al. (2007) en Velthof en Fraters (2008) en zijn berekend voor de verschillende combinaties van bodemtype, landgebruik en grondwatertrap, gebaseerd op metingen van het landelijke meetnet effect mestbeleid. Een laatste bron is de emissie van lachgas door het gebruik van veengronden, hier geldt een emissiefactor van 8 kg N₂O-N per hectare voor. Het veenareaal onder landbouw is in Gelderland echter beperkt. Voor zand- en kleigronden wordt er geen additionele N toevoer door mineralisatie verondersteld.

Tabel 3.2. N₂O emissiefactoren volgens de IPCC 2006 richtlijnen

Bron	Emissiefactor (%)
Kunstmest	1,0
Dierlijke mest	1,0
Gewasresten	1,0
Excretie tijdens begrazing voor koeien, varkens en kippen	2,0
Excretie tijdens begrazing voor schapen en overig vee	1,0
Indirecte emissie door depositie van NH ₃ en NO _x	1,0
Indirecte emissie door uit- en afspoeling van stikstof	0,75
Landbouw op veenbodems (kg N ₂ O-N ha ⁻¹)	8,0
Drijfmestopslag systemen (koeien en varkens)	0,1
Vaste mestopslag systemen (koeien en varkens)	2,0
Mestopslagen overig vee	0,37 – 0,73

3.1.4 CO₂ emissie energieverbruik

Voor de berekening van de CO₂ emissie door energieverbruik in de landbouw zijn geen regionaal specifieke gegevens beschikbaar, maar alleen totalen voor Nederland. Uit CBS Statline zijn gegevens beschikbaar over het energieverbruik voor verwarming, elektriciteit en motorbrandstoffen en deze zijn gespecificeerd voor verschillende bedrijfstypen. Aangezien deze bedrijfstypen niet volledig overeenkomen met de gebruikte agrosectoren van deze studie is een schatting gemaakt op basis van het aantal bedrijven. De emissiefactoren voor de verschillende vormen van energieverbruik (Tabel 3.3) zijn afgeleid uit Menkveld (2001) en Spakman et al. (1997).

Verder zijn de volgende aannames gemaakt:

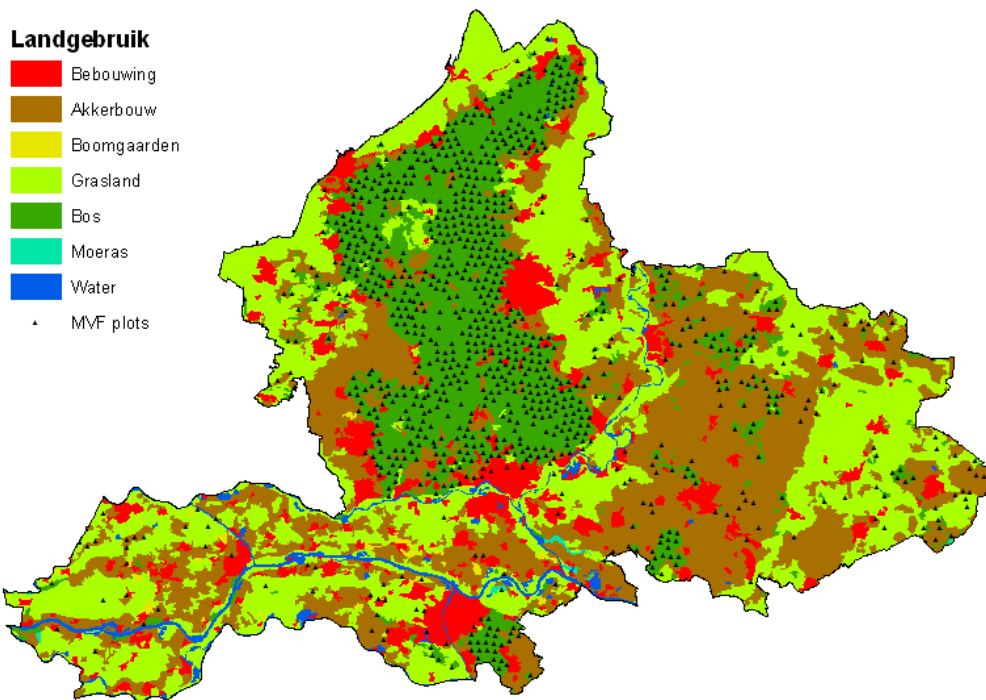
- Voor verwarming wordt alleen aardgas gebruikt
- Voor motorbrandstoffen voor landbouwvoertuigen wordt alleen diesel gebruikt
- Voor de verdeling over Nederland wordt aangenomen dat deze evenredig is met het aantal dieren (voor de veehouderijsectoren), het areaal akkerland (voor de akkerbouw en vollegrondstuinbouw), en het totaal glasoppervlakte (voor de glastuinbouw).

Tabel 3.3. Emissiefactoren voor verschillende energiedragers

	Emissiefactor
Aardgas	56 kg CO ₂ / GJ
Olie	73 kg CO ₂ / GJ
Elektriciteit	0,6 kg CO ₂ / kWh
Benzine	2,39 kg CO ₂ / liter
Diesel	2,62 kg CO ₂ / liter
LPG	1,61 kg CO ₂ / liter

3.1.5 CO₂ emissie landgebruik bos

De berekeningen voor veranderingen in koolstof in biomassa en dood hout zijn gebaseerd op de gegevens uit de landelijke bosinventarisatie Meetnet Functie Vervulling (MFV) die uitgevoerd werd tussen 2001 en 2005. Dit meetnet is opgezet als een “systematic unaligned steekproef”, waarbij elke 1 km x 1 km grid cel binnen Nederland een plot heeft. Als deze locatie in bos lag, werd daar een opname gerealiseerd. Indien de locatie in bos lag maar niet bereikbaar was, werd wel een opname toegekend, maar de variabelen kregen de waarde “missend” (Nabuurs et al., 2005). Voor dit rapport zijn de MFV plots geselecteerd die geografisch in Gelderland liggen (Figuur 3.1). De locaties van de MFV bemonstering voldoen aan de nationale definitie van bos, en als zodanig zijn ze gebruikt als basis voor de subcategorie bos volgens de nationale definitie. De subcategorie bomen buiten het bos is afgeleid van de waarden die gevonden zijn voor bos volgens de nationale definitie en als dusdanig ook van de MFV plots.



Figuur 3.1. Locatie van MFV plots in Gelderland. De landgebruiksk kaart is afgeleid van CORINE data.

De nationale balans voor 1990 is gebaseerd op de HOSP database. Deze inventarisatie, uitgevoerd tussen 1988 en 1992, had echter een andere ruimtelijke opzet, waardoor opsplitsen in kleinere eenheden dan nationaal niet goed mogelijk is. De schattingen voor 1990 zijn gebaseerd op de nationale schatting 1990 en het gemiddelde aandeel van Gelderland in de nationale schattingen voor 2000 en 2005.

Verandering in koolstofvoorraad in biomassa

De verandering in koolstofvoorraad in biomassa is de resultante van een toename in koolstof door groei en een afname van koolstof door oogsten en sterfte. Op dit moment zijn oogstdata enkel op nationaal niveau beschikbaar. Voor de nationale rapportage wordt het geoogst volume dat niet door ontbossing ontstaat, verdeeld over de plots die voor oogst in aanmerking komen (leeftijd > 110 jaar of volume > 300 m³). Voor de berekeningen in dit rapport is er voor gekozen om deze verdeling van de oogst over de plots te gebruiken als basis voor de schatting van de oogst in Gelderland.

Op basis van de huidige hoogte en leeftijd wordt de verwachte hoogtegroeï berekend. Deze wordt gebruikt om de volumegroeï op te delen in een hoogte- en diktegroeï van een constant aantal bomen. Op basis van allometrische relaties en de huidige en verwachte gemiddelde diameter wordt de huidige en verwachte biomassa geschat, zowel boven- als ondergronds. Hieruit wordt de verandering in koolstofvoorraad berekend, uitgaande van een koolstofgehalte van 50% in biomassa (Nabuurs et al., 2005). Deze set berekeningen wordt uitgevoerd op alle plots die alle variabelen ingevuld hebben. Vervolgens wordt teruggeschaald naar de volledige

dataset (Van den Wyngaert et al., 2007). De gemiddelde voorraad koolstof per hectare wordt gebruikt als emissiefactor bij ontbossing, waarbij er impliciet van uitgegaan wordt dat alle soorten bossen dezelfde kans hebben om te verdwijnen door een verandering van landgebruik.

Verandering in koolstofvoorraad in dood hout

De verandering in koolstofvoorraad in dood hout is het verschil tussen de toename van koolstof in dood hout door sterfte van levend materiaal, en de afname door afbraak. Omdat de Nederlandse bosbouwsector pas vrij recent het belang van dood hout in het bos onderkent, is het realistisch te veronderstellen dat op dit moment een opbouw van dood hout in de Nederlandse en dus ook Gelderse bossen plaatsvindt. In de totale MFV dataset is het volume staand en liggend dood hout ongeveer 6,6% van de levende staande voorraad. De toename door sterfte is bepaald als een vaste fractie van de staande voorraad levend hout (0,4% per jaar). De afname door afbraak is afhankelijk van de tijd nodig voor volledige afbraak en gebaseerd op van Hees en Clerckx (1999). De houtdichtheid neemt gedurende de afbraakperiode sterk af, en de voorraad koolstof in dood hout is berekend uit het volume met een soortspecifieke dichtheid half die van levend hout.

3.2 Basisdata voor 2005

Gelderland heeft met bijna 514 duizend hectare een totaal oppervlak van 12,4% van heel Nederland. Het totale landbouwareaal ligt met 47% ongeveer op het Nederlandse gemiddelde, het aandeel grasland is echter groter, terwijl het aandeel akkerland relatief klein is (Tabel 3.4). Het aandeel snijmaïs is daarentegen relatief groot en omvat in Gelderland meer dan de helft van al het akkerland. Glastuinbouw is in Gelderland minder belangrijk met een aandeel van 6,8%. Tenslotte is het areaal bos in Gelderland bovengemiddeld groot is met 27,1%.

Tabel 3.4. Landbouwarealen in Gelderland en Nederland (ha) in 2005

Arealen	Gelderland	Nederland	Aandeel Gelderland (%)
Landbouwareaal	240 760	1 908 040	12,6
Akkerland	81 020	895 080	9,1
Snijmaïs	45 963	235 088	19,6
Grasland	150 120	941 160	16,0
Glastuinbouw	718	10 494	6,8
Braakland	3 360	32 610	10,3
Natuurlijk grasland	6 260	39 220	16,0
Bos	93 916	346 374	27,1

De veehouderij sector is in Gelderland bovengemiddeld aanwezig (Tabel 3.5) Voor alle deze sectoren geldt dat ze een in Gelderland een groter aandeel hebben dan op basis van de omvang van de provincie mag worden verwacht. Vooral de vleeskalverhouderij is een relatief grote agrosector in Gelderland met bijna 45% van alle vleeskalveren in Nederland.

Tabel 3.5. Dieraantallen in Gelderland en Nederland in 2005

Diertype	Gelderland	Nederland	Aandeel Gelderland (%)
Melkvee	414 598	2 587 609	16,0
Vleesvee	83 464	382 455	21,8
Vleeskalveren	369 334	828 740	44,6
Varkens	1 295 661	6 748 567	19,2
Pluimvee	17 938 556	95 190 463	18,8
Overig vee	277 133	1 707 327	16,2

In Tabel 3.6 staat het energieverbruik per agrosector uitgesplitst naar verwarming, elektriciteit en motorbrandstoffen. De glastuinbouw is de sector met het meeste energieverbruik, vooral voor verwarming van de kassen. De twee meest grondgebonden sectoren (melkveehouderij en varkenshouderij) verbruiken de meeste motorbrandstoffen.

Tabel 3.6. Energieverbruik per agrosector² voor Nederland in 2005

Agrosectoren	Energieverbruik verwarming	Elektriciteit	Motorbrandstoffen
	PJ	mln. kWh	mln. liter
Melkveehouderij	1,3	602	108,3
Vleesveehouderij	0,3	152	27,5
Vleeskalverhouderij	0,2	27	0,6
Varkenshouderij	2,2	309	6,0
Pluimveehouderij	1,2	274	5,5
Overige veehouderij	0,1	29	3,5
Akkerbouw en vollegrondstuinbouw	5,3	824	110,2
Glastuinbouw	126,0	802	3,5
Totaal	136,6	3 020	265,0

² De CBS data over energieverbruik in de land- en tuinbouw is gebaseerd op een andere sectorindeling. Daarom hebben wij aannames gemaakt, gebaseerd op de verdeling van dieraantallen, om te komen naar de verdeling over de in deze studie gebruikte agrosectoren

3.3 Basisdata en aannames voor 1990

Voor de berekening van de broeikasgasemissies in 1990 zijn de volgende invoervariabelen aangepast:

- Dieraantallen (Tabel 3.7)
- Gewasarealen (Tabel 3.8)
- Stikstofexcretie per diercategorie
- Kunstmestverbruik (is gedaald sinds 1990)
- Energieverbruik per agrosector (Tabel 3.9)
- CH₄ emissiefactoren voor pensfermentatie en mestmanagement (Tabel 3.1)
- Gewasopbrengsten (deze zijn voor de meeste gewassen gestegen sinds 1990)
- Aantal dagen op stal (in 1990 stonden koeien langer in de wei dan in 2005)
- Toepassing emissiearme mesttoediening (emissiearme mesttoediening is pas sinds 1992 verplicht gesteld, de aanname is dan ook dat in 1990 slecht 10% van de mest emissiearm werd toegediend)
- De maximale dierlijke mestgift van 250 kg N per hectare wordt in 1990 voor 20% toegepast, terwijl dit voor 2005 geschat is op 85%

Tabel 3.7. Dieraantallen in Gelderland en Nederland in 1990

Diertype	Gelderland	Nederland	Aandeel Gelderland (%)
Melkvee	637 589	3 606 694	17,7
Vleesvee	124 908	717 744	17,4
Vleeskalveren	316 087	601 585	52,5
Varkens	1 910 828	8 724 299	21,9
Pluimvee	21 037 390	94 901 940	22,2
Overig vee	118 822	898 507	13,2

Tabel 3.8. Landbouwarealen in Gelderland en Nederland (ha) in 1990

Arealen	Gelderland	Nederland	Aandeel Gelderland (%)
Landbouw areaal	257 147	1 995 835	12,9
Akkerland	72 141	886 119	8,1
Snijmaïs	40 295	201 811	20,0
Grasland	176 481	1 052 636	16,8
Glastuinbouw	550	9 769	5,6
Braakland	1 171	13 221	8,9
Natuurlijk grasland	7 353	43 860	16,8
Bos	92 610	329 698	28,1

Tabel 3.9. Energieverbruik per agrosector voor Nederland in 1990

Agrosectoren	Energieverbruik	Elektriciteit	Motorbrandstoffen
	verwarming PJ	mln. kWh	mln. liter
Melkveehouderij	2,6	683	73,2
Vleesveehouderij	0,7	173	18,6
Vleeskalverhouderij	0,3	20	0,3
Varkenshouderij	3,3	262	7,5
Pluimveehouderij	2,0	156	2,9
Overige veehouderij	0,2	29	2,3
Akkerbouw en vollegrondstuintbouw	6,3	450	88,0
Glastuintbouw	116,7	626	2,0
Totaal	132,0	2 398	194,7

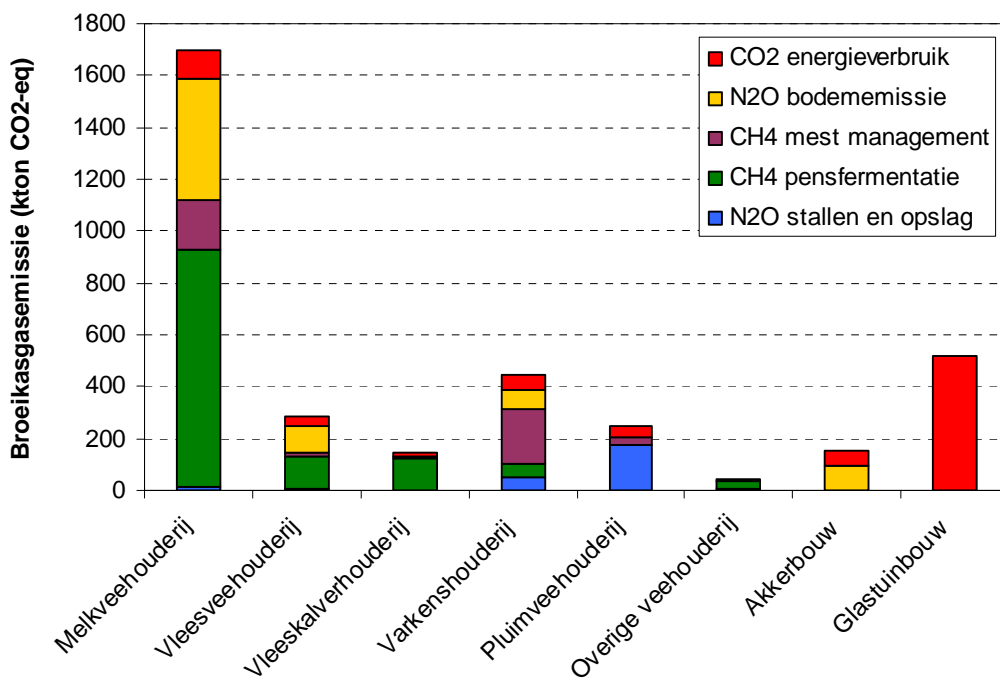
4. Nulmeting broeikasgasemissies

4.1 Broeikasgasemissies uit de landbouw voor 2005

In Tabel 4.1 staan de berekende broeikasgasemissies voor de verschillende agrosectoren voor het jaar 2005. De melkveehouderij heeft de hoogste broeikasgasemissie in Gelderland met 1700 kton CO₂-equivalenten. Dat is bijna de helft van alle broeikasgasemissies uit de landbouw in Gelderland. De glastuinbouw is qua emissies de tweede sector (14,5%) gevolgd door de varkenshouderij (12,7%). Vergeleken met Nederland heeft Gelderland relatief hoge broeikasgasemissies uit de landbouw, vooral uit de intensieve veehouderij. De broeikasgasemissies uit de akkerbouw en glastuinbouw zijn in Gelderland minder omvangrijk. In Figuur 4.1 zijn ook de verschillende bronnen van broeikasgasemissies per agrosector aangegeven. In de melkveehouderij is vooral methaan uit pensfermentatie en lachgas uit bodememissie een belangrijke bron. Bij de varkenshouderij is methaan uit mestopslagen de belangrijkste bron, terwijl in de glastuinbouw de CO₂ emissie voor energieverbruik de grootste bron is.

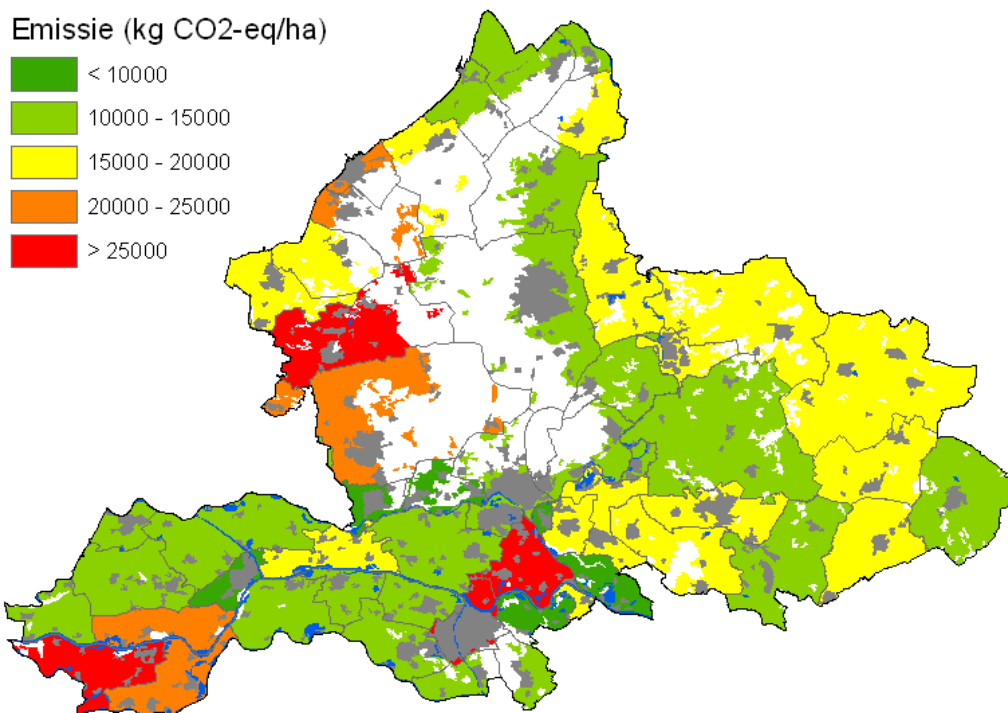
Tabel 4.1. Broeikasgasemissies (kton CO₂-equivalent) per agrosector voor Gelderland en Nederland in 2005

Agrosector	Gelderland	Nederland	Aandeel agrosector (%)	Aandeel Gelderland (%)
Melkveehouderij	1 700	11 342	47,9	15,0
Vleesveehouderij	287	1 431	8,1	20,0
Vleeskalverhouderij	147	390	4,1	37,8
Varkenshouderij	449	2 334	12,7	19,2
Pluimveehouderij	249	1 250	7,0	20,0
Overige veehouderij	47	299	1,3	15,7
Akkerbouw en vollegrondstuinbouw	152	2 777	4,3	5,5
Glastuinbouw	516	7 548	14,5	6,8
Totaal landbouw	3 547	27 370		13,0



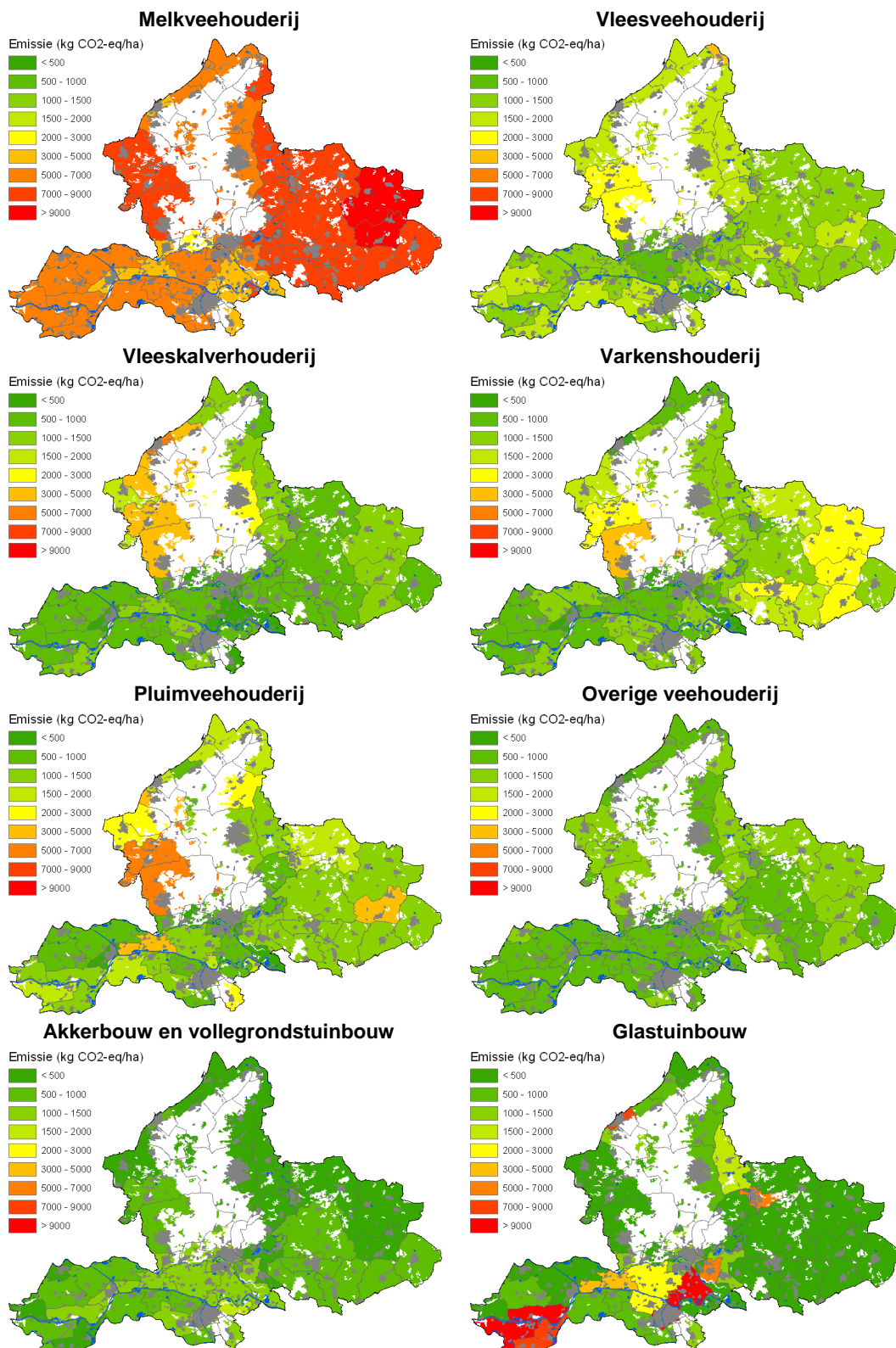
Figuur 4.1. Broeikasgasemissies in Gelderland voor de verschillende agrosectoren en opgesplitst naar de verschillende bronnen van broeikasgasemissies in 2005

De emissies van broeikasgassen zijn niet gelijk verdeeld over Gelderland. Figuur 4.2 laat de regionale verspreiding van de emissies zien. De hoogste emissies vinden plaats in de Gelderse vallei, de Bommelerwaard en de regio tussen Arnhem en Nijmegen. In Figuur 4.3 is de ruimtelijke verdeling van de broeikasgasemissies opgesplitst naar de verschillende agrosectoren. Hieruit blijkt dat de melkveehouderij vooral in de Achterhoek sterk aanwezig is, terwijl de intensieve veehouderij (vleeskalveren, varkens en pluimvee) in de Gelderse vallei geconcentreerd is. De glastuinbouw is daarnaast sterk geconcentreerd in twee gebieden, namelijk de Bommelerwaard en het gebied tussen Arnhem en Nijmegen (landbouwwontwikkelingsgebied Bergerden).



Figuur 4.2. Broeikasgasemissie uit de landbouw in 2005 (uitgedrukt in kg CO₂-equivalenten per hectare landbouwgrond)

In Tabel 4.2 zijn de verschillende bronnen van broeikasgassen uit de landbouw weergegeven voor Gelderland en Nederland. Methaan uit pensfermentatie is met 34,9% de grootste bron, gevolgd door CO₂ voor verwarming (15,7%) en methaan uit mestmanagement (13,0%). Voor lachgas is de emissie voornamelijk gerelateerd aan de veehouderij door toediening van dierlijke mest (306 kton CO₂-equivalenten), lachgas uit stallen en mestopslagen (260 kton CO₂-equivalenten) en begrazing (100 kton CO₂-equivalenten). Van de broeikasgassen uit de landbouw in Gelderland is CH₄ met 47,9% de belangrijkste, gevolgd door N₂O met 28,1% en CO₂ met 24,1%. Voor heel Nederland is CO₂ met 37,1% het broeikasgas met de grootste emissie door het grotere aandeel glastuinbouw.



Figuur 4.3. Broeikasgasemissies voor de verschillende agrosectoren (uitgedrukt in kg CO₂-equivalenten per hectare landbouwgrond)

Tabel 4.2. Bronnen van broeikasgasemissies (kton CO₂-equivalent) in 2005

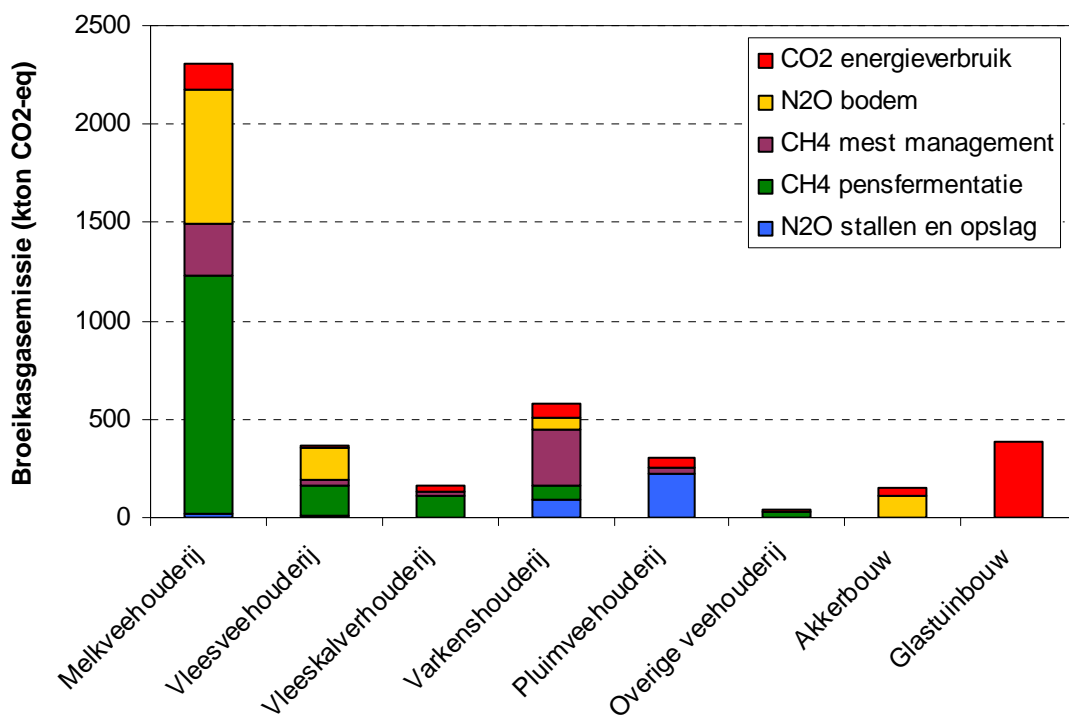
Bronnen broeikasgasemissies	Gelderland	Nederland	Aandeel bron in Gelderland (%)	Aandeel Gelderland (%)
CH ₄				
Pensfermentatie	1 237	7 157	34,9	18,3
Mestmanagement	460	2 546	13,0	19,6
N ₂ O				
Stallen en mestopslag	260	1 340	7,3	21,8
Dierlijke mestgift	306	2 269	8,6	18,4
Begrazing	100	608	2,8	17,2
kunstmest	170	1 273	4,8	14,0
Gewasresten	29	447	0,8	5,7
Uit- en afspoeling	118	772	3,3	18,5
Mineralisatie veengronden	12	799	0,3	1,5
CO ₂				
Verwarming	556	7 652	15,7	6,7
Elektriciteit	214	1 812	6,0	13,1
Brandstoffen	85	694	2,4	11,9
Totaal	3 547	27 370		13,0

4.2 Broeikasgasemissies uit de landbouw voor 1990

In Tabel 4.3 staan de berekende broeikasgasemissies voor de verschillende agrosectoren voor het jaar 1990. Ook toen was de melkveehouderij de sector met de hoogste broeikasgasemissies in Gelderland, namelijk 2312 kton CO₂-equivalenten, dat was meer dan de helft van alle broeikasgasemissies uit de landbouw in Gelderland. De tweede sector was toen de varkenshouderij met 518 kton CO₂-equivalenten (12,0%) en de vleesveehouderij de derde sector met 434 kton CO₂-equivalenten (10,1%). In Figuur 4.4 zijn ook weer de verschillende bronnen van broeikasgasemissies per agrosector aangegeven. De relatieve verhoudingen tussen de verschillende bronnen zijn vergelijkbaar met 2005. Alleen in de akkerbouw sector was het aandeel CO₂ emissie door energieverbruik in 1990 kleiner vergeleken met 2005.

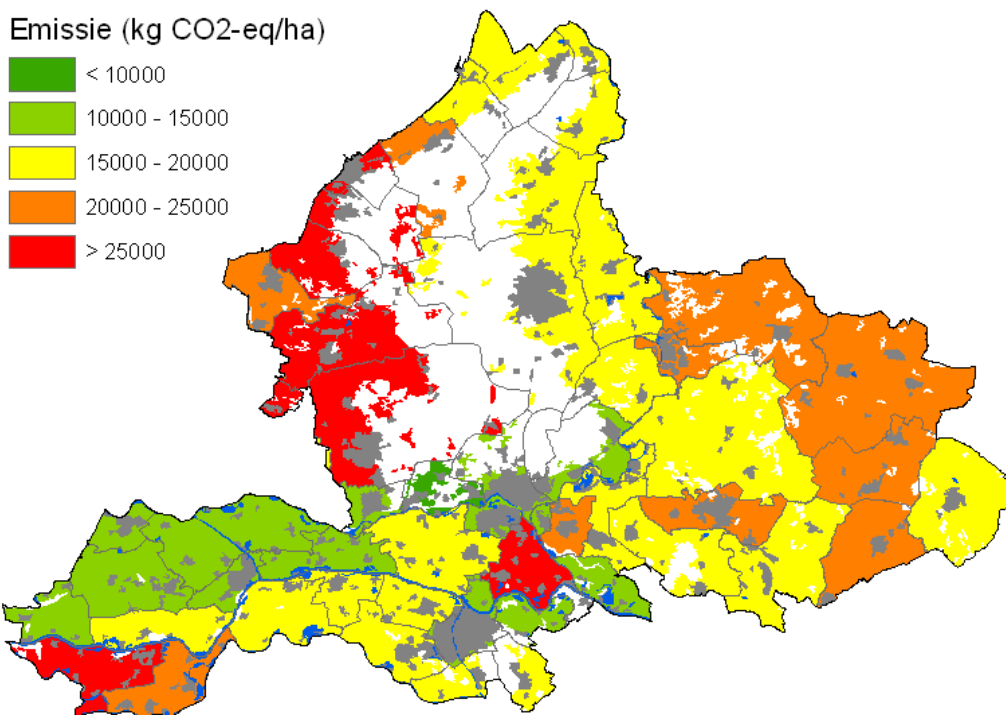
Tabel 4.3. Broeikasgasemissies (kton CO₂-equivalent) per agrosector voor Gelderland en Nederland in 1990

Agrosector	Gelderland	Nederland	Aandeel agrosector (%)	Aandeel Gelderland (%)
Melkveehouderij	2 312	13 575	53,7	17,0
Vleesveehouderij	388	2 331	9,0	16,6
Vleeskalverhouderij	142	270	3,3	52,5
Varkenshouderij	583	2 683	13,5	21,7
Pluimveehouderij	301	1 330	7,0	22,6
Overige veehouderij	36	261	0,8	13,7
Akkerbouw en vollegrondstuinbouw	153	2 459	3,6	6,2
Glastuinbouw	390	6 914	9,1	5,6
Totaal landbouw	4 304	29 822		14,4



Figuur 4.4. Broeikasgasemissies in Gelderland voor de verschillende agrossectoren en opgesplitst naar de verschillende bronnen van broeikasgasemissies in 1990

Figuur 4.5 geeft de ruimtelijke verdeling van broeikasgasemissies in Gelderland weer voor 1990. Afgezien van de over het geheel hogere emissies is de ruimtelijke verdeling vergelijkbaar met 2005, met de hoogste emissies in de Gelderse Vallei, de Bommelerwaard en het gebied tussen Arnhem en Nijmegen.



Figuur 4.5. Broeikasgasemissie uit de landbouw in 1990 (uitgedrukt in kg CO₂-equivalenten per hectare landbouwgrond)

In Tabel 4.4 zijn de verschillende bronnen van broeikasgassen uit de landbouw weergegeven voor Gelderland en Nederland in 1990. Van de broeikasgassen uit de landbouw in Gelderland was CH₄ met 50,9% de belangrijkste, gevolgd door N₂O met 31,8% en CO₂ met 17,2%.

Tabel 4.4. Bronnen van broeikasgasemissies (kton CO₂-equivalent) in 1990

Bronnen broeikasgasemissies	Gelderland	Nederland	Aandeel bron (%)	Aandeel Gelderland (%)
CH₄				
Pensfermentatie	1 581	8 653	36,7	18,3
Mestmanagement	612	3 129	14,2	19,6
N₂O				
Stallen en mestopslag	350	1 606	8,1	21,8
Dierlijke mestgift	246	1 337	5,7	18,4
Begrazing	200	1 163	4,6	17,2
kunstmest	263	1 879	6,1	14,0
Gewasresten	24	411	0,6	5,7
Uit- en afspoeling	276	1 488	6,4	18,5
Mineralisatie veengronden	12	815	0,3	1,5
CO₂				
Verwarming	492	7 391	11,4	6,7
Elektriciteit	188	1 439	4,4	13,1
Brandstoffen	61	510	1,4	11,9
Totaal	4 304	29 822		14,4

4.3 Vergelijking broeikasgasemissies 1990 en 2005

Voor de vergelijking van de broeikasgasemissies van 1990 en 2005 is het noodzakelijk om inzicht te hebben in de veranderingen van de belangrijkste basisdata. Met name het aantal dieren is sterk bepalend voor de omvang van de emissies. Over het algemeen is de veestapel in Gelderland kleiner geworden in de periode 1990-2005 (Tabel 4.5). Vooral het aantal melkvee, vleesvee en varkens is afgenomen met 30-35%. Daarentegen is het aantal vleeskalveren toegenomen met 17% en het overige vee meer dan verdubbeld. Toch blijft deze laatste categorie van ondergeschikt belang. Het totale landbouwareaal is in deze periode afgenomen met 6,6%. Dit komt vooral door afname van het areaal grasland (-15%), want het areaal akkerland en snijmaïs is in deze periode toegenomen. Het areaal glastuinbouw is in Gelderland met 30% sterk toegenomen.

Tabel 4.5. Vergelijking basisdata van de Gelderse landbouw in 1990 en 2005

	1990	2005	Vershil t.o.v. 1990 (%)
Diertype (aantal)			
Melkvee	637 589	414 598	-35
Vleesvee	124 908	83 464	-33
Vleeskalveren	316 087	369 334	17
Varkens	1 910 828	1 295 661	-32
Pluimvee	21 037 390	17 938 556	-15
Overig vee	118 822	277133	133
Landbouwareaal (ha)			
Grasland	176 481	150 120	-15
Akkerland	72 141	81 020	12
Snijmaïs	40 295	45 963	14
Glastuinbouw	550	718	30

Tabel 4.6. Vergelijking broeikasgasemissie (kton CO₂-equivalent) van de Gelderse landbouw in 1990 en 2005

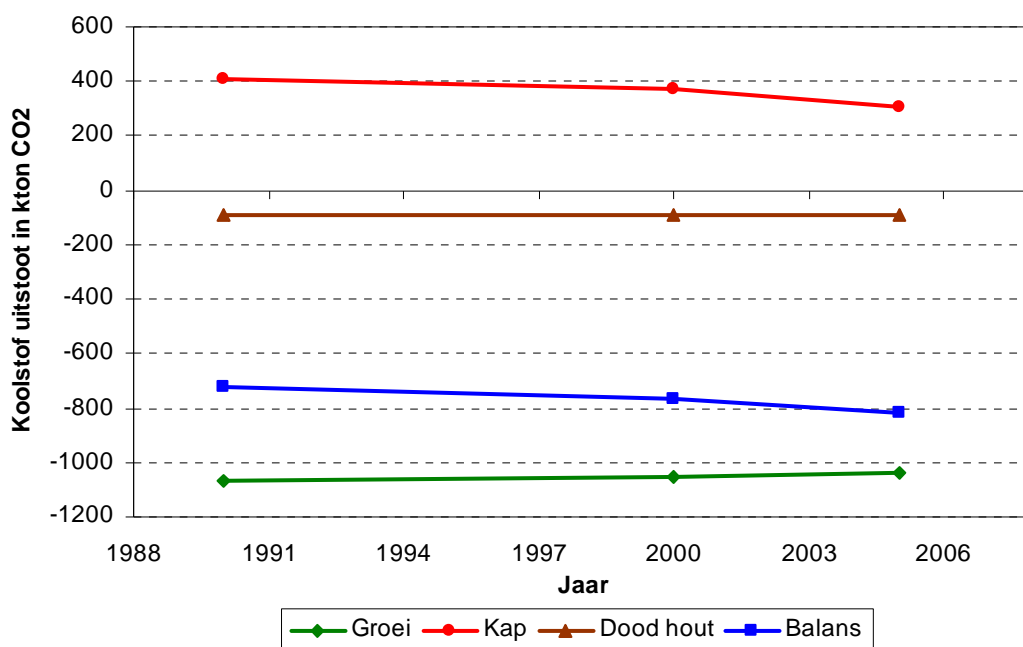
Agrosector	1990	2005	Vershil t.o.v. 1990 (%)
Melkveehouderij	2 312	1 700	-26,5
Vleesveehouderij	388	287	-26,1
Vleeskalverhouderij	142	147	3,5
Varkenshouderij	583	449	-23,1
Pluimveehouderij	301	249	-17,2
Overige veehouderij	36	47	30,8
Akkerbouw en vollegrondstuinbouw	153	152	-0,7
Glastuinbouw	390	516	32,5
Totaal landbouw	4 304	3 547	-17,6

De totale broeikasgasemissies uit de Gelderse land- en tuinbouw zijn in de periode 1990-2005 met 17,6% afgenomen (Tabel 4.6). Per agrosector zijn er echter groter verschillen. Waar de melkveehouderij, vleesveehouderij, varkenshouderij en pluimveehouderij een sterke afname laten zien (-17,2% tot -26,5%), neemt de emissie

bij de overig veehouderij en glastuinbouw sterk toe (+30,8 en +32,5%). Bij de akkerbouw en de vleeskalverhouderij zijn de emissies ongeveer gelijk gebleven. Deze veranderingen in emissies zijn grotendeels te verklaren door veranderingen in de veestapel en toename van het areaal glastuinbouw. Wel valt op dat de emissies niet geheel evenredig afnemen met de veestapel. Zo is de melkveestapel in de periode 1990-2005 met 35% afgenomen, terwijl de emissies slechts met 26,5% zijn afgenomen. Dit kan verklaard worden door de hogere melkproductiviteit die gepaard gaat met een toename van de methaan emissie. Ook valt op dat in de glastuinbouw de emissie per hectare glas zelfs licht zijn toegenomen in deze periode.

4.4 Broeikasgasemissies gerelateerd aan het landgebruik bos

Van de 3622 MFV plots in Nederland liggen 994 plots (27,4 %) binnen Gelderland, bepaald op basis van de bijbehorende coördinaten. Van deze 994 plots zijn er 115 plots die geen data hebben wat betreft boomsoort (en andere variabelen) en een plot dat boomsoort “geen” heeft. Verder zijn er 62 plots voor welke wel een boomsoort gegeven is, maar geen gegevens over volume of groei. Daarnaast zijn er plots waarvan wel gegevens over volume of groei gegeven zijn, maar die een zodanige ongelijke structuur hebben (aangegeven door een groot verschil tussen gemiddelde en middendiameter), dat het gebruik van de allometrische vergelijkingen niet gerechtvaardigd is (deze plots maken gebruik van de gemiddelde biomassa expansie factoren berekend uit de andere plots). In totaal voldoen 261 plots (26%) niet aan de criteria voor de gedetailleerde berekening van de koolstofbalans.



Figuur 4.6. Koolstofemissie uit bossen voor heel Gelderland. Negatieve getallen zijn koolstofvastlegging, positieve getallen zijn een uitstoot naar de atmosfeer.

Gebaseerd op de plots waarvoor voldoende goede data beschikbaar zijn, blijkt de koolstofvastlegging door groei en in dood hout ongeveer gelijk te zijn aan dat wat op grond van het oppervlakte bos verwacht kan worden. De oogst ligt beduidend lager dan op basis van oppervlakte verwacht kan worden (Tabel 4.7). De verdeling van de oogst over de verschillende plots in Nederland is echter bijzonder onzeker, wat de schatting van de totale en gemiddelde oogst voor Gelderland ook relatief onzeker maakt. Een nadere analyse toonde aan dat er in verhouding evenveel plots voldoen aan de criteria om te oogsten, maar dat de plots die hieraan voldoen, in Gelderland gemiddeld een iets lager staand volume (347 m³) hebben dan het gemiddelde voor het hele land (367 m³ inclusief Gelderland).

Tabel 4.7. Koolstofemissie uit bossen voor heel Gelderland en aandeel in de nationale balans. Negatieve getallen zijn koolstofvastlegging, positieve getallen zijn een emissie naar de atmosfeer.

Jaar	Groei	Kap	Dood hout	Balans
Gelderland (kton CO ₂)				
1990	-1 067	412	-87	-721
2000	-1 052	371	-88	-769
2005	-1 038	306	-89	-821
Nederland (kton CO ₂)				
1990	-3 757	1 745	-308	-2 319
2000	-3 684	1 528	-312	-2 467
2005	-3 676	1 337	-312	-2 651
Aandeel van Gelderland in nationale balans (%)				
1990	28,4	23,6	28,4	31,1
2000	28,6	24,3	28,3	31,2
2005	28,2	22,9	28,4	31,0

De provincie Gelderland beslaat een kleine 13% van het Nederlandse landoppervlak en omvat ruim 27% van de plots van het Meetnet Functie Vervulling (Dirkse et al., 2007). De bossen in Gelderland vertegenwoordigen ruim 31% van de nationaal gerapporteerde koolstofvastlegging in de categorie Bos dat Bos blijft, gebaseerd op methoden zoals die gebruikt zijn voor de berekening voor 2007. De relatief hogere vastlegging wordt grotendeels verklaard door de lagere oogst in Gelderland dan te verwachten op basis van areaal bos. De verdeling van oogst over plots is echter heel onzeker, zodat het ook heel onzeker is of de bossen in Gelderland gemiddeld meer vastleggen dan op basis van hun areaal te verwachten is.

De provincie Gelderland heeft in zijn klimaatprogramma als doel opgenomen dat terreinbeherende organisaties plannen in uitvoering nemen om in 2020 de beschikbaarheid van biomassa uit landschap voor economisch verkeer met 300.000 ton per jaar te vergroten. Met het huidige bosbeheer is er vastlegging van koolstof in bossen. Echter door extra hout uit de bossen te winnen t.b.v. biomassa voor groene energie zal deze vastlegging minder worden of zelfs negatief kunnen uitvallen.

5. Effect van economische en technologische ontwikkelingen op broeikasgasemissies

In dit hoofdstuk wordt een beperkte verkenning gepresenteerd van de effecten op broeikasgasemissies door te verwachten economische en technologische ontwikkelingen in de landbouw in Gelderland in de komende 10 jaar. Deze analyse is gebaseerd op recente landelijke trendanalyses zoals die bijvoorbeeld door het LEI worden voorzien (Silvis et al., 2009). Als projectiejaar wordt 2020 gebruikt. Gebaseerd op de uitkomsten van het vorige hoofdstuk is in overleg met de provincie Gelderland gekozen voor het uitwerken van de volgende drie agrosectoren die het meeste bijdragen aan de Gelderse broeikasgasemissies: melkveehouderij, varkenshouderij en glastuinbouw.

5.1 Melkveehouderij

De melkveehouderij is met 48% de grootste bron van broeikasgasemissies in de Gelderse landbouw. Veranderingen in de melkveesector zullen dan ook de grootste invloed hebben op de emissie van broeikasgassen. Binnen de melkveehouderij is methaanemissie door pensfermentatie de grootste emissiebron. Hieronder wordt de invloed van een aantal ontwikkelingen in de melkveehouderij beschreven en het effect op de broeikasgasemissie berekend. Een belangrijke trend is de afschaffing van het melkquota, wat naar verwachting leidt tot een toename van de melkveestapel. Daarnaast worden vier mogelijke emissiereducerende maatregelen voor de melkveehouderijsector uitgewerkt, namelijk een hogere melkproductie per koe, minder jongvee, aanpassingen in de melkveevoeding en mestvergisting. De keuze voor deze maatregelen is gebaseerd op een studie over kansrijke klimaatmaatregelen (Lesschen et al., 2008), waarbij maatregelen zijn geselecteerd met een relatief groot reductiepotentieel en weinig negatieve afwentelingseffecten. Eerst worden de verschillende ontwikkelingen en emissiereducerende maatregelen besproken en de berekende effecten op de broeikasgasemissies worden daarna gepresenteerd.

5.1.1 Afschaffing melkquota

In november 2008 hebben de landbouwministers van de EU een politiek akkoord bereikt over de hervorming van het gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB). Deze 'gezondheidscontrole' moet uitmonden in een gemoderniseerd, vereenvoudigd en gestroomlijnd GLB dat de landbouwers ruimte geeft en hen helpt beter te reageren op marktsignalen en nieuwe omstandigheden. Het akkoord houdt onder meer in dat de melkquota geleidelijk worden verhoogd in afwachting van afschaffing in 2015. Voor Nederland betekent dit tot 2015 een verruiming van het melkquotum met 7,7%.

Volgens Van Berkum et al. (2006) kan de Nederlandse melkveehouderij profiteren van een afschaffing van het melkquotum. In deze op Nederland toegespitste studie wordt geschat dat er in geval van de opheffing van het melkquotum een toename van 20% van de melkproductie mogelijk is. Bij afschaffing van het melkquotum zal op de grotere bedrijven met relatief lage kosten het melkaanbod toenemen met bijna 30%, terwijl op de kleinere bedrijven met relatief hoge kosten het aanbod daalt met 13%. In totaal neemt het melkaanbod in Nederland toe met 21%. Deze toename zal gepaard gaan met een afname van de productie in de akkerbouw en in de andere veehouderijsectoren, met uitzondering van de vleeskalverhouderij.

De productiegroei in de melkveehouderij in Nederland zal waarschijnlijk gerealiseerd worden met een fors kleiner aantal en gemiddeld genomen aanzienlijk grotere bedrijven dan tegenwoordig het geval is. De uitkomsten worden wel sterk bepaald door de uitgangsposities van de verschillende agrosectoren en het uitgangspunt van handhaving van de derogatie in het mestbeleid. Deze is voorlopig mogelijk tot en met 2009. Indien de derogatie komt te vervallen, zullen de mestafzetkosten op melkveehouderijbedrijven meer dan evenredig toenemen omdat een steeds groter deel van de veehouders mest moet afzetten buiten het eigen bedrijf. Bovendien is er gereede twijfel of de uitbreiding van de melkproductie in Nederland mogelijk is binnen de doelstelling van het ammoniakbeleid (Berkhout en Van Bruchem, 2007). De grenzen aan de uitbreidingsmogelijkheden voor de melkveehouderij worden daarmee grotendeels gesteld door de implementatie van Europees en nationaal milieubeleid (Van Berkum, 2006).

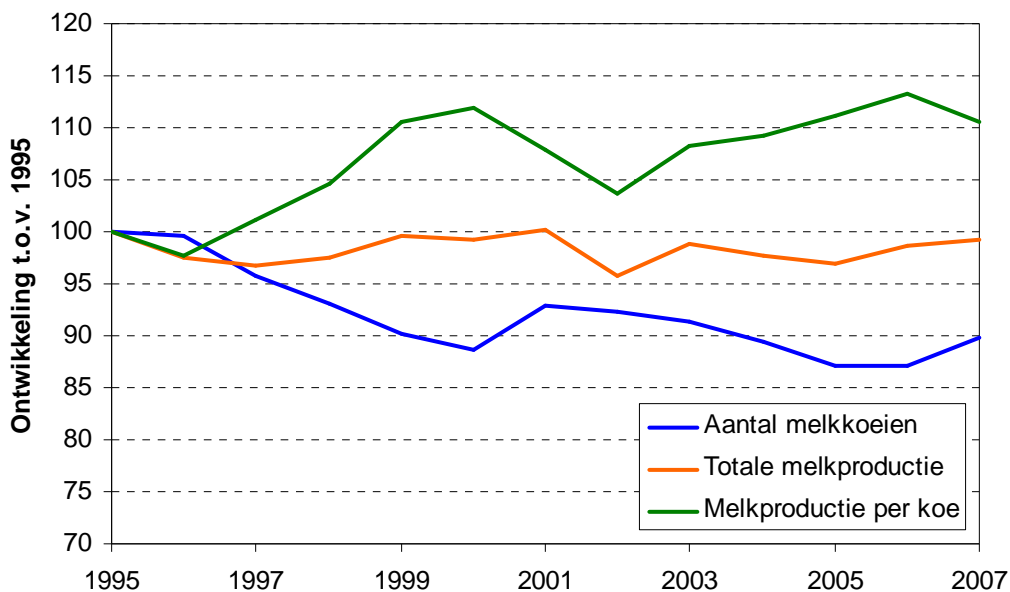
Volgens Oosterkamp et al. (2006) zal het aantal melkveebedrijven in de regio Gelderland aanzienlijk dalen in een tempo dat hoger ligt dan het Nederlandse gemiddelde van 4% per jaar. Het aantal grote zal in het bijzonder groeien. Afschaffing van het melkquotum zal het proces van schaalvergroting versterken. Deze op kostprijsverlaging gerichte schaalvergroting is een noodzakelijke ontwikkeling voor continuïteit in de melkveehouderij.

Gebaseerd op een analyse van studies over de afschaffing van de zuivelquotering (Rougoor et al., 2008) is voor 2020 een groei van de melkproductie in Nederland met 20% waarschijnlijk, met een minimum van 10% en een maximum van 30%. Een recente scenariostudie van het LEI (Silvis et al., 2009) voorspelt een toename van de melkproductie van 16% over de periode 2007-2020. Door verhoging van de productiviteit blijft voor Nederland de stijging van de melkveestapel beperkt tot 2% in 2020. Voor Gelderland wordt echter een toename van 9% verwacht (Silvis et al., 2009). Voor deze studie nemen wij aan dat het relatieve aandeel van Gelderland gelijk blijft, dus dat ook in Gelderland de melkproductie met 20% toeneemt. Voor de berekening gaan we uit twee mogelijkheden: 1) uitbreiding van de melkveestapel met 20%, dus zonder verhoging van de melkproductie per koe, en 2) uitbreiding van de melkveestapel en verhoging van de melkproductie per koe (zie volgende paragraaf), dit leidt dan tot een toename van 8,8% van de melkveestapel. Echter door deze productiviteitsstijging zal de emissiefactor voor pensfermentatie wel toenemen, in dit geval met 5,6%. Alle overige parameters worden gelijk gehouden.

5.1.2 Hogere melkproductie per koe

De trends in de omvang van de melkveestapel en de melkproductie in Nederland zijn afgeleid van CBS data (zie Figuur 5.1). Hieruit blijkt dat de totale melkproductie ongeveer gelijk blijft op een niveau van 10,6 miljard kg melk per jaar. Terwijl het aantal melkgevende koeien is afgenomen van 1,45 miljoen in de periode 1995-1997 naar 1,27 miljoen in de periode 2005-2007. De melkopbrengst per koe is toegenomen van 7430 kg melk naar 8330 kg melk. Als deze trend zich voortzet betekent dit dat in 2020 de melkopbrengst per koe 9475 kg is en – bij een gelijkblijvende totale melkproductie – er 12% minder koeien nodig zijn. De broeikasgasemissie gaat daardoor weliswaar omlaag alleen niet in dezelfde mate; deze hogere melkproductie wordt bereikt door toepassing van ander voer dat leidt tot een hogere emissie van methaan per kg melk. Volgens Tamminga et al. (2007) neemt de CH₄ emissie met 5% af bij een toename van de melkproductie met 10%.

Voor de berekening voor 2020 is aangenomen dat het aantal melkkoeien (incl. jongvee) afneemt met 11,2% ten opzichte van 2005 en dat de methaan emissiefactor voor pensfermentatie voor melkkoeien met 5,6% toeneemt. Alle overige parameters worden gelijk gehouden.



Figuur 5.1. Ontwikkeling van de melkveestapel, de melkproductie en de productie per koe in Nederland

5.1.3 Minder jongvee

Jongvee is relatief inefficiënt (ten opzichte van melkvee) in het nutriëntengebruik. Minder jongvee resulteert in minder emissie van methaan (pensfermentatie en mestopslag) en minder emissie van lachgas (stal en mestopslag). Minder jongvee kan als indirecte maatregel door een hogere melkproductie per koe waardoor minder melkkoeien nodig zijn en dus ook minder jongvee ter vervanging of als directe

maatregel door het verminderen van het stuks jongvee per melkkoe ongeacht het productieniveau. Het is mogelijk om in Nederland het aantal stuks jongvee per 10 koeien met 1-2 dieren terug te brengen door onder andere verbeterde stal- en melktechnieken. Gemiddeld worden in Nederland 7,25 stuks jongvee (4 kalveren en 3,25 pinken) per 10 melkkoeien aangehouden (Tamminga et al., 2007). Bedrijven die bewust sturen op minder jongvee realiseren zonder problemen 6,0 stuks jongvee per 10 koeien. De verwachting is dat bij voldoende aandacht voor een duurzame melkkoe (management plus fokkerij) een jongvee bezetting van 5,0 stuks per 10 koeien haalbaar moet zijn. Voor de berekening nemen we aan dat het aantal stuks jongvee per 10 koeien daalt van 7,25 in 2005 naar 5,50 in 2020, dit betekent dus een reductie 24% in het aantal jongvee ten opzichte van 2005.

5.1.4 Aanpassingen in de melkveevoeding

De methaanemissie die ontstaat bij pensfermentatie is afhankelijk van de samenstelling van het rantsoen. Fermentatie van suikers en celwanden geeft veel CH₄ emissie en van zetmeel en eiwit weinig CH₄ emissie, terwijl vet geen CH₄ emissie geeft. Vet, fermentatiebestendig zetmeel (maïs) en eiwit (soja) fermenteren niet in de pens en dragen niet bij aan CH₄ emissie, maar worden wel goed verteerd in de darm en leveren de melkkoe energie voor melkproductie (Bannink et al., 2008). Door veranderingen van het rantsoen kan de methaanemissie worden verminderd. Hiervoor zijn drie mogelijkheden, verbetering ruwvoerkwaliteit, aanpassing krachtvoersamenstelling en additieven in de rundveevoeding.

De verwachting is dat een betere graskwaliteit minder methaan oplevert (Bannink et al., 2008). Omgekeerd, een lagere ruwvoerkwaliteit vanwege een lagere bemestingintensiteit om milieudoelen te realiseren verhoogt de CH₄ emissie. De voederwaarde van snijmaïs is minder gevoelig voor bemestingsniveau dan gras. Oogsten in een later rijpheidsstadium levert meer bestendig zetmeel, maar het is ook denkbaar dat via de weg van gewasveredeling meer zetmeel, bestendiger zetmeel bevatten en een hoger oliegehalte realiseerbaar zijn. Alle drie effecten zullen CH₄ verlagend werken (Tamminga et al., 2007). Het is niet duidelijk in welke mate het effect van een lagere bemesting en een verbeterd management elkaar compenseren. Met de huidige mestwetgeving lijken de mogelijkheden om de graskwaliteit te verbeteren beperkt te zijn. Om die reden wordt het CH₄ reducerend effect op een voorzichtige 2% ingeschat. Voor een hogere zetmeelbestendigheid van snijmaïs en inzet van rassen met hoog oliegehalte wordt een effect van 5% ingeschat. In combinatie met het verhogen van het aandeel snijmaïs in het rantsoen is de reductiepotentie veel hoger, maar dat blijkt in de praktijk nauwelijks inpasbaar.

Veranderingen van de krachtvoersamenstelling hebben een variabel effect op de CH₄ emissie. Krachtvoer met een meer bestendige zetmeel en eiwitfractie, of een hoger gehalte aan vet, zal een lagere CH₄ geven. Ook levert krachtvoer in vergelijking met gras als ruwvoer een lagere CH₄ emissie. Het reductiepotentieel is grotendeels additief voor de volgende maatregelen: een toename van het vetgehalte geeft 2% minder CH₄, een toename van het zetmeelgehalte en een meer bestendig zetmeel

samen 5% minder CH₄, en een toename van het eiwitgehalte en een bestendige vorm van eiwit samen 2% minder CH₄.

De microbiële populatie in de pens kan gestuurd worden door de toevoeging van zogeheten additieven: stoffen die direct of indirect de methanogenen remmen. Momenteel wordt, internationaal, onderzoek verricht naar werkzame, natuurlijke additieven die als alternatief kunnen dienen voor stoffen als *monensin* (Tamminga et al., 2007). Indien meerdere werkzame additieven voorhanden zijn die alternerend kunnen worden ingezet om adaptatie te omzeilen, dan lijkt een reductiepotentieel van 5% minimaal haalbaar.

De combinatie van alle voorgenoemde voedingsmaatregelen leidt tot een maximale reductie in CH₄ emissie van ongeveer 21% t.o.v. 2005. Aangezien het effect van alle maatregelen niet geheel additief zal zijn gaan we voor de berekening voor 2020 uit van een 15% lagere methaanemissie voor pensfermentatie door veranderingen in de melkveevoeding.

5.1.5 Mestvergisting

Mestvergisting is een belangrijke maatregel voor vermindering van de broeikasgasemissies. Door mestvergisting wordt een groot deel van de methaan emissie uit mestopslagen voorkomen en met het geproduceerde biogas kan energie worden opgewekt. Een verdere uitleg over de werking van mestvergisting en de berekeningsmethode staat in het volgende hoofdstuk onder varkenshouderij. Voor de melkveehouderij gaan we uit van een scenario waarbij alle mest uit de stallen van melkveehouderijen wordt vergist. Hiervoor zijn de volgende aannames gemaakt, gebaseerd op Zwart et al. (2006) en Biewenga et al. (2008):

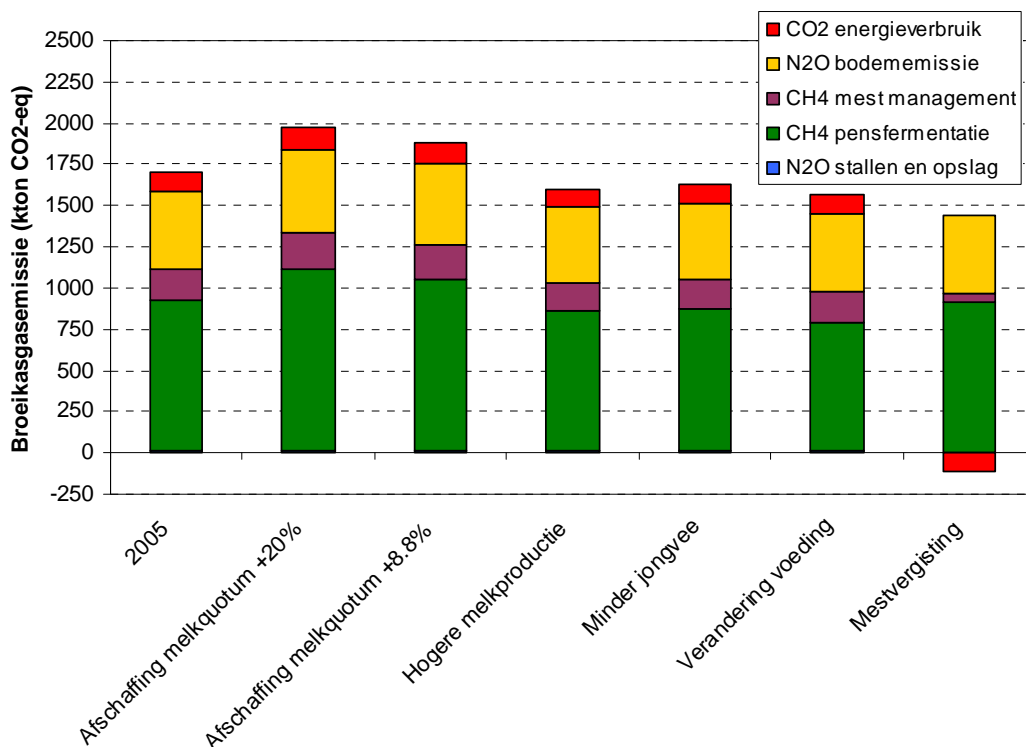
- 95% van de CH₄ en N₂O emissie uit mestopslag wordt voorkomen door vergisting
- Melkvee produceert 30 m³ mest per jaar en jongvee 8,1 m³ mest per jaar
- De weidegang blijft hetzelfde (hierdoor is 78% van melkvee mest en 59% van jongvee mest beschikbaar voor vergisting)
- Per m³ rundermest kan 25 m³ biogas worden geproduceerd
- De energie inhoud van biogas is 22 MJ/m³
- 1 MJ elektriciteit is 0,0694 kg CO₂-equivalenten en 1 MJ aardgas is 0,056 kg CO₂-equivalenten

5.1.6 Resultaten melkveehouderij

In Figuur 5.2 staan de resultaten van de effecten op de broeikasgasemissies van de verschillende scenario's in de melkveehouderij. Afschaffing van het melkquotum zonder verhoging van de melkproductiviteit leidt tot een 16% hogere uitstoot van broeikasgassen. Wanneer de productiviteit wel toeneemt de er nog steeds een toename van broeikasgasemissies maar dan met 10%. Rougoor et al. (2008)

concluderen dat de melkveehouderij bij een groei van 20% niet meer de Schoon en Zuinig doelstelling van 30% minder broeikasgasemissies t.o.v. 1990 kan realiseren zonder aanvullende reductiemaatregelen.

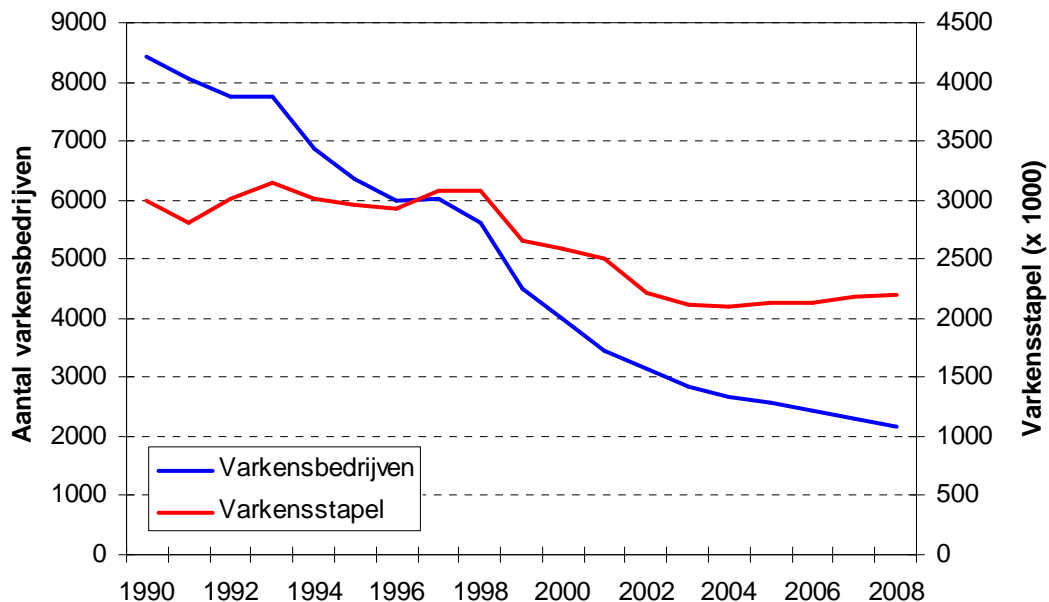
Door technologische ontwikkelingen kan echter ook een vermindering van de broeikasgasemissies bereikt worden bij gelijkblijvende totale melkproductie. Een hogere melkproductie per koe levert een reductie van 6% op, minder jongvee 4% en een verandering van voeding 8%. De maatregel met de grootste emissiereductie, namelijk 22%, is vergisting van alle mest uit de melkveehouderij. Deze reductie bestaat gedeeltelijk uit een voorkomen emissie van methaan en lachgas uit mestopslagen van 144 kton CO₂-equivalenten. Daarnaast levert de vergisting een hoeveelheid energie op waarmee de CO₂ emissie door energieverbruik gecompenseerd wordt en er nog 113 kton CO₂ vermindering behaald kan worden in de energiesector, doordat er minder fossiele brandstoffen nodig zijn. Voor mestvergisting wordt naast mest normaal ook een co-substraat gebruikt, vaak snijmaïs (zie ook de tekst bij het varkenshouderij hoofdstuk). Als alle mest uit de stallen van de melkveehouderijen in Gelderland vergist zou worden in een verhouding van 1:1 met snijmaïs, dan zou hiervoor een additioneel areaal van 133 duizend hectare nodig zijn. Dat komt overeen met 55% van het huidige landbouwareaal in de provincie Gelderland. Vergisting van alle mest uit de melkveehouderij zal beperkt worden door de beschikbare hoeveelheid co-substraat. Bij vergisting van alleen rundveemest is de energieopbrengst erg laag en daardoor niet rendabel.



Figuur 5.2. Effect van de verschillende ontwikkelingen en maatregelen op de broeikasgasemissie van de melkveehouderij sector in Gelderland

5.2 Varkenshouderij

De varkenshouderij was in 2005 de derde agrosector qua emissie van broeikasgassen in Gelderland. De varkensstapel in Gelderland is vrij constant voor de varkenspest van 1997 waren er in Gelderland ongeveer 3 miljoen varkens, en na de afname in de periode 1990-2001 is het aantal nu weer constant op ongeveer 2,2 miljoen varkens (Figuur 5.3). Voor varkens geldt in Nederland het dierrechtenstelsel, een systeem van productierechten dat is bedoeld om de hoeveelheid geproduceerde dierlijke mest te beperken. Dit dierrechtensysteem zal er voor zorgen dat de varkensstapel niet verder zal toenemen tot 2015. Wat er daarna gebeurt zal grotendeels afhangen van nieuwe mest- en milieuwetgeving. Het aantal varkensbedrijven in Gelderland is echter drastisch afgenomen, van meer dan 8000 in 1990 naar zo'n 2500 in 2005. Deze trend van schaalvergroting is nog steeds gaande. De verwachting is dat deze trend verder gaat, omdat de komende jaren emissiearme stallen verplicht worden vanwege de ammoniakwetgeving. Alleen grotere bedrijven zullen deze investeringen kunnen/willen doen.



Figuur 5.3. Ontwikkeling van de varkensstapel en het aantal varkensbedrijven in Gelderland

De grootste bron van broeikasgasemissies in de varkenshouderij is de methaan die vrijkomt uit de mestopslag. Een langere duur van de mestopslag en hogere temperaturen leiden hogere CH_4 emissie. Sinds het einde van de jaren tachtig is de bijdrage van mestopslagen toegenomen, omdat dierlijke mest in de winterperiode niet meer op het land mag worden uitgereden. Door verkorting van de duur van de mestopslag kan de methaanvorming worden verminderd. Een van de maatregelen die hiervoor kan zorgen is mestvergisting.

Vergisting is een proces waarbij door bacteriën organische stof wordt afgebroken. Hierbij wordt biogas gevormd, met als hoofdbestanddelen methaan en CO_2 . Dit

proces treedt spontaan in dierlijke mest. In een mestvergistingsinstallatie vindt de omzetting onder geconditioneerde omstandigheden plaats waardoor meer methaan vrijkomt. Het gevormde methaan wordt opgevangen en dient als brandstof voor een warmtekrachtkoppeling (WKK) waarmee elektriciteit en warmte wordt opgewekt. In een biogasinstallatie wordt emissie van methaan dus voorkomen. Tegelijkertijd wordt een grote hoeveelheid warmte en elektriciteit geproduceerd. De opgewekte warmte en elektriciteit kunnen op het eigen bedrijf worden gebruikt en de opgewekte elektriciteit kan ook aan het openbare net worden geleverd. Door de vermindering van de methaanemissie en de besparing op aankoop van elektriciteit en warmte daalt de totale emissie van broeikasgassen. De directe reductie door een lagere methaanemissie vanuit de mest wordt gerealiseerd door een verlaging van de mestopslagduur van gemiddeld 170 dagen naar ruim 30 dagen. Gemiddeld levert dit een jaarlijkse reductie op van ca. 513 ton CO₂-equivalent per biogasinstallatie. Daarnaast levert de biogasinstallatie nog een CO₂ reductie van 2250 ton door de productie van elektriciteit en besparing aan verwarming (Schellekens, 2008).

Vaak wordt gebruik gemaakt van co-vergisting, waarbij naast de mest andere producten worden toegevoegd, om de energieopbrengst te verhogen. Hiervoor kunnen gewasresten worden gebruikt, maar een recente ontwikkeling is de toevoeging van snijmaïs die hiervoor speciaal wordt geteeld (Zwart et al., 2006). Uit een studie van Schellekens (2008) blijkt dat per installatie gemiddeld 10.400 ton mest wordt vergist en ca. 7250 ton co-substraten. Deze bestonden vooral uit maïs en gras, maar door de gestegen prijzen voor landbouwproducten in de afgelopen 1,5 jaar wordt er meer overgeschakeld op het vergisten van producten uit de voeding- en genotmiddelenindustrie. Ook het gebruik van andere reststromen zoals gft-afval en bermgras als co-substraat biedt perspectieven.

Dunne varkensmest heeft een organisch stof gehalte van 5,5% en kan gemiddeld 350 m³ biogas per ton organische stof opleveren, waarvan het methaangehalte 60% is. Snijmaïs heeft daarentegen een organisch stof gehalte van 25% en kan per ton organische stof 575 m³ biogas opleveren, en is dus veel energierijker. Vergisting van alleen varkensmest zonder co-product heeft een negatieve energiebalans, en zal dan ook niet worden toegepast. Varkensmest in combinatie met snijmaïs (50%) heeft een netto energiebalans van bijna 9000 GJ (Zwart et al., 2006) voor een vergistingsinstallatie van 500 kW.

Het digestaat dat overblijft na vergisting wordt op veel bedrijven gebruikt voor besparing van kunstmeststikstof. Deze besparing is mogelijk door de hogere werkingsgraad van het stikstof uit het digestaat, omdat het meer ammoniumstikstof bevat. Voor deze studie gaan we er echter van uit dat het digestaat in de landbouw gebruikt wordt en dat de totale hoeveelheid toegediende stikstof niet veranderd. Verder worden de volgende aannames gebruikt voor de berekeningen, gebaseerd op Zwart et al. (2006) en Biewenga et al. (2008):

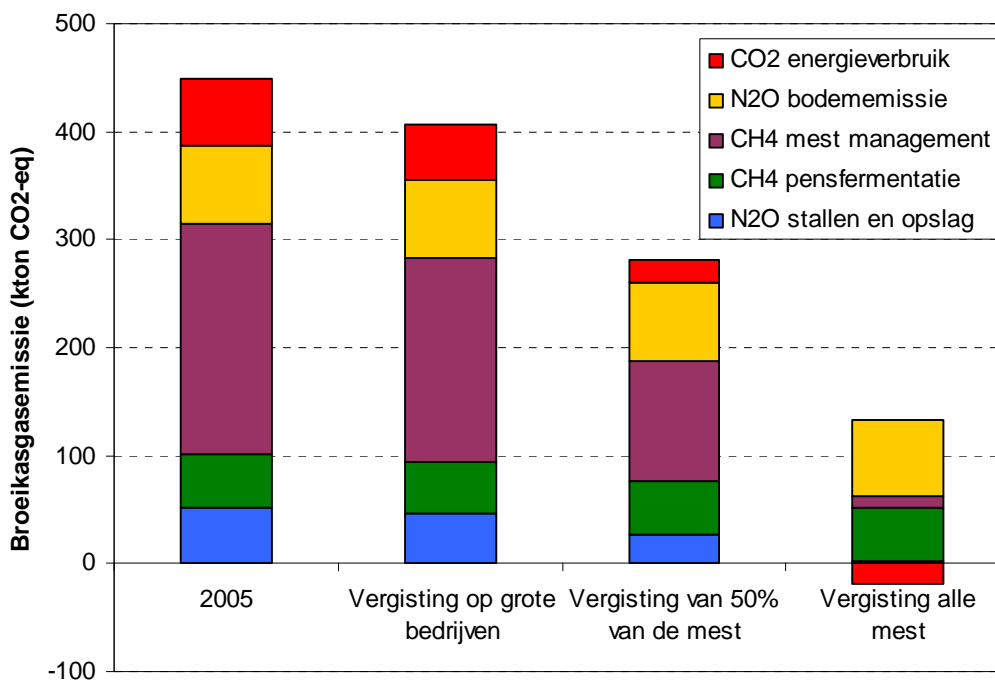
- 95% van de CH₄ en N₂O emissie uit mestopslag wordt voorkomen door vergisting
- Een varken produceert 1,7 m³ mest per jaar (combinatie van vleesvarkens en zeugen)

- Per m³ varkensmest kan 24 m³ biogas worden geproduceerd
- Per hectare snijmaïs kan 2127 m³ biogas worden geproduceerd (14,8 ton droge stof per hectare, 25% organische stof, en per ton organische stof 575 m³ biogas)
- De energie inhoud van biogas is 22 MJ/m³
- 1 MJ elektriciteit is 0,0694 kg CO₂-equivalenten en 1 MJ aardgas is 0,056 kg CO₂-equivalenten

Volgens een studie voor de provincie Friesland (Biewenga et al., 2008) is mestvergisting met de huidige generatie vergistingsinstallaties rendabel vanaf 4500 m³ mest. Dit betekent dat een bedrijf minimaal 150 melkkoeien of 2610 varkens (combinatie van zeugen en vleesvarkens) moet hebben. In 2007 waren er in Gelderland 65 bedrijven die meer dan 2000 varkens (zeugen + vleesvarkens) hadden van de in totaal 2842 varkensbedrijven. Wanneer we aannemen dat deze varkensbedrijven gemiddeld 2500 varkens hebben, betekent dit dat deze bedrijven samen ongeveer 12,5% van de totale hoeveelheid varkensmest produceren. Het is in de toekomst echter ook goed mogelijk dat bedrijven gezamenlijk een vergistingsinstallatie gaan gebruiken, of dat alle mest wordt opgehaald en centraal in grootschalige installaties wordt vergist. Daarom berekenen we de effecten op de broeikasgasemissies voor de volgende drie scenario's:

- Vergisting van mest op bedrijven met voldoende omvang
- Vergisting van de helft van alle varkensmest
- Vergisting van alle varkensmest

In Figuur 5.4 staan de resultaten voor de verschillende scenario's. Vergisting van alle varkensmest zou de broeikasgasemissies van methaan en lachgas uit de mestopslag met 253 kton CO₂-equivalenten verminderen. De energie die de vergisting opbrengt is daarnaast goed voor een voorkomen emissie van 80 kton CO₂. De varkenshouderij zou daarmee een netto leverancier van energie worden. Bij mestvergisting op alleen grote varkensbedrijven is de emissiereductie 9% en bij 50% van alle mest is de totale reductie 37%.



Figuur 5.4. Broeikasgasemissie van de Gelderse varkenshouderij in 2020 voor verschillende scenario's van mestvergisting.

Naast het effect op de broeikasgasemissie hebben we ook een berekening gemaakt van het benodigde areaal snijmaïs voor de verschillende scenario's. Hierbij gaan we er van uit dat mest en snijmaïs in een verhouding van 1:1 vergist worden. Ook hebben we een berekening gemaakt van de hoeveelheid elektriciteit die deze vergisting oplevert en voor hoeveel huishoudens dit voldoende zou kunnen zijn (een gemiddeld huishouden verbruikt 3300 kWh per jaar). Hiervoor hebben we aangenomen dat 1 m³ biogas 2,0 kWh aan elektriciteit oplevert, daarnaast wordt er ook nog warmte geproduceerd (Biewenga et al., 2008), maar dat wordt in de berekening buiten beschouwing gelaten.

De resultaten in Tabel 5.1 laten zien dat het benodigde areaal snijmaïs erg groot is. Bij vergisting van alle varkensmest in Gelderland is een additioneel areaal snijmaïs nodig van bijna 50 duizend hectare, dat is meer dan een verdubbeling ten opzichte van het areaal in 2005 (45 duizend hectare). Wel levert deze vergisting veel energie op en zou er voldoende elektriciteit geproduceerd worden voor bijna 100 duizend huishoudens. De broeikasgasemissies die met de teelt en het transport van de snijmaïs gemoeid zijn worden in deze studie buiten beschouwing gelaten. Voor een volledige vergelijking van de netto vermindering van emissies door mestvergisting zouden ook deze emissies moeten worden meegenomen.

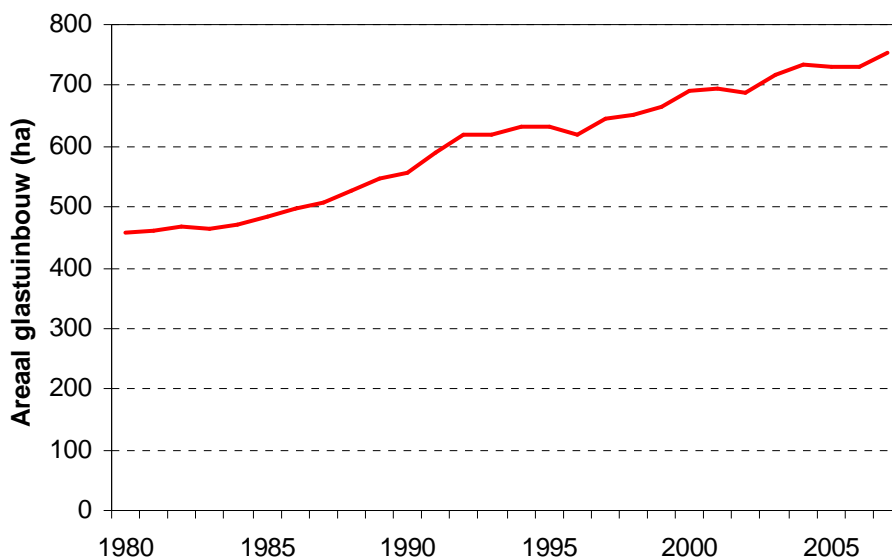
Tabel 5.1. Uitkomsten voor de verschillende scenario's van varkensmestvergisting in Gelderland

	Varkensmest 1000 m ³	Benodigd areaal snijmaïs ha	Elektriciteit uit mest MWh	Elektriciteit uit snijmaïs MWh	Huishoudens aantal
Vergisting op grote bedrijven	275	6 118	13 216	26 028	11 892
Vergisting van 50% van de mest	1101	24 474	52 863	104 111	47 568
Vergisting alle mest	2203	48 947	105 726	208 221	95 136

5.3 Glastuinbouw

5.3.1 Uitbreiding areaal glastuinbouw

De glastuinbouw in Gelderland is vanouds sterk vertegenwoordigd in de Bommelerwaard en het gebied tussen Arnhem en Nijmegen (landbouwontwikkelingsgebied Bergerden). De totale omvang van de glastuinbouw in is qua areaal bijna 7% van het landelijke totaal. Het areaal op de sierteeltbedrijven (bloementeelt en de pot- en perkplantenteelt) maakt hiervan het grootste deel uit. Al sinds de jaren tachtig breidt het areaal glastuinbouw zich gestaag uit met ongeveer 12 ha per jaar (Figuur 5.5).



Figuur 5.5. Ontwikkeling van het areaal glastuinbouw in Gelderland

Het ruimtelijke ordeningbeleid is in Nederland gericht op concentratie in gebieden met grotere glasoppervlakten en het van glasopstanden vrijmaken van landschappelijk aantrekkelijke gebieden (van Kessel et al., 2005). In het streekplan Gelderland 2005 (2005-2015) zijn twee concentratiegebieden aangewezen voor de glastuinbouw: Bergerden met circa 350 ha netto glas en de Bommelerwaard met circa

450 ha netto glas (Ruis, 2006). Het bestaande glastuinbouwgebied Bergerden, dat nu 150 ha netto glas omvat, biedt vooralsnog voldoende ruimte. Uitbreiding van de glasteelten in de Bommelerwaard staat onder druk vanwege de discussies over watermanagement. Het gaat hier om de invloed van glasteelten op de waterkwaliteit in de afgedamde Maas, wat uiteindelijk als drinkwater wordt gebruikt in het westen van Nederland (Oosterkamp et al., 2006).

Het streekplan Gelderland 2005 biedt de tuinbouwbedrijven de mogelijkheden om tot 2015 in totaal circa 1200 ha glas te realiseren. Dit is bijna 500 ha meer dan het areaal glas in 2005. Voor heel Nederland wordt in 2015 een areaal glastuinbouw van ongeveer 11 500 ha netto glas verwacht, een toename van 1000 ha. Het is niet aannemelijk dat Gelderland bijna 50% van de verwachte groei voor de Nederlandse glastuinbouw zal omvatten, aangezien ook andere (glastuinbouw)provincies streek- en bestemmingsplannen hebben met mogelijkheden voor de ontwikkeling van nieuw en duurzaam glas. De groeiplannen van alle provincies bij elkaar zullen de verwachte groei van het areaal glas in Nederland ruimschoots overschrijden (Ruis, 2006).

Voor deze studie nemen we aan dat de uitbreiding van de glastuinbouw het streekplan van Gelderland uit 2005 zal volgen en dat in 2020 het areaal in de Bommelerwaard zal zijn toegenomen met 150 hectare (nu 300 ha), in Bergerden met 200 ha (nu 150 hectare), en in de rest van Gelderland met 125 ha (nu 275 ha), gebaseerd op Ruis (2006). Dit betekent een toename van 66% van het netto glas areaal.

5.3.2 Energiebesparing in de glastuinbouw

In de glastuinbouw wordt een belangrijke hoeveelheid energie gebruikt. Van het aardgasverbruik in Nederland neemt de glastuinbouw zo'n 10% voor zijn rekening. In Gelderland bedraagt de broeikasgasemissie van de glastuinbouw bijna 15% van de totale emissie uit de landbouw. De totale CO₂ emissie is sinds 1990 na een aanvankelijke toename de laatste jaren gedaald (Tabel 5.2). De energie-efficiëntie (EE) index, die de hoeveelheid energie per product weergeeft is daarentegen wel verbeterd (100 is de referentiewaarde voor 1980) (van der Knijff et al., 2004). In 1990 bedroeg de gemiddelde CO₂ emissie 70,8 kg CO₂/m² glas en in 2005 was dat 71,9 kg CO₂/m². De gemiddelde productie per vierkante meter glas is echter wel toegenomen, waardoor de energie-efficiëntie uiteindelijk is verhoogd. Door de liberalisering van de aardgas- en elektriciteitsmarkt is de tariefstructuur voor energie gewijzigd waardoor de marginale prijs lager is geworden. Dit heeft een belangrijke invloed op de economische mogelijkheden voor energiebesparing.

Tabel 5.2. Ontwikkeling van de CO₂-emissie en de EE-index in de glastuinbouw (van der Knijff et al., 2004)

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
CO ₂ emissie (Mton)	7,6	8	8,2	7,7	7,9	7,9	7,7	7,3	7,5	7,4
EE-index (%)	67	60	63	58	60	57	56	52	52	51

Tussen de overheid en de glastuinbouwsector bestaat sinds 2004 een Convenant Glastuinbouw en Milieu waarin voor energiedoelen over energie-efficiëntie en over het gebruik van duurzame energie zijn opgenomen. Hiervoor is een CO₂-streefwaarde van 6,5 Mton overeengekomen voor de jaren 2008 t/m 2012 bij gelijkblijvend areaal. Daarnaast hebben de Stichting Natuur en Milieu en LTO Glaskracht de gezamenlijke ambitie om de glastuinbouw klimaatneutraal te maken. Zij hebben afgesproken om in 2020 de CO₂-emissie te reduceren met 45% ten opzichte van 1990. Dit komt neer op een CO₂-reductie van 3,1 Mton per jaar in 2020. Het gezamenlijke streven is dat de CO₂-emissie van de sector in 2030 verder is afgenomen met 75%.

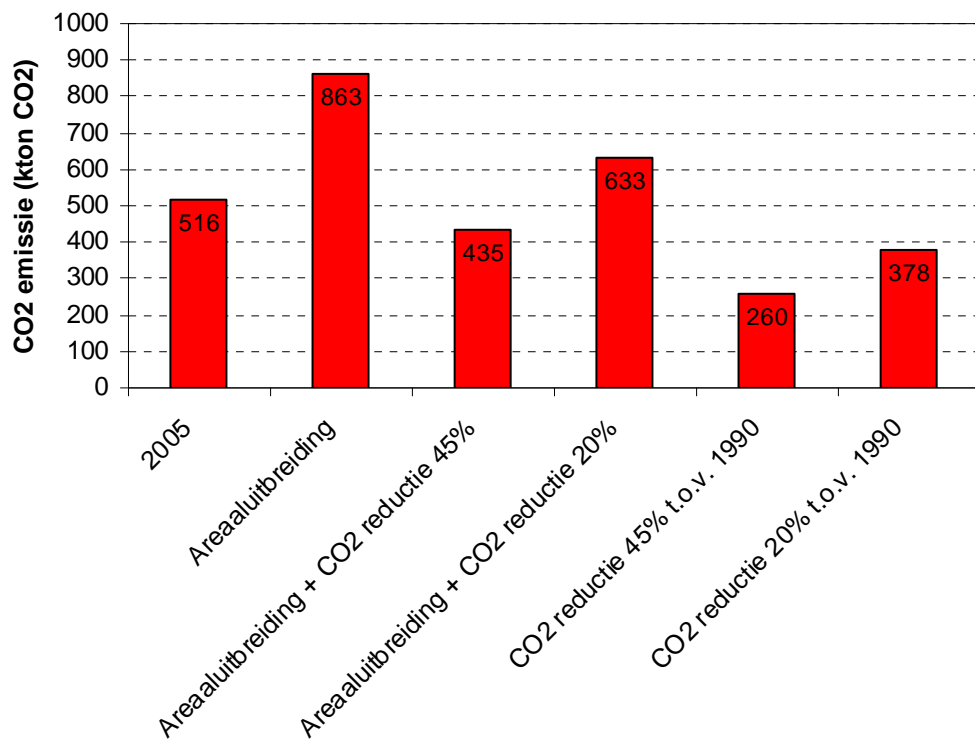
Deze CO₂-reductie moet gerealiseerd gaan worden door verdergaande energiebesparing en door een grotere inzet en levering van hernieuwbare energie. De volgende ontwikkelingen kunnen tot 2020 een belangrijke bijdrage leveren aan deze CO₂-reductie:

- (Semi-)gesloten kassen
- Aardgas-warmtekrachtkoppeling (WKK), hierbij wordt gelijktijdig elektriciteit en warmte geproduceerd, wat kan leiden tot een energiebesparing van 10 tot 20% met een goed uitgevoerde WKK.
- Aardwarmte
- Clustering van glastuinbouwbedrijven
- Energiebesparing

Voor deze studie gaan we voor 2020 uit van een CO₂ emissiereductie van 45% ten opzichte van 1990, zoals afgesproken in het convenant tussen de Stichting Natuur en Milieu en LTO Glaskracht. Daarnaast nemen we ook een scenario van 20% reductie mee, aangezien de doelstelling van 45% erg ambitieus lijkt gezien trend in broeikasgasemissies in de periode 1990-2005. Ten opzichte van 2005 betekent dat een reductie van respectievelijk 50% en 27%.

5.3.3 Resultaten glastuinbouw

In Figuur 5.6 staan de broeikasgasemissies voor de verschillende scenario's van areaaluitbreiding en energiebesparing in de Gelderse glastuinbouw. Wanneer het areaal glastuinbouw volgens het bestemmingsplan zou worden uitgebreid betekent dit een toename van 67% van de CO₂ emissie zonder extra energiebesparende maatregelen. Uitbreiding met sterke energie besparende maatregelen vermindert de CO₂ emissie met 16%. Zonder areaaluitbreiding kan wel een 50% reductie in broeikasgasemissies worden bereikt, als de sector sterk gaat inzetten op energiebesparing.



Figuur 5.6. Broeikasgasemissie van de Gelderse glastuinbouw in 2020 voor verschillende scenario's van areaaluitbreiding en CO₂-reductie maatregelen.

6. Conclusies en aanbevelingen

6.1 Nulmeting broeikasgasemissies

De land- en tuinbouw dragen in Nederland voor 13% bij aan de totale broeikasgasemissies. Deze studie geeft een overzicht van de broeikasgasemissies van kooldioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) per agrosector in Gelderland. Deze emissies zijn berekend met een standaard systematiek en gebaseerd op dezelfde basisdata die gebruikt wordt voor de nationale rapportage van Nederland. Deze berekeningen geven inzicht in de emissies van broeikasgassen voor de jaren 1990 (het referentiejaar voor het Kyoto protocol) en 2005 (als startpunt c.q. nulmeting voor het programma Gelderland Biobased 2008). De analyse van de gegevens leidt tot de volgende conclusies en aanbevelingen.

Vergelijking broeikasgasemissies 1990 en 2005

- De totale broeikasgasemissie uit de Gelderse land- en tuinbouw is in de periode 1990-2005 met bijna 18% gedaald. Hiermee is de sector al goed op weg naar de doelstelling van 30% reductie in 2020, maar er zijn nog wel flinke stappen nodig, zeker wanneer de veestapel weer zal toenemen.
- De verschillen tussen de agrosectoren onderling zijn groot: in de melkveehouderij en vleesveehouderij zijn de emissies met 26% respectievelijk 33% gedaald, terwijl de emissie in de glastuinbouw met 32% is toegenomen.
- De verandering in broeikasgasemissies is vooral gerelateerd aan veranderingen in de omvang van de veestapel en het areaal glastuinbouw. De reductie van broeikasgasemissies in de periode 1990-2005 is dus vooral veroorzaakt door structurele veranderingen in de agrosectoren, en slechts in beperkte mate door op emissiereductie gerichte maatregelen.
- De melkveehouderij sector is in Gelderland de grootste bron van broeikasgasemissies met 1700 kton CO₂-equivalenten in 2005. Dat is bijna 48% van alle broeikasgasemissies uit de Gelderse land- en tuinbouw. Binnen de melkveehouderij zijn methaan uit pensfermentatie en lachgas uit bodememissies veruit de belangrijkste bronnen en fors groter dan CO₂.
- De glastuinbouw is in 2005 qua broeikasgasemissies de tweede sector met een emissie van 516 kton CO₂. Deze emissie wordt vooral veroorzaakt door energieverbruik voor verwarming van kassen.
- De intensieve veeteelt (varkens, pluimvee en vleeskalveren) is qua omvang een belangrijke sector in Gelderland. De broeikasgasemissie van deze sector in Gelderland is echter relatief beperkt met 23,8% van de totale broeikasgasemissie uit de land- en tuinbouw.
- In de Gelderse bossen neemt de vastlegging van koolstof toe en dit komt vooral door een afname van de houtoogst en afvoer in die periode. De netto koolstofbalans van het landgebruik 'bos' is veranderd van -721 kton CO₂ in 1990 naar -821 kton CO₂ in 2005.

Regionale verdeling van broeikasgasemissies

- De regio's in Gelderland met de hoogste broeikasgasemissies zijn de Gelderse vallei, de Bommelerwaard en het gebied tussen Arnhem en Nijmegen.
- In de Gelderse Vallei worden deze hoge emissies vooral veroorzaakt door de combinatie van melkveehouderij en intensieve veehouderij, terwijl in de Bommelerwaard en het gebied tussen Arnhem en Nijmegen vooral de glastuinbouw zorgt voor hoge emissies.
- Gebieden waar veel mest geproduceerd wordt, zijn de Gelderse Vallei en de Achterhoek. Deze twee regio's zijn daardoor het meest geschikt voor lokale be- en verwerking van mest o.a. via grootschalige mestvergisting.

6.2 Effect van economische en technologische ontwikkelingen op broeikasgasemissies

De verkenning van de effecten van economische en technologische ontwikkelingen op de broeikasgasemissies laat zien dat er in de Gelderse landbouw zeer zeker kansen zijn voor verdere vermindering van de broeikasgasemissies in de landbouw, maar dat er ook een reëel risico is op verhoging van die emissies. Tabel 6.1 geeft een overzicht van het effect op de broeikasgasemissies van de verschillende economische en technologische ontwikkelingen in de melkveehouderij, de varkenshouderij en de glastuinbouw. Deze trendanalyse en het doorrekenen van een selectie van emissiereducerende maatregelen zijn slechts een verkennende eerste stap. Nadere verkenningen en analyses kunnen leiden tot een gedetailleerde kwantificering van mogelijkheden en integrale analyse van realiseerbare effecten op veranderingen in de omvang van broeikasgasemissies in Gelderland.

Tabel 6.1. Overzicht van het effect van economische en technologische ontwikkelingen voor de verschillende agrosectoren op toekomstige broeikasgasemissies t.o.v. de emissies in 2005

Maatregel	absolute verandering kton CO ₂ -equivalent	relatieve verandering (%)
Melkveehouderij		
Afschaffing melkquotum, 20% uitbreiding veestapel	277	16
Afschaffing melkquotum, 8.8% uitbreiding veestapel	177	10
Hogere melkproductie	-102	-6
Minder jongvee	-68	-4
Aanpassingen in de melkveevoeding	-137	-8
Volledige mestvergisting	-371	-22
Varkenshouderij		
Vergisting op grote bedrijven	-42	-9
Vergisting van 50% van de mest	-166	-37
Vergisting van alle mest	-333	-74
Glastuinbouw		
Areaaluitbreiding	347	67
Areaaluitbreiding + CO ₂ reductie 45%	-81	-16
Areaaluitbreiding + CO ₂ reductie 20%	117	23
CO ₂ reductie 45% t.o.v. 1990	-256	-50
CO ₂ reductie 20% t.o.v. 1990	-138	-27

Melkveehouderij

- Afschaffing van het melkquotum zal in Gelderland zeer waarschijnlijk leiden tot uitbreiding van de melkveestapel, waarmee ook de broeikasgasemissies zullen toenemen.
- Een toename van de melkproductiviteit per koe kan een deel van deze toename in emissies voorkomen.
- Andere gerichte maatregelen zoals minder jongvee en aanpassingen in de melkveevoeding kunnen zorgen voor een verdere vermindering van de broeikasgasemissies.
- Mestvergisting biedt verdere en goede perspectieven voor een aanzienlijke vermindering van de emissies in de melkveehouderij. Deze reductie wordt bereikt door het voorkomen van methaan en lachgas emissies uit mest en de productie van groene energie. Ook zou het kunnen leiden tot een afname in kunstmestgebruik. De benodigde hoeveelheid co-substraat om mestvergisting voldoende energie te laten leveren en rendabel te maken kan echter een beperking vormen voor grootschalige toepassing.

Varkenshouderij

- Mestvergisting is in de varkenshouderij in Gelderland de enige maatregel waarmee op korte termijn een significante reductie van broeikasgasemissies in deze sector kan worden bereikt.
- Als alle varkensmest in Gelderland zou worden vergist levert dat een reductie op van 74% van de broeikasgasemissies uit de varkenshouderij. Deze reductie bestaat vooral uit voorkomen emissies van methaan en lachgas uit mest.
- Net als in de melkveehouderij kan de benodigde hoeveelheid co-substraat de beperking vormen voor volledige ontwikkeling en implementatie van mestvergisting.

Glastuinbouw

- De geplande areaaluitbreiding in de Gelderse glastuinbouw vormt een serieuze bedreiging voor de reductie van broeikasgasemissies.
- Energiebesparende maatregelen kunnen in de glastuinbouw leiden tot een flinke reductie van de CO₂ emissie. Hiervoor zal de sector echter flink moeten investeren in energiebesparing, aangezien de absolute CO₂ emissie in de periode 1990-2005 is toegenomen.

Tenslotte staat hieronder een samenvatting van de maatregelen waar op korte termijn de meeste reducties van broeikasgasemissies zijn te behalen voor de drie agrosectoren:

- Binnen de melkveehouderij zijn vooral de emissies door pensfermentatie en de lachgasemissies uit landbouwbodems de grootste bronnen. Voor mitigatie van deze emissies zijn verschillende maatregelen mogelijk (o.a. verhoging melkproductiviteit, voermaatregelen, en efficiëntere bemesting). Een nadere verkenning zal duidelijk moeten maken welke impact de verschillende maatregelen hebben op de bedrijfsvoering en welke maatregelen het meest kosteneffectief zijn.

- In de intensieve veehouderij sector zijn mestgerelateerde emissies de grootste bron. Mestvergisting is een maatregel met vele voordelen en een groot mitigatiepotentieel. Wel zullen deze voordelen verder verkend moeten worden, en moet worden onderzocht op welke schaal mestvergisting het meest efficiënt kan worden toegepast, en wat de beschikbaarheid van co-vergistingsmateriaal is.
- In de glastuinbouw sector zal het gebruik van fossiele brandstoffen voor energie moeten worden verminderd. De uitdaging is forse energiebesparing door innovatieve technische ontwikkelingen, bijvoorbeeld de energieproducerende kas.

Referenties

- Berkhout, P. en C. van Bruchem (red.) 2007. Landbouw-economisch bericht 2007. LEI, Den Haag.
- Berkum, S. van. 2008. De internationale zuivelmarkt nu en inde toekomst. LEI, Den Haag.
- Berkum, S. van, C. J.A.M. de Bont, J.F.M. Helming en W. van Everdingen. 2006. Europees zuivelbeleid in de komende jaren; wegen naar afschaffing van de melkquotering. LEI rapport 6.06.12. LEI, Den Haag.
- Biewenga, G., T. Wiersma, K.Kooistra en H.J.C. van Dooren. 2008. Monitoring mestvergiftiging in de provincie Fryslân. Rapport 104. Animal Sciences Group, Wageningen UR, Lelystad.
- Dirkse, G.M., W.P. Daamen, H. Schoonderwoerd, M. Japink, M. van Jole, R. van Moorsel, P. Schnitger, W.J. Stouthamer, M. Vocks. 2007. Meetnet Functie Vervulling bos 2001-2005. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit , rapport DK nr 2007/065, Ede. 84 p.
- 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 Rapport 680716002/2007. RIVM, Bilthoven.
- Hees, A.F.M. van en S. Clercx 1999. Dead wood in the forest. De levende natuur.
- Hoek, K.W. van der. en M.W. van Schijndel. 2006. Methane and nitrous oxide emissions from animal manure management, 1990 - 2003. Background document on the calculation method for the Dutch National Inventory Report. RIVM report 680125002, MNP report 500080002. Bilthoven.
- IPCC. 2003. LUCF Sector Good Practice Guidance. Penman et al. (Eds.), IPCC Good practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. IPCC NGGIP Programme. Published by IGES for IPCC. Japan.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4 – Agriculture, forestry and other land use. IGES, Japan.
- Jaarsveld, J.A. van. 2004. Het Operationele Prioritaire Stoffen model. RIVM rapport 500045001/2004. Bilthoven.
- Knijff, A. van der, J. Benninga en C. Reijnders. 2004. Energie in de glastuinbouw van Nederland – Ontwikkelingen in de sector en op bedrijven t/m 2003. LEI, Den Haag.
- Lesschen, J.P., P.J. Kuikman, A. Bannink, G.J. Monteny, L. Šebek en G.L. Velthof. 2008. Klimaatmaatregelen in de agrosectoren en de afwentelingseffecten. Alterra, Wageningen.
- Maas, C.W.M. van der, P.W.H.G. Coenen, P.G. Ruysenaars, H.H.J. Vreuls, L.J. Brandes, K. Baas, G. van den Berghe, G.J. van den Born, B. Guis, A. Hoen, R. te Molder, D.S. Nijdam, J.G.J. Olivier en C.J. Peek. 2008. Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2006. National Inventory Report 2008. MNP, Bilthoven.

- Menkveld, M. 2001. Verificatie CO₂-meter voor de stichting FACE. ECN, Petten.
- Provincie Gelderland. 2008. Aanpakken en aanpassen – Gelders klimaatprogramma 2008-2011. Provincie Gelderland, Arnhem.
- Rougoor, C.W., E.A.P. van Well, E.V. Elferink en F.C. van der Schans. 2008. Afschaffing zuivelquotering – Analyse van de milieueffecten. CLM, Culemborg.
- Ruijs, M. 2006. Ontwikkeling glastuinbouw in Gelderland vraag heroverweging. Agri-monitor, LEI, april 2006.
- Schijndel, M.W. van, G.J. Nabuurs, I.J. van den Wyngaert, W.D. Daamen, A.T.F. Helmink, W. de Groot, W.C. Knol, H. Kramer en P. Kuikman. 2005. National system of greenhouse gas reporting for forest and nature areas under UNFCCC in the Netherlands. Alterra report 1035-1. Alterra, Wageningen. 57 p.
- Silvis, H.J., C.J.A.M. de Bont, F.F. Helming, M.G.A. van Leeuwen, F. Bunte en J.C.M. van Meijl. 2009. De agrarische sector in Nederland naar 2020; Perspectieven en onzekerheden. Rapport 2009-021. LEI, Den Haag.
- Smink, W., K.W. Van der Hoek, A. Bannink and J. Dijkstra. 2005. Calculation of methane production from enteric fermentation in dairy cows. Wageningen/Bilthoven
- Spakman, J., M.M.J. van Loon, R.J.K. van der Auweraert, D.J. Gielen, J.G.J. Olivier en E.A. Zonneveld. 1997. Methode voor de berekening van broeikasgasemissies. Publicatiereeks Emissieregistratie 37b. VROM, Den Haag.
- Tamminga, S., Bannink, A., Dijkstra, J. en Zom, R. 2007. Feeding strategies to reduce methane loss from cattle. ASG report 34. Lelystad.
- van Kessel, H., F. van Heest, B. McCarthy en E. Otterman. 2005. Ruimtelijk beleid glastuinbouw – Beleidsevaluatie van het ruimtelijk beleid glastuinbouw in de 10 LOG's. NovioConsult van Spaendonck BV, Nijmegen. 126 p.
- Velthof, G.L. en B. Fraters 2008. Nitraatuitspoeling in duinzand en lössgrond. WOT rapport 54. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.
- 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 van lachgasemissies uit bemeste landbouwgronden - Een systeemanalyse. Alterra, Wageningen, 68 p.
- Velthof, G.L., D. Oudendag, H.P. Witzke, W.A.H. Asman, Z. Klimont en O. Oenema 2009. Integrated Assessment of Nitrogen Losses from Agriculture in EU-27 using MITERRA-EUROPE. Journal of Environmental Quality, 38: 402-417.
- Wyngaert, I.J.J. van den, W. de Groot, P.J. Kuikman. G.J. Nabuurs 2007. Updates of the Dutch National system of greenhouse gas reporting of the LULUCF sector. Alterra report 1035-5. Alterra, Wageningen. 43 p.
- Zwart, K.B., D.A. Oudendag, P.A.I. Ehlert en P.J. Kuikman. 2006. Duurzaamheid co-vergisting van dierlijke mest. Alterra-rapport 1437. Alterra, Wageningen. 70 p.

Begrippenlijst

Broeikasgassen

Broeikasgassen zijn de atmosferische gassen die verantwoordelijk zijn voor de opwarming van de aarde. De belangrijkste broeikasgassen zijn koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O).

Global warming potential (GWP)

De Global Warming Potential (GWP), in het Nederlands aardopwarmingsvermogen, is een index die het gecombineerde effect van de verschillende verblijftijden en de relatieve effectiviteit van het adsorptie vermogen van broeikasgassen weergeeft. De index wordt uitgedrukt in CO₂-equivalenten. De belangrijkste broeikasgassen en hun relatieve GWP waarden zijn: koolstofdioxide (CO₂) 1, Methaan (CH₄) 25 en lachgas (N₂O) 298.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Het IPCC of het Intergovernmental Panel on Climate Change (www.ipcc.ch) is een organisatie van de Verenigde Naties, opgericht in 1988, om de risico's van klimaatverandering te evalueren. Het panel van IPCC bestaat uit honderden experts uit de hele wereld, vanuit universiteiten, onderzoekscentra, ondernemingen, milieuorganisaties en andere organisaties. Het IPCC doet zelf geen onderzoek, maar evalueert onderzoek dat is gepubliceerd in gereviewde wetenschappelijke tijdschriften.

Koolstofdioxide (CO₂)

Koolstofdioxide (molecuulformule CO₂) is het belangrijkste broeikasgas. Naast de natuurlijke bronnen (bodems, venen, bosbranden, vulkanen en CO₂ uitwisseling uit zeeën) is de belangrijkste menselijke bron van CO₂ de verbranding van fossiele brandstoffen.

Kyoto Protocol

Een internationale overeenkomst die op zichzelf staat, maar dient te worden bekrachtigd door de afzonderlijke regeringen, en is gekoppeld aan UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). Het Kyoto protocol bevat onder andere bindende doelstellingen voor de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen door de (meeste) geïndustrialiseerde landen.

Lachgas (N₂O)

Lachgas (molecuulformule N₂O) is één van de belangrijke broeikasgassen. De broeikaswerking van N₂O is 298 keer sterker dan die van CO₂. De belangrijkste bronnen van lachgas zijn landbouw met gebruik van dierlijke en kunstmeststoffen (33 %), chemische industrie waaronder de kunstmestindustrie (38 %), verbranding van fossiele brandstoffen (28%) en afvalverbranding (11%).

Methaan (CH₄)

Methaan (molecuulformule CH₄) is één van de belangrijke broeikasgassen. De broeikaswerking van CH₄ is 25 keer sterker dan die van CO₂. Het ontstaat onder andere bij afbraak van organische stoffen door bacteriën onder anaerobe omstandigheden. Anaerobe (zuurstofloze) omstandigheden komen veelal in moerasbodems voor. Ook herkauwers (vooral runderen) produceren veel methaan door de vertering van voedsel in de voormagen (zie pensfermentatie). Daarnaast komt ook methaan vrij uit mestopslagen waar organische stof onder anaerobe omstandigheden wordt afgebroken.

Mitigatie

Met de term mitigatie worden in klimaatbeleid maatregelen geduid die beogen emissies van de broeikasgassen te verminderen. Mitigatie kan plaatsvinden door het reduceren van broeikasgasemissies, CO₂-afvang en opslag, het voorkómen van ontbossing, en herbebossing en het vermijden dan wel verminderen van emissies van lachgas en methaan.

Nationaal Systeem rapportage emissies broeikasgassen

Nederland heeft een nationaal systeem voor monitoring van en rapportage over broeikasgasemissies in een jaarlijks zogenaamd National Inventory Report aan UNFCCC (en aan EU). Dit systeem omvat o.a. een set monitoring protocollen inclusief methoden en rekenregels en een systeem voor kwaliteitsbewaking & -beheer van data (www.broeikasgassen.nl).

Pensfermentatie

Pensfermentatie is het verteren van voedsel door micro-organismen (bacteriën, protozoën en schimmels). Bij deze anaerobe vertering ontstaan kortketen vetzuren en eiwitten in micro-organismen zijn voedingsstoffen voor de herkauwer. Een groot deel van het voer voor herkauwers bestaat uit vezelrijk materiaal (zoals cellulose van gras) dat dieren niet zelf kunnen verteren. Bij deze pensfermentatie zetten de micro-organismen de voedingsvezels om in stoffen die herkauwers wel zelf kunnen verteren. Naast deze voedingsstoffen ontstaan ook de gassen methaan en kooldioxide. Deze boert een herkauwer regelmatig uit, wat bijdraagt aan de broeikasgasemissies.

Vergisting en co-vergisting

Bij vergisting worden door micro-organismen in een anaeroob dissimilatieproces koolhydraten omgezet in onder andere methaan (biogas) en andere producten (digestaat). Welke digestaat worden gemaakt is vooral afhankelijk van de aanwezige stoffen. Digestaat kan over het algemeen als meststof worden gebruikt. Natte biomassa wordt steeds meer vergist in vergistingsinstallaties. Bij covergisting wordt een natte biomassa (meestal mest) toegevoegd aan een andere biomassa (zoals een landbouwproduct of een nevenproduct uit de voedingsindustrie). Er bestaat een zogenaamde groene lijst met stoffen die toegestaan zijn in vergistingsinstallaties.