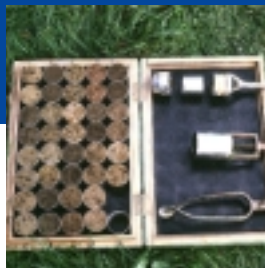
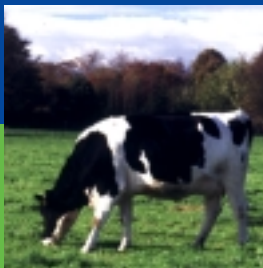




Beperking van lachgasemissie door gebruik van klaver in grasland

Een systeemanalyse

W.J. Corré & J.B. Pinxterhuis



Alterra-rapport 114.4, ROB-klavergrasland

Beperking van lachgasemissie door gebruik van klaver in grasland

In de serie 'Reductie Lachgasemissie door ontwikkeling van Best Management Practices' zijn verschenen:

- 114.1 Beperking van lachgasemissie uit beweid grasland: een systeemanalyse
- 114.2 Beperking van lachgasemissie uit bemeste landbouwgronden: een systeem-analyse
- 114.3 Beperking van lachgasemissie uit gewasresten: een systeemanalyse
- 114.4 Beperking van lachgasemissie door gebruik van klaver in grasland: een systeemanalyse
- 114.5 Beperking van lachgasemissie bij het scheuren van grasland: een systeem-analyse
- 114.6 Beperking van lachgasemissie door waterbeheer; een systeemanalyse

Beperking van lachgasemissie door gebruik van klaver in grasland

Een systeemanalyse

**W.J. Corré¹
J.B. Pinxterhuis²**

¹ Plant Research International, Wageningen

² Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad

Alterra-rapport 114-4

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000

REFERAAT

W.J. Corré en J.B. Pinxterhuis, 2000. *Beperking van lachgasemissie door gebruik van klaver in grasland; een systeemanalyse*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 114-4. 54 blz.; 3 fig.; 7 tab.; 36 ref.; 3 aanh.

In het kader van het Reductie Plan Overige Broeikasgassen project 1.4 getiteld "Richtlijnen voor beheer van klaver in grasland", worden de mogelijkheden bestudeerd voor het verminderen van de lachgasemissie uit landbouwgronden door gebruik van klaver ter vervanging van (een deel van de) genodigde kunstmest. In deze deskstudie wordt een vergelijking gemaakt tussen grasland met en zonder klaver bij een gelijke opbrengst, zodat het effect van verlaging van het N-niveau gescheiden wordt van het effect van het gebruik van klaver. De principiële emissieverlagende maatregel binnen dit project is de vervanging van kunstmest door klaver bij gelijkblijvende opbrengst.

Gebruik van klaver gaat gepaard met een duidelijke verlaging van de emissie van N₂O en CO₂ bij de productie en distributie van kunstmest. Deze bedraagt 10,7 kg CO₂-eq. per kg kunstmest-N in de vorm van ammoniumnitraat, verreweg de meest gebruikte vorm van kunstmest-N in Nederland. Een emissievermindering van 0,1 Mt CO₂-equivalenten per jaar (als gevolg van een verminderde emissie uit productie en distributie) lijkt bereikbaar bij uitbreiding van het areaal grasland met klaver met een oppervlak in de orde van 50.000 tot 60.000 ha. Dit is ongeveer 10% van het in principe voor gebruik van klaver geschikte oppervlak grasland in Nederland van 600.000 ha. Bij een maximale vervanging van kunstmest-N door klaver op hiervoor geschikte grond zou dus een emissievermindering in de orde van 1,0 Mt CO₂-equivalenten per jaar mogelijk zijn. De maatregel vervanging van kunstmest door klaver is rendabel bij N-bemesting van 200-250 kg per ha per jaar en niet bij het gangbare bemestingsniveau. Onder MINAS zal dit huidige bemestingsniveau dalen en is deze maatregel effectief met hoge kostenefficiëntie.

Trefwoorden: broeikasgas, grasland, klaverstikstof, kunstmest, lachgas

ISSN 1566-7197

Opdrachtnummer NOVEM: 374299/0040

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 40,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 114-4. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd 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 is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	11
2 Beschrijving van het systeem	13
2.1 Areaal grasland en gras/klaver in Nederland	13
2.2 Kwantificering van de stikstofbinding door klaver	14
2.3 Kwantificering van de besparing van meststof N bij gebruik van klaver	15
2.4 Stikstofstromen in grasland met klaver en grasland zonder klaver	16
3 Kwantificering van lachgasemissie uit grasland met klaver	20
3.1 Literatuurstudie	20
3.2 Emissiefactoren	21
3.3 Schatting van N ₂ O-emissie uit grasland met en zonder klaver	22
4 Sturende factoren	29
5 Mogelijke maatregelen om N ₂ O-emissie te beperken	33
6 Kennishiaten en gewenst vervolgonderzoek	37
6.1 Kwantificering van N ₂ O-emissie uit door klaver gebonden stikstof	37
6.2 Maatregelen om N ₂ O-emissie te verminderen	37
7 Toekomstbeeld	39
Literatuur	41
Aanhangsels	
1 Kwantificering van de stikstofbinding door klaver	44
2 Kenmerken van de standaardbedrijven gebruikt voor modelberekeningen	49
3 Varianten van de standaardbedrijven A (klei) en C (zand) waarvoor de N ₂ O-emissie modelmatig is berekend	51
4 Resultaten van modelberekeningen	53

Samenvatting

Door gebruik van klaver in grasland kan de benodigde (kunst)meststikstof gedeeltelijk of geheel vervangen worden door biologisch gebonden stikstof. Hierdoor kan bij een lagere N-gift toch een goede opbrengst worden verkregen. Dit kan echter alleen bij een N-gift van maximaal 200 tot 250 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ omdat klaver zich bij hogere N-giften niet of beperkt kan handhaven. Bij gebruik van klaver is het dan ook meestal niet mogelijk de maximale opbrengst te halen, hiervoor zijn hogere N-niveaus nodig, in de orde van 400 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹. Wanneer het N-niveau laag genoeg is voor een goede handhaving van klaver is het gebruik van klaver ook rendabel. Het aandeel klaver in een grasland is zeer variabel in de tijd en in de ruimte, zodat ook de opbrengst variabel is. Het is maar zeer beperkt mogelijk het aandeel klaver door managementmaatregelen te sturen.

In deze systeemanalyse wordt een vergelijking gemaakt tussen grasland met en zonder klaver bij een gelijke opbrengst, zodat het effect van verlaging van het N-niveau gescheiden wordt van het effect van het gebruik van klaver.

Het areaal grasland dat in 1998 een substantieel aandeel klaver bevatte bedroeg in 1998 ongeveer 50.000 ha, het areaal grasland met in principe goede groeiomstandigheden voor klaver ligt in de orde van 600.000 ha.

N-stromen in grasland met klaver

- Per ton droge stof oogstbaar product bevat klaver 40 tot 45 kg N (gemiddeld 42) en kan 45 tot 60 kg kunstmest-N (gemiddeld 50) worden bespaard bij een gelijkblijvende opbrengst.
- Per ton droge stof oogstbaar product wordt door klaver bruto naar schatting 60 kg N gebonden, de niet direct geoogste N kan deels na mineralisatie alsnog in gras geoogst worden.
- Bij gelijke opbrengst is het N-overschot van grasland met klaver iets hoger dan dat van grasland zonder klaver, ook de totale N-verliezen zijn iets groter.
- De verdeling van de N-verliezen over nitraatuitspoeling, denitrificatie en ammoniakvervluchtiging wordt nauwelijks beïnvloed door de aanwezigheid van klaver.

N₂O-emissie uit grasland met klaver

Bij de officiële IPCC berekening en bij de in Nederland gebruikte methode van emissieregistratie wordt klaver in grasland niet meegerekend door gebrek aan inzicht in de hoeveelheid klaver.

- Modelberekeningen met *DairyFarmN* geven aan dat bij een gelijke opbrengst de N₂O-emissie uit grasland met klaver waarschijnlijk nagenoeg even hoog zal zijn als de emissie uit grasland zonder klaver. Optimalisering van de veevoeding is door het hoge N-gehalte van klaver zeer belangrijk bij gebruik van klaver en kan de emissie verlagen. Anderzijds kan het plekgewijs voorkomen van klaver leiden

tot een minder goede benutting van de gebonden N en zo de emissie weer verhogen.

- Wanneer bij berekening van de N₂O-emissie uit grasland gebruik wordt gemaakt van de in Nederland officieel gebruikte emissiefactor voor leguminosen in de akkerbouw, is de emissie uit grasland met klaver bij gelijke opbrengst hoger dan de emissie uit grasland zonder klaver. Bij berekeningen op basis van de emissiefactoren van Velthof en Oenema (1997) is de emissie uit grasland met klaver juist lager dan de emissie uit grasland zonder klaver. Beide berekeningen zijn inclusief de berekende indirecte emissies uit nitraat en ammoniak.
- Gebruik van klaver veroorzaakt een kleine toename van de ammoniakvervluchtiging en de nitraatuitspoeling. De emissie van CH₄ en CO₂ uit de landbouw zal niet veranderen.
- Gebruik van klaver gaat gepaard met een duidelijke verlaging van de emissie van N₂O en CO₂ bij de productie en distributie van kunstmest. Deze bedraagt 10,7 kg CO₂-eq. per kg kunstmest-N in de vorm van ammoniumnitraat, verreweg de meest gebruikte vorm van kunstmest-N in Nederland. Een emissievermindering van 0,1 Mt CO₂-equivalenten per jaar (als gevolg van een verminderde emissie uit productie en distributie) lijkt al bereikbaar bij uitbreiding van het areaal grasland met klaver met een oppervlak in de orde van 50.000 tot 60.000 ha. Dit is ongeveer 10% van het in principe voor gebruik van klaver geschikte oppervlak grasland in Nederland. Dit bedraagt ongeveer 600.000 ha waarvan in 1998 naar schatting ongeveer 50.000 ha klaver bevatte. Bij een maximale vervanging van kunstmest-N door klaver op hiervoor geschikte grond zou dus een emissievermindering in de orde van 1,0 Mt CO₂-equivalenten per jaar mogelijk zijn.

Mogelijke maatregelen

De principiële emissieverlagende maatregel binnen dit project is de vervanging van kunstmest door klaver bij gelijkblijvende opbrengst.

Autonome ontwikkeling van het areaal grasland met klaver zal een uitbreiding van dit areaal te zien geven. Een oorzaak is uitbreiding van de biologische landbouw, maar ook in de gangbare landbouw is op dit moment een grote belangstelling voor klaver aanwezig. Dit heeft te maken met twee aspecten van de MINAS regelgeving. Bij een onder druk van de regelgeving verlaagd N-niveau kan gebruik van klaver rendabel zijn en in de huidige ontwerpregeling wordt N-fixatie niet meegerekend bij de bepaling van het N-overschot.

Kansen voor deze maatregel liggen in de rentabiliteit (bij een niet te hoog N-niveau) en in het gunstige effect op het berekende N-overschot.

Bedreigingen voor deze maatregel zijn het moeilijk te sturen aandeel van klaver in grasland, wat wisselende opbrengsten geeft, en de onzekerheid over toekomstige regelgeving. De kans bestaat dat in de toekomst door klaver gebonden N wel meegeteld moet worden bij de berekening van het MINAS N-overschot. Daarmee zou het nu aanwezige draagvlak voor de maatregel waarschijnlijk sterk verminderen.

Deze maatregel is rendabel bij een N-bemestingsniveau van maximaal 200 tot 250 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ maar niet bij het huidige (nog) gangbare niveau. Dit niveau zal onder druk van de regelgeving (MINAS) in de nabije toekomst dalen. Hierdoor zullen de kosten van de maatregel in de meeste gevallen gering zijn en daarmee zal de kostenefficiëntie (in guldens per kg CO₂-eq.) hoog zijn.

Behoeftte aan verder onderzoek

Vergeleken met gras bemest met kunstmest-N en gelijke opbrengst, is de potentie tot verlaging van de N₂O-emissie uit de landbouw door gebruik van klaver waarschijnlijk gering. Toch is dit belangrijk genoeg om verder te onderzoeken, om de volgende redenen:

- De verwachting dat het gebruik van klaver weinig effect op de N₂O-emissie uit de landbouw zal hebben is nauwelijks door metingen onderbouwd.
- Gebruik van klaver heeft een aanzienlijke verlaging van de N₂O-emissie buiten de landbouw tot gevolg.
- Ontwikkelingen in de landbouw zullen leiden tot meer gebruik van klaver in de toekomst. De biologische landbouw, die sterk afhankelijk is van klaver, zal uitbreiden en ook in de gangbare landbouw zal het gebruik van klaver bij een door regelgeving dalend N-niveau aantrekkelijker worden.

Voor een goede schatting van de N₂O-emissie uit grasland met klaver is een beter inzicht in de emissie uit door klaver gebonden N nodig. Dit inzicht is op korte termijn het beste te verkrijgen door vergelijkende veldmetingen in graslanden met en zonder klaver met een zelfde management en vergelijkbare opbrengstniveaus. Op deze wijze kan de emissie uit door klaver gebonden N vergeleken worden met de emissie uit een hoeveelheid N-bemesting met een zelfde opbrengstverhogend effect. Op basis van deze metingen kan dan medio 2001 geëvalueerd worden wat de perspectieven voor verlaging van de N₂O-emissie uit de landbouw door gebruik van klaver in Nederland zijn en kan besloten worden het onderzoek al dan niet voort te zetten en/of uit te breiden naar andere bodem- of managementcondities.

1 Inleiding

De belangrijkste bron van emissie van lachgas (N_2O) uit grasland is de bemesting met stikstof (N). De eenvoudigste weg om de emissie te verlagen is dan ook de efficiency van de N-bemesting te verbeteren of het niveau te verlagen, deze mogelijkheden worden behandeld in andere projecten (Velthof et al., 2000-a en 2000-b). Verlaging van de N-gift heeft echter al snel een verlaging van de gewasopbrengst tot gevolg en werkt daardoor kostenverhogend. Een mogelijkheid om de dalende gewasopbrengst (gedeeltelijk) te compenseren is de introductie van klaver in grasland, de lagere bemesting wordt dan gecompenseerd door biologische binding van luchtstikstof (N_2). IPCC heeft klaver in grasland niet als een afzonderlijke lachgasbron opgenomen, alleen voor leguminosen als akkerbouwgewas is een berekeningsmethode met emissiefactoren ontwikkeld (Mosier et al., 1998). Nederland heeft weliswaar een eigen methode voor de schatting van de lachgasemissie (Kroeze, 1994), maar ook hierin is klaver in grasland niet als afzonderlijke lachgasbron opgenomen. De reden voor het ontbreken van een emissiefactor voor klaver in grasland is de grote variatie in het aandeel klaver in grasland, en daarmee in de N-input van klaver. Daarnaast zijn in Nederland geen metingen verricht aan de N-binding door klaver in grasland.

Het door klaver gebonden N veroorzaakt ook N_2O -emissie. Weliswaar kan niet, zoals bij N uit bemesting, N verloren gaan tussen toediening en opname door de plant. Wel vindt, net als bij bemesting, emissie plaats nadat de N weer door mineralisatie is vrij gekomen na door het gewas opgenomen te zijn. Bovendien is het N-gehalte van klaver hoger dan het N-gehalte van gras. Dit kan aanleiding geven tot een minder efficiënt gebruik van de N in het gewas door dieren, waardoor met name meer N in urineplekken terecht kan komen en hier aanleiding kan geven tot een verhoogde emissie van N_2O .

In het kader van Cluster 1 (Best Management Practices) van het Reductie Plan Overige Broeikasgassen (ROB) wordt beoogd een reductie van de N_2O -emissie uit verschillende bronnen te realiseren door middel van het ontwikkelen en toetsen van maatregelen. In het kader van het ROB-project 1.4 (Beperking van lachgasemissie door gebruik van klaver in grasland) worden de mogelijkheden voor het verminderen van de N_2O -emissie door uitbreiding van het gebruik van klaver in grasland geïnventariseerd. Als voorlopige doelstelling wordt uitgegaan van een mogelijke reductie van de N_2O -emissie met 0,1 Mt CO_2 -equivalenten door uitbreiding van het gebruik van klaver.

In dit rapport wordt de eerste fase van het project weergegeven: de systeemanalyse. De systeemanalyse heeft de volgende doelstellingen:

- het beschrijven van het systeem. Wat is het areaal grasland met klaver in Nederland, hoeveel N wordt door klaver gebonden, hoeveel N uit bemesting wordt hierdoor bespaard en wat zijn de effecten van klaver op N-stromen op bedrijfsniveau.

- het kwantificeren van de N₂O-emissie. De N₂O-emissie uit grasland met klaver wordt vergeleken met de N₂O-emissie uit grasland zonder klaver. Het verschil wordt gekwantificeerd met gegevens uit de literatuur en modelberekeningen en volgens de IPCC-methode (Mosier et al., 1998), de door Nederland gebruikte methode (Kroeze, 1994) en een aangepaste methode, gebaseerd op aangepaste emissiefactoren opgesteld door Velthof & Oenema (1997).
- het beschrijven van de sturende factoren van N₂O-emissie uit grasland met klaver, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen chemische, fysische en biologische factoren en sociaal-economische factoren. Beschreven worden effecten op het areaal grasland met klaver en effecten op het verschil in N₂O-emissie tussen grasland met klaver en grasland zonder klaver.
- het aangeven van mogelijke maatregelen, waarbij elke maatregel op de volgende aspecten wordt geëvalueerd: i) effectiviteit (potentiële reductie van N₂O-emissie), ii) kostenefficiëntie, iii) controleerbaarheid van de gestelde emissiereductie, iv) handhaafbaarheid van de maatregel, v) afwentelingsmechanismen via andere verliezen (nitraat en ammoniak), via indirecte N₂O-emissies en via andere broeikasgasemissies (TEWI-benadering), vi) draagvlak bij boeren en vii) kennishiaten. De meest perspectiefvolle maatregelen worden geselecteerd.
- het aangeven van kennishiaten. Wat voor kennis en vervolgonderzoek zijn nodig om de effectiviteit van maatregelen te kunnen beoordelen en om maatregelen op efficiënte wijze in de praktijk te kunnen implementeren.

2 Beschrijving van het systeem

2.1 Areaal grasland en gras/klaver in Nederland

Het totale areaal grasland in Nederland was 1.096.500 hectare in 1990, in 1998 was dit 1.031.800 hectare (tabel 1; CBS, 2000). Van dit areaal was respectievelijk 34.900 en 79.900 hectare, of 3 en 8%, kunstweide, de rest is blijvend grasland. Kunstweide (of tijdelijk grasland) is grasland dat in de normale vruchtwisseling is opgenomen en bestemd is om binnen 4 à 5 jaar te worden gescheurd (CBS, 2000).

In 1998 was van dit grasland 12.700 hectare in gebruik op biologische bedrijven, 1,2% van het totaal. Deze bedrijven hadden 880 hectare of 7% in gebruik als kunstweide. Voor 1990 zijn er geen cijfers bekend, biologisch grasland wordt pas vanaf 1991 apart geregistreerd. In dat jaar was de oppervlakte nog maar 4.583 ha, 0,4% van het totaal (CBS, 2000).

Het areaal grasland met witte klaver (*Trifolium repens*) is niet bekend. Registratie vindt niet plaats en zal in de praktijk ook moeilijk uitvoerbaar zijn. Er is ook geen duidelijke definitie wat betreft de minimale hoeveelheid klaver die in grasland aanwezig zou moeten zijn om dit "grasland met klaver" te kunnen noemen.

Een grove schatting van het areaal grasland met klaver is te maken met behulp van de verkoop van klaverzaad. Dit is de afgelopen jaren gestegen en ligt momenteel rond de 75 ton per jaar (CGO, pers. comm.). Van het verkochte klaverzaad zit ongeveer de helft in mengsels, de rest wordt als puur klaverzaad verkocht. De mengsels zullen voornamelijk gebruikt worden voor herinzaai van grasland. Het pure zaad kan gebruikt worden met graszaad voor herinzaai, of kan worden gebruikt voor doorzaai. De verhouding tussen gebruik voor herinzaai en gebruik voor doorzaai is niet bekend.

In het algemeen wordt een gebruik van 5 kg klaverzaad per hectare aangehouden. Indien er van uitgegaan wordt dat in de orde van 75% van het verkochte klaverzaad voor herinzaai wordt aangewend, wordt er ieder jaar 12.000 hectare nieuw grasland ingezaaid met klaver. Daarnaast wordt er dan nog 4000 hectare doorgezaaid. Het succes van de vestiging van klaver is met herinzaai groot. Het succes van doorzaai is echter heel variabel en afhankelijk van de methode van doorzaai, het management voor en na doorzaai en vooral de weersomstandigheden. Indien de gemiddelde levensduur van kunstweide op 2 jaar wordt gesteld, de gemiddelde levensduur van blijvend grasland, dat wil zeggen persistentie van klaver in dit grasland, op 8 jaar, het aandeel kunstweide van het totaal areaal heringezaaid grasland op 8% en dat doorzaai niet plaatsvindt op tijdelijk grasland, dan zou er in Nederland in totaal ongeveer 100.000 hectare grasland zijn met klaver. Bij deze berekening wordt echter uitgegaan van gelijkblijvende zaadverkoop in de laatste acht jaar. In werkelijkheid is de zaadverkoop echter meer dan verdubbeld in de laatste jaren en kan beter uitgegaan worden van een gemiddelde leeftijd van twee jaar voor het huidige blijvend grasland

met klaver, in plaats van vier jaar. In dit geval is het geschatte areaal grasland met klaver ruim 50.000 ha.

Een totaal van 12.700 hectare grasland komt voor op biologische bedrijven. In dit grasland is klaver een belangrijke bron van N. Toch zal een deel van dit areaal (bijvoorbeeld grasland op veengrond of met een beheersovereenkomst) een laag klaverpercentage hebben en daarmee een lage N-binding. Als dit ongeveer een vijfde deel beslaat van het totale biologische graslandareaal, dan is ongeveer 10.000 hectare grasland met klaver te vinden op biologische bedrijven en ongeveer 40.000 ha op conventionele bedrijven.

Het potentieel van het areaal van grasland met klaver is veel groter. In principe kan klaver goed gedijen op alle grondsoorten behalve veen. De persistentie van klaver is laag op veengrond. Bovendien zal de N-binding vaak laag zijn door het grote N-leverend vermogen van deze grondsoort, waardoor inzaai van klaver hier ook weinig zinvol is uit het oogpunt van N-input.

Ongeveer 22% van het Nederlandse grasland ligt op veen (Willems et al., 2000). Op basis hiervan zou 805.000 hectare grasland in principe geschikt zijn voor vestiging van klaver. Het succes van de vestiging van klaver is afhankelijk van veel factoren, zoals de vochtvoorziening (niet langdurig droog of onder water), de bodemvruchtbaarheid (N-niveau van de bodem, opneembare mineralen anders dan N, sporenelementen), bemesting (meststoffen anders dan N, hoeveelheid en vorm van N) en graslandgebruik (maaïen, weiden, intensiteit). Op een deel van het hierboven genoemde areaal zal het moeilijk zijn om aan de eisen voor een significante bijdrage van klaver te voldoen, bijvoorbeeld op droogtegevoelige gronden zonder mogelijkheid tot beregening. Het lijkt reëel om aan te nemen dat dit op 150-200.000 hectare het geval is, zodat het areaal grasland dat geschikt is voor gebruik van klaver minimaal in de orde van 600.000 hectare zal liggen.

Tabel 1. Het areaal kunstweide en blijvend grasland, totaal en biologisch, in hectares voor Nederland (CBS, 2000) en de geschatte arealen grasland met klaver, biologisch, gangbaar en potentieel.

	Jaar	Blijvend	Tijdelijk	Totaal
Totaal	1990	1.061.600	34.900	1.096.500
	1998	951.900	79.900	1.031.800
Biologisch	1991			4.583
	1998	11.820	880	12.700
Areaal met klaver - schatting	1998			biologisch
				conventioneel
Potentieel areaal met klaver - schatting				600.000

2.2 Kwantificering van de stikstofbinding door klaver

Een overzicht van de literatuur over dit onderwerp wordt gegeven in aanhangsel 1, hieronder worden de conclusies uit het overzicht samengevat.

In Nederland zijn geen directe metingen verricht aan N-fixatie door klaver. Per ton droge stof geoogste klaver wordt naar schatting gemiddeld bruto 60 kg N gebonden. Deze N wordt geoogst in klaver, gemiddeld 42 kg per ton, of vastgelegd in niet oogstbare delen. De N in niet oogstbare delen komt na afsterven en mineralisatie beschikbaar als minerale N en wordt gedeeltelijk geoogst in gras en gaat gedeeltelijk verloren. Bij zeer kleine hoeveelheden klaver (minder dan circa 5%) kunnen per ton ds klaver hogere waarden gevonden worden voor de hoeveelheid gebonden N (o.a. Ennik, 1978). De waarde van 60 kg geldt ook bij hogere N-bemestingsniveaus (tot naar schatting 300 kg.ha⁻¹), mits de hoeveelheid gras groot genoeg is om de aanwezige minerale N effectief op te nemen. Bij zeer grote hoeveelheden klaver (bij lage bemesting meer dan circa 60%, maar bij hogere bemesting minder) is niet voldoende gras aanwezig om de beschikbare minerale N efficiënt op te nemen en neemt klaver meer minerale N op, waardoor de N-fixatie per ton ds klaver daalt.

Ook bij beweiding zal de N-fixatie lager zijn. In urineplekken zal het aanbod van minerale N zo hoog zijn dat de N-fixatie af zal nemen. Op deze plekken zal tevens het aandeel klaver afnemen, zodat het effect van beweiding op de hoeveelheid N-fixatie per ton ds klaver moeilijk te kwantificeren is.

De opbrengst van grasland met klaver zonder N-bemesting is onder goede groeiomstandigheden voor klaver vergelijkbaar met de opbrengst van grasland zonder klaver met een N-bemestingsniveau van gemiddeld 200 tot 250 kg.ha⁻¹. Te verwachten is dat in de nabije toekomst hogere N-bemestingsniveaus door scherpere regelgeving nauwelijks meer voor zullen komen en klaver op het punt van opbrengst een goed alternatief wordt voor kunstmest-N. Het aandeel klaver in een grasland is zeer variabel in de tijd en in de ruimte, zodat ook de opbrengst variabel is. Het is maar zeer beperkt mogelijk het aandeel klaver door managementmaatregelen te sturen.

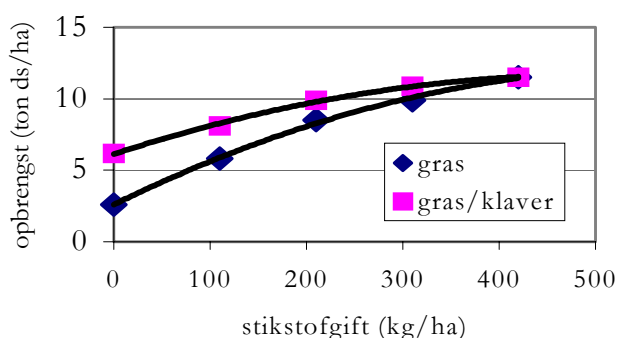
Onder minder goede groeiomstandigheden voor klaver (b.v. te nat of te droog) zal de opbrengst van grasland met klaver lager zijn en vergelijkbaar zijn met de opbrengst van grasland zonder klaver met een N-bemestingsniveau in de orde van 100 kg.ha⁻¹. Onder deze omstandigheden zal klaver geen goed alternatief zijn voor kunstmest-N.

2.3 Kwantificering van de besparing van meststof N bij gebruik van klaver

De besparing van meststof N door gebruik van klaver kan niet direct gemeten worden. Deze besparing hangt onder andere af van de hoeveelheid klaver die aanwezig is en deze hoeveelheid is niet exact te voorspellen. Hierdoor is het ook niet mogelijk een bemestingsniveau te kiezen waarbij de opbrengsten van gras zonder klaver en gras met klaver gelijk zullen zijn. De besparing van meststof N is wel indirect af te leiden uit N-respons curves. Uit deze curves kan afgeleid worden wat de opbrengst is bij een bepaald niveau van N-bemesting en zo kan ook het verschil in N-bemesting tussen twee curves bij een gelijke opbrengst afgeleid worden. Door vergelijking van dit verschil met het aandeel klaver in het gewas kan de besparing aan

meststof-N per ton klaver berekend worden. Ter illustratie is een figuur opgenomen (figuur 1) met N-respons curves, afgeleid uit de gegevens van Baan Hofman (1999). Het aandeel klaver varieerde van 35% zonder N-bemesting tot vrijwel 0 bij een N-bemesting van $400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

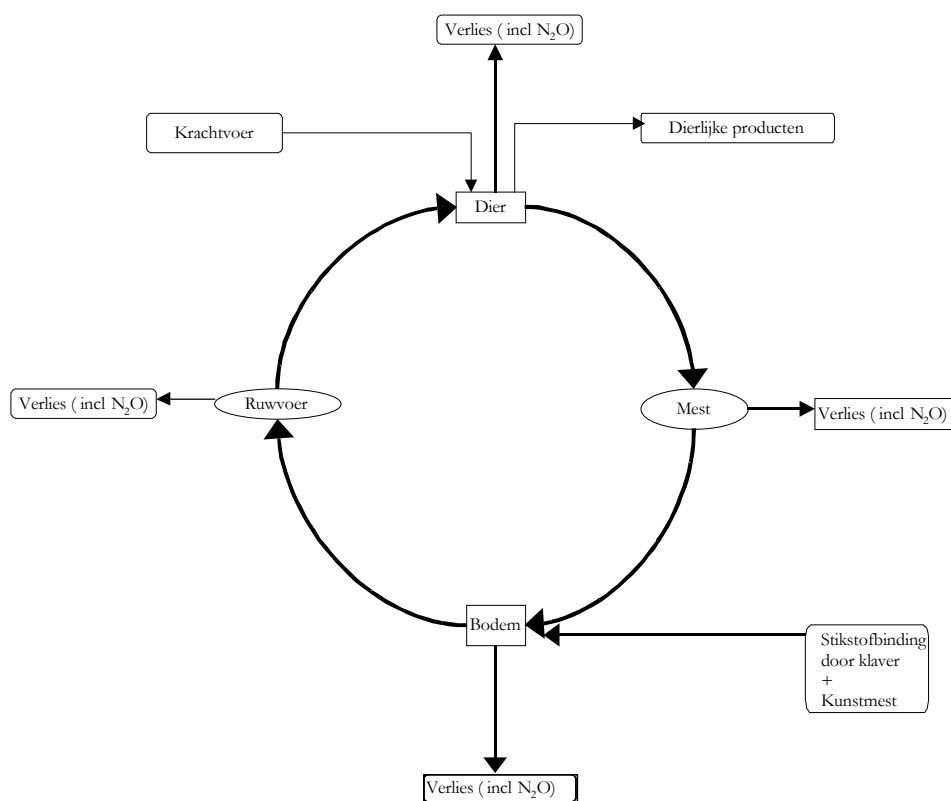
Uit de N respons curves van gras/klaver mengsels en gras in monocultuur uit Baan Hofman (1999) en uit Van der Meer & Baan Hofman (2000) volgt dat per ton oogstbare klaver de N-bemesting gemiddeld 50 kg lager mag zijn voor een gelijke opbrengst aan droge stof. Dit geldt voor een breed scala van stikstofgiften, mits een redelijke hoeveelheid klaver aanwezig is (meer dan enkele procenten).



Figuur 1: Voorbeeld van N-respons curves van gras en gras/klaver (naar: Baan Hofman, 1999).

2.4 Stikstofstromen in grasland met klaver en grasland zonder klaver

In figuur 2 wordt een schematisch overzicht gegeven van de N-stromen op een melkveehouderijbedrijf. Een beschrijving van de N-stromen wordt gegeven in het rapport over ROB project 1.1 beweiding (Velthof et al., 2000a). In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de verschillen in stikstromen tussen melkveehouderijbedrijven met en zonder klaver in het grasland.



Figuur 2. Belangrijke stikstofstromen op melkveehouderijbedrijven.

Wanneer in grasland een gras-klaver mengsel wordt gebruikt in plaats van een gras monocultuur kan de N-bemesting verlaagd worden bij gelijkblijvende opbrengst. Kunstmest-N wordt dan vervangen door biologisch gebonden N. De N-aanvoer met organische mest zal blijven bestaan, er is geen reden om bij aanwezigheid van klaver in grasland grote wijzigingen aan te brengen in de beweiding of in de verdeling van organische mest binnen het bedrijf. Gemiddeld zal bij gebruik van klaver naar schatting 50 kg kunstmest-N vervangen worden door 60 kg gefixeerde N bij een N-niveau van naar schatting 0 tot 300 kg.ha⁻¹. Bij een gelijk niveau van dierlijke productie zal het N-overschot bij gebruik van klaver dus groter zijn, en zullen de totale verliezen van N op lange termijn ook groter zijn. Op korte termijn zal bij gebruik van klaver de hoeveelheid geaccumuleerde organische N door het hogere N-gehalte van afgestorven plantendelen van klaver toenemen, op langere termijn zal een nieuw evenwicht ontstaan, waarbij gemiddeld het gehele N-overschot verloren gaat. Wanneer het grasland regelmatig opnieuw wordt ingezaaid, zoals met gras-klaver mengsels te verwachten is, komt de extra geaccumuleerde N ook steeds bij het herinzaaien vrij.

Vergeleken met gras bemest met kunstmest-N en gelijke opbrengst zijn de belangrijkste veranderingen in de N-stromen bij gebruik van klaver een afname van de aanvoer van kunstmest-N, een afname van de opname van N-mineraal door het gewas, een toename van het N-gehalte in het gewas en daardoor een toename in het

N-gehalte in mest en urine en een toename van de aanvoer van organisch N in afgestorven plantenresten en oogst- en beweidingsverliezen.

Het totale N-verlies zal bij gebruik van klaver dus naar verwachting iets groter zijn dan bij gras bemest met kunstmest-N en gelijke opbrengst. Welke vormen van verlies groter zullen worden is echter niet eenvoudig in te schatten. Omdat meer N in de vorm van ammonium en organisch N wordt aangevoerd ligt een hogere ammoniakemissie voor de hand, terwijl ook de nitrificatie met het daarbij behorende (kleine) verlies aan N_2O waarschijnlijk hoger is. Effecten op de nitraatuitspoeling, de denitrificatie en de fractie N_2O , gevormd tijdens denitrificatie, zijn moeilijk te voorspellen.

Door het hoge N-gehalte van klaver zal de verhoging van het N-overschot het sterkst zijn bij onbeperkte beweiding zonder bijvoeding. Bij beperkte beweiding kan het hoge N-gehalte van klaver gecompenseerd worden door een groter aandeel energierijk en N-arm voer in het rantsoen, zoals maïs, en wordt de N in mest beter benut.

Door het meestal sterk pleksgewijs voorkomen van klaver is het mogelijk dat de besparing van kunstmest-N in de praktijk minder groot zal zijn dan de veronderstelde 50 kg per ton ds klaver. De opbrengstdaling op plekken met minder klaver zal groter zijn dan de opbrengststijging op plekken met meer klaver. Daardoor zal bij een heterogene verdeling van dezelfde hoeveelheid klaver de N-bemesting hoger moeten zijn voor het bereiken van hetzelfde productieniveau dan bij een homogene verdeling van klaver.

De effecten van het gebruik van klaver op de N-stromen en N-verliezen zijn gekwantificeerd in paragraaf 3.3.

3 Kwantificering van lachgasemissie uit grasland met klaver

3.1 Literatuurstudie

De literatuur over N-binding door klaver en andere leguminosen is zeer uitgebreid, het betreft dan ook een voor de landbouw bijzonder belangrijke N-bron. Over de emissie van N_2O uit biologisch gebonden N zijn daarentegen vrijwel geen publicaties verschenen.

De eerste mogelijke bron van N_2O -emissie in verband met N-fixatie is de fixatie zelf. Bekend is dat tijdens de biologische binding in Rhizobium bacteriën denitrificatie kan plaatsvinden (o.a. Daniel et al., 1980). Het gaat hier om een klein deel van de gebonden N, maar over de fractie hiervan die als N_2O vrij komt zijn geen gegevens beschikbaar.

Daarnaast kan N_2O gevormd worden tijdens nitrificatie en denitrificatie van de door klaver gebonden N nadat deze N na afbraak van het plantenmateriaal is vrij gekomen via mest en urine of afgestorven plantendelen.

Uit de literatuur is maar één vergelijking bekend tussen grasland met en zonder klaver met een redelijk gelijk opbrengstniveau. Kaiser et al. (1998) beschrijven een driejarige proef; twee jaar gras bemest met $350 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ N, gras-klaver bemest met $175 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ N en klaver zonder N-bemesting en het derde jaar gerst na onderwerken van de zode. Bij gras-klaver en klaver was de N_2O -emissie vooral in het eerste jaar bijna 50% lager en in het tweede jaar ongeveer 15% lager. Dit verschil kan mede veroorzaakt zijn door een verhoogde vastlegging van N in de bodem; de beschikbaarheid van N voor het gewas in het derde jaar was aanzienlijk groter. De proef werd alleen gemaaid, waardoor bij aanwezigheid van klaver meer N met het gewas werd afgevoerd. Terug brengen van een groot deel van de geoogste N met mest, zoals normaal gebeurt met een voedergewas, zou het N-overschot relatief meer verhogen bij aanwezigheid van klaver en de emissie hier ook meer laten stijgen.

Een andere vergelijking betreft gras-klaver zonder N-bemesting en gras met een N-bemesting van $420 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ in blijvend grasland met beweiding (Ruz-Jerez et al., 1994). Onder deze omstandigheden was de emissiefactor van de kunstmest-N iets hoger dan die van de door klaver gebonden N, 0,013 tegen 0,01, inclusief de emissie uit mest en urine. Aangenomen mag worden dat de N_2O -emissie in deze proef belangrijk is geweest en dat deze lager zou zijn geweest wanneer de N-gift aan gras zonder klaver aangepast zou zijn aan het productieniveau van gras met klaver.

Carran et al. (1995) komen op grond van een dergelijke, niet in detail gepubliceerde, proef tot de conclusie dat er geen reden is aan te nemen dat de N_2O -emissie uit systemen met en zonder klaver bij vergelijkbaar productieniveau verschilt.

Conclusies

- er zijn zeer weinig studies waarin het effect van voorkomen van klaver in grasland op de N₂O-emissie direct gemeten is.
- tijdens de binding van N in *Rhizobium* bacteriën kan denitrificatie optreden. Het gaat om een klein deel van de gebonden N, maar de fractie N₂O die hierbij gevormd wordt is niet duidelijk.
- bij vergelijking van nieuw ingezaaid grasland was gedurende de eerste twee jaar de N₂O-emissie bij gebruik van klaver duidelijk lager.
- bij vergelijking in oudere graslanden met en zonder klaver lijkt het verschil in N₂O emissie klein te zijn, voor zover dit te beoordelen is door vergelijking bij ongelijke opbrengsten.
- Geconcludeerd kan worden dat volstrekt onvoldoende materiaal beschikbaar is voor het goed onderbouwd schatten van een emissiefactor voor N₂O uit door klaver in grasland gebonden N.

3.2 Emissiefactoren

Emissiefactoren voor de door klaver in grasland gebonden N ontbreken in de IPCC-rekenmethodiek en in de door Nederland gehanteerde berekeningsmethode (Mosier et al., 1998; Kroeze, 1994). Voor N gebonden door leguminosen in monocultuur, geteeld als akkerbouwgewassen, wordt in beide methoden de algemene emissiefactor voor N uit bemesting gebruikt. Op grond van de literatuur is er alle reden om voor N uit kunstmest en uit organische mest niet dezelfde emissiefactor te hanteren (o.a. Corré et al., 1997), voor klaver zijn echter onvoldoende gegevens beschikbaar om een goed onderbouwde emissiefactor vast te kunnen stellen. Velthof & Oenema (1997) stellen op grond van de schaarse gegevens voor de emissiefactor voor N-fixatie te verlagen van 1% (de standaard emissiefactor) naar 0.5%. De argumentatie op basis van de literatuur is echter minimaal.

In de volgende paragraaf zijn vergelijkende berekeningen beschreven van de N₂O-emissie uit grasland met en zonder klaver. Deze berekeningen zijn gebaseerd op modelberekeningen op bedrijfsniveau. Met het model *DairyFarmN* (Corré, 2000) zijn alle relevante N-stromen berekend voor de standaard melkveebedrijven op klei en zand, zoals beschreven in aanhangsel 2, voor situaties met en zonder klaver. De bijbehorende N₂O-emissie wordt direct door het model berekend en is daarnaast ook indirect berekend met behulp van de emissiefactoren van IPCC (Mosier et al., 1998), Kroeze (1994) en Velthof en Oenema (1997).

In dit model wordt geen gebruik gemaakt van lineaire emissiefactoren, maar is de N₂O-emissie gerelateerd aan de bodemprocessen nitrificatie en denitrificatie. De hoogte van de fracties N₂O-emissie wordt bepaald door bodem- en klimaatfactoren en door de intensiteit van de processen. Deze intensiteit wordt bepaald door de concentratie waarin de N-bron (NH₄-N of NO₃-N) aanwezig is, deze concentratie is een functie van de vorm waarin de N aangevoerd wordt en van het totale N-overschot. Zo zal de concentratie waarin N-mineraal aanwezig is hoger zijn bij

aanvoer als kunstmest dan bij aanvoer als organische mest en zal deze laatste weer hoger zijn dan bij aanvoer uit mineralisatie van afgestorven plantendelen.

3.3 Schatting van N₂O-emissie uit grasland met en zonder klaver

Schattingen van de N₂O-emissie uit grasland met en zonder klaver zijn gemaakt met behulp van modelberekeningen. Vergeleken worden situaties bij een zelfde opbrengstniveau, zodat het gevonden verschil in emissie alleen veroorzaakt kan zijn door de aanwezigheid van klaver en niet door een verschil in N-niveau. De gevolgen van verschillen in N-niveau worden behandeld in Velthof et al. (2000-b).

Alle berekeningen zijn uitgevoerd met het model *DairyFarmN*, een model dat alle N-stromen berekent voor een melkveehouderijbedrijf met grasland en snijmaïs (Corré, 2000).

De N₂O-emissie is direct berekend door het model en indirect door de relevante N-stromen te vermenigvuldigen met de emissiefactoren van IPCC (Mosier et al., 1998), Kroeze (1994) en Velthof & Oenema (1997).

Berekende varianten

De verschillen in N-stromen zijn berekend voor de standaardbedrijven op zand en klei, zoals die zijn beschreven in aanhangsel 2. Dit is gedaan voor de standaardbemesting en voor een lager niveau van N-bemesting, omdat het onwaarschijnlijk is dat het bij een kunstmestgift van 300 kg.ha⁻¹ N behorende opbrengstniveau gehandhaafd kan blijven met een substantieel aandeel klaver. Bij beide bemestingsniveaus is een steeds toenemend deel van de kunstmestgift vervangen door klaver bij een gelijkblijvende opbrengst, tot een maximaal aandeel klaver waarbij geen kunstmeststikstof meer gegeven wordt. Gekozen is voor een hoeveelheid klaver van 20%, zo mogelijk 40% en het maximum, variërend van 32 tot 58%. Op basis hiervan is berekend wat de gevolgen zijn van vervangen van kunstmest-N door klaver voor de N-stromen, het N-overschot (totaal overschot, inclusief N-fixatie en -depositie) en de stikstofverliezen. Verder zijn voor beide standaardbedrijven bij het lagere N-niveau berekeningen uitgevoerd voor een variant met onbeperkte beweiding en de standaardvariant met beperkte beweiding. Dit omdat gras-klaver een hoger N-gehalte heeft dan puur gras en daarom verwacht mag worden dat beperken van het aantal urineplekken een groter effect kan hebben op de N₂O-emissie in gras-klaver dan in puur gras.

Ook zijn berekeningen uitgevoerd voor een variant met meer bijvoeding met maïs in de beweidingsperiode, zodanig dat de totale opname van N gelijk blijft. Gras-klaver heeft een hoger N-gehalte dan puur gras, zodat er meer ruimte is voor aanvulling van het rantsoen met energierijk voer. Dit geldt met name voor de weideperiode, gras-klaver kuil heeft een relatief lager N-gehalte omdat de oogstverliezen van klaver groter zijn dan die van gras.

Tenslotte zijn berekeningen uitgevoerd voor een variant met heterogeen verdeelde klaver. Hier is verondersteld dat de helft van het grasland 10% en de helft 30% klaver bevat, zodanig pleksgewijs verdeeld dat hiermee bij de bemesting geen rekening kan worden gehouden.

De belangrijkste kenmerken van de berekende varianten zijn met de berekende N₂O-emissies samengevat in tabel 2. Achtereenvolgens zijn weergegeven:

- 1) emissie berekend met de emissiefactoren van Mosier et al. (1998) volgens de IPCC methode
- 2) emissie berekend met de emissiefactoren van Kroeze (1994) volgens de officiële voor Nederland gebruikte methode
- 3) emissie op dezelfde wijze berekend, inclusief de emissie uit door klaver gefixeerde N aan de hand van de emissiefactor geldend voor leguminosen
- 4) emissie berekend met de emissiefactoren van Velthof & Oenema (1996)
- 5) emissie berekend met DairyfarmN-1
- 6) emissie op dezelfde wijze berekend, inclusief de indirecte emissie berekent met de emissiefactoren van Velthof & Oenema (1996).

Meer uitgebreide gegevens over de kenmerken, de N-stromen en de bronnen van N₂O-emissie zijn weergegeven in aanhangsels 3 en 4.

Resultaten

Uit de resultaten in aanhangsel 4 blijkt duidelijk dat verreweg de grootste effecten veroorzaakt worden door verschillen in N-niveau en in beweidingssysteem, beiden worden behandeld in andere projecten (Velthof et al., 2000-a en 2000-b) en zijn hier alleen indirect aan de orde. Het effect van het beweidingssysteem is aanzienlijk groter bij de modelmatig berekende N₂O-emissies. Dit komt omdat in het model rekening gehouden wordt met de N die in de bodem komt door beweidingsverliezen. Deze N zal na mineralisatie grotendeels nitrificeren en gedeeltelijk ook denitrificeren, bovendien zal deze N het totale N-overschot vergroten en daardoor de fractie N₂O die tijdens denitrificatie gevormd wordt verhogen. Hierdoor komt N₂O vrij waarmee bij de andere berekeningswijzen geen rekening gehouden wordt; het verliezen van zelf geproduceerd voer en dit vervangen door aangekocht voer heeft bij gelijkblijvende bemesting bij deze berekeningen geen effect op de N₂O-emissie. In de IPCC methode wordt wel rekening gehouden met gewasresten, maar alleen voor akkerbouwgewassen. Juist in graslanden, waarin een groot deel van de opgenomen N via niet geoogste gewasdelen terug komt in de bodem, wordt hiermee geen rekening gehouden.

Ook het effect van het N-niveau is aanzienlijk groter bij de modelmatig berekende N₂O-emissies. Dit komt doordat in het model de fractie N₂O die bij denitrificatie gevormd wordt mede afhankelijk is van het N-overschot en daardoor meer dan evenredig met de N-bemesting stijgt.

De vervanging van kunstmest-N door klaver heeft een relatief klein effect op de N₂O-emissie. Alleen bij de officiële berekeningen (1 en 2) daalt de emissie bij gebruik

van klaver duidelijk omdat hier de emissie uit door klaver gefixeerde N niet meegeteld wordt.

Wanneer deze emissie meegeteld wordt door berekening met de emissiefactor voor leguminose akkerbouwgewassen stijgt de emissie bij maximaal gebruik van klaver met 5 tot 10% (3). Bij berekening met de emissiefactoren van Velthof & Oenema (1996) daalt de N₂O-emissie bij maximaal gebruik van klaver met 1 tot 5% (4). Bij de modelberekeningen (5 en 6) is het effect van gebruik van klaver gemiddeld neutraal, wanneer hier echter ook de indirecte emissies meegenomen worden stijgt de N₂O-emissie bij maximaal gebruik van klaver gemiddeld met enkele procenten.

Bij alle berekeningswijzen wordt de emissie bij gebruik van klaver iets verlaagd door de bijvoeding met eiwitarm voer in het beweidingsseizoen te verhogen tot een niveau waarbij de totale N-opname gelijk is aan de opname die berekend is voor beweiding op grasland zonder klaver.

Onbeperkt beweiden zonder bijvoeding verhoogt de N₂O-emissie, deze verhoging is steeds iets groter bij gebruik van klaver.

Het pleksgewijs voorkomen van klaver verhoogt de N₂O-emissie. Ook dit effect is weer sterker bij de modelberekeningen (5 en 6) omdat een stijgende kunstmestgift hier meer dan evenredig bijdraagt aan de emissie. Pleksgewijs voorkomende klaver kan minder kunstmest-N vervangen dan homogeen verdeelde klaver. De geschatte gemiddelde vervanging van 50 kg N door 1 ton ds klaver is gebaseerd op proeven waarin klaver ook niet geheel homogeen verdeeld zal zijn geweest, zodat de gemaakte berekeningen ook zullen gelden voor situaties met niet geheel homogeen verdeelde klaver. De gebruikte proeven zijn echter overwegend maaiproeven geweest en in de praktijk zal door beweiding klaver meer pleksgewijs verdeeld zijn dan in maaiproeven.

De emissie van nitraat en ammoniak uit grasland met klaver was volgens de modelberekeningen (5 en 6) altijd iets groter dan die uit grasland zonder klaver. Dit is inherent aan het grotere N-overschot in grasland met klaver. Er is waarschijnlijk geen effect van klaver op de emissie van CH₄ en CO₂ uit de landbouw.

Tabel 2. N₂O-emissies (N, kg/ ha) bij verschillende berekeningswijzen voor verschillende varianten van de standaardbedrijven A (klei) en C (zand).

Variant	Kenmerken	Emissie 1 IPCC	Emissie 2 NL	Emissie 3 NL incl. klaver	Emissie 4 Velthof/ Oenema	Emissie 5 Model	Emissie 6 Model incl. indir. emissies
A1a	Standaardbedrijf op klei, kunstmest N op gras 300 kg/ha	11.8	10.4	10.4	9.1	14.5	16.2
A1b	20% klaver, gewasopbrengst als A1a	10.7	9.6	11.0	8.9	14.6	16.6
A1c	40% klaver, gewasopbrengst als A1a	9.7	8.8	11.5	8.7	14.6	16.7
A1d	maximaal klaver, gewasopbrengst als A1a	9.5	8.6	11.7	8.6	14.5	16.7
A2a	Standaardbedrijf op klei, kunstmest N op gras 200 kg/ha	9.2	8.4	8.4	7.2	8.7	10.2
A2b	20% klaver, gewasopbrengst als A2a	8.4	7.8	9.0	7.1	8.6	10.2
A2c	maximaal klaver, gewasopbrengst als A2a	7.9	7.4	9.4	7.0	8.3	10.0
A2cn	als A2c, N gehalte in zomerrantsoen als A2a, meer maïs	7.8	7.3	9.2	6.9	7.8	9.4
A2bp	als A2b, klaver pleksgewijs (10 of 30%)	8.8	8.0	9.4	7.5	10.1	11.8
A2ao	als A2a, onbeperkt weiden, geen maïs	9.9	8.7	8.7	9.0	15.4	17.1
A2co	als A2c, onbeperkt weiden, geen maïs	8.3	7.5	9.9	9.2	16.8	19.3
C1a	Standaard bedrijf op zand, kunstmest N op gras 300 kg/ha	12.6	11.7	11.7	11.4	18.2	22.5
C1b	20% klaver, gewasopbrengst als C1a	11.8	11.0	12.0	11.3	18.7	23.2
C1c	40% klaver, gewasopbrengst als C1a	11.2	10.5	12.3	11.3	19.3	24.2
C1d	maximaal klaver, gewasopbrengst als C1a	10.5	9.9	12.6	11.2	19.2	24.2
C2a	Standaard bedrijf op zand, kunstmest N op gras 200 kg/ha	9.7	9.5	9.5	8.9	11.0	14.2
C2b	20% klaver, gewasopbrengst als C2a	9.1	9.0	9.9	8.9	11.2	14.6
C2c	maximaal klaver, gewasopbrengst als C2a	8.4	8.5	10.3	8.8	11.3	14.9
C2cn	als C2c, N gehalte in zomerrantsoen als C2a, meer maïs	8.3	8.4	10.2	8.7	10.9	14.4
C2bp	als C2b, klaver pleksgewijs (10 of 30%)	9.3	9.1	10.0	9.1	12.1	15.5
C2ao	als C2a, onbeperkt weiden, geen maïs	11.8	10.2	10.2	11.6	16.8	20.9
C2co	als C2c, onbeperkt weiden, geen maïs	10.2	8.8	11.2	11.7	17.6	22.2

Gezien de onzekerheden in de schattingen van de hoeveelheid kunstmest-N die door 1 ton ds klaver kan worden vervangen en de hoeveelheid N die door 1 ton ds klaver (beide oogstbare deel van de planten) gebonden kan worden is het model getest op gevoeligheid voor variatie in deze parameters. Hierbij bleek dat de berekende emissie zeer gevoelig is voor veranderingen van deze parameters, in het bijzonder voor het verschil tussen de twee. In de berekeningen is aangenomen dat dit verschil 10 kg per ton klaver (ds, oogstbaar materiaal) is, 60 kg gebonden N vervangt 50 kg kunstmest-N. Wanneer aangenomen wordt dat dit verschil 0 zou zijn, daalt het N-overschot met 10 kg per ton klaver. Hierdoor zou de N₂O-emissie door gebruik van klaver in de orde van 10% kunnen dalen. Wanneer echter aangenomen wordt dat dit verschil 20 kg zou zijn, stijgt het N-overschot met 10 kg per ton klaver. Hierdoor zou de N₂O-emissie door gebruik van klaver in de orde van 10% kunnen stijgen. Anderzijds is de schatting van de parameters wel vrij betrouwbaar, zodat de bandbreedte van de berekende emissie wat dit punt betreft niet heel groot is. Meer duidelijkheid is met name gewenst over de hoeveelheid N die gemiddeld door klaver gebonden wordt en over het gebied (minimum en maximum percentage klaver, maximum N-bemestingsniveau) waarvoor deze waarde geldt.

Geen van de berekeningswijzen houdt rekening met emissies buiten de landbouw, wat in het geval van klaver grote gevolgen heeft. Vervanging van kunstmest-N door klaver leidt tot een duidelijke vermindering van N₂O-emissie uit de industrie en een grote vermindering van CO₂ emissie uit industrie en transport.

Per ton salpeterzuur gebonden in de industrie vindt een emissie plaats van 9 kg N₂O (Spakman et al., 1997). Per kg NO₃-N betekent dit een emissie van 25 g N₂O-N, aanzienlijk meer dan de emissie per kg in de bodem gebrachte NO₃-N. Bovendien vindt per kg gebonden N nog een emissie plaats van 4.4 kg CO₂ uit energiegebruik bij het productieproces, de distributie en het toedienen van de kunstmest (Cole et al., 1993). Op basis van deze emissiefactoren kan de emissie behorende bij de productie, distributie en toediening berekend worden. Deze bedraagt 10,7 kg CO₂-equivalenten per kg kunstmest-N in de vorm van ammoniumnitraat, verreweg de meest gebruikte vorm van kunstmest-N in Nederland. De totale emissie kan dan met 0,1 Mton CO₂-equivalenten (de voorlopige doelstelling van dit project) verminderd worden door een vermindering van de kunstmest-N productie met ongeveer 9.500 ton. Deze hoeveelheid kunstmest-N kan bespaard worden door uitbreiding van de oppervlakte grasland met klaver met ongeveer 47.500 tot 63.000 hectare, uitgaande van een vervanging van een hoeveelheid kunstmest-N van 150 tot 200 kg.ha⁻¹. Bij een totaal oppervlak van ongeveer 600.000 ha in principe voor klaver geschikt grasland, waarvan in 1998 naar schatting ongeveer 50.000 ha substantieel klaver bevatte, zou een maximale emissievermindering van ongeveer 1,0 Mt CO₂-equivalenten mogelijk zijn en is een doelstelling van 0.1 Mt CO₂-equivalenten geen probleem. Ook wanneer de emissie uit de industrie door invoering van nieuwe technieken aanzienlijk zou verminderen zal deze doelstelling nog binnen bereik blijven.

Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat met de hier gebruikte aannames vervanging van kunstmest-N door klaver een relatief gering effect op de N₂O-emissie uit de

landbouw zal hebben. Afhankelijk van het N-niveau en het management en van de gehanteerde berekeningswijze kan dit effect negatief of positief zijn.

Het effect van klaver op de ammoniakvervluchtiging en de nitraatuitspoeling is wel altijd negatief. Er is waarschijnlijk geen effect van klaver op de emissies van CH₄ en CO₂ uit de landbouw.

Het effect van het gebruik van klaver op de emissies van N₂O en CO₂ bij productie en distributie is zodanig positief dat de voorlopige doelstelling van een reductie van de emissie met 0,1 Mt CO₂-equivalenten gemakkelijk haalbaar lijkt, ook bij verlaging van de emissies uit de industrie.

Meer duidelijkheid is gewenst over de hoeveelheid N die gemiddeld door klaver gebonden wordt en over het gebied (minimum en maximum percentage klaver, maximum N-bemestingsniveau) waarvoor deze waarde geldt.

De onderbouwing van de fracties van de omgezette ammonium en nitraat door nitrificatie en denitrificatie die als N₂O vrijkomen is wat betreft klaver volstrekt niet gevalideerd. Hierdoor is het noodzakelijk vergelijkende metingen te verrichten aan de N₂O-emissie uit graslanden met en zonder klaver alvorens definitieve conclusies te trekken over verschillen in N₂O-emissie tussen grasland met en zonder klaver. Dit is des te meer noodzakelijk omdat in de toekomst het gebruik van klaver zeker toe zal nemen. Het areaal biologisch grasland zal naar verwachting nog sterk groeien en wanneer in de toekomst de N-bemesting door regelgeving beduidend lager zal zijn kan het gebruik van klaver ook voor gangbare bedrijven rendabel zijn.

Tenslotte kan worden geconcludeerd dat voor het goed kunnen kwantificeren van het effect van dit soort maatregelen op de N₂O-emissie uit de landbouw de tot nu toe door IPCC en door Nederland gehanteerde berekeningsmethoden met gemiddelde lineaire emissiefactoren en een beperking tot relatief eenvoudig te schatten N-stromen volstrekt ontoereikend zijn.

4 Sturende factoren

Van een aantal factoren wordt aangegeven wat het effect is op de mogelijkheden van het gebruik van klaver in grasland en op het verschil in N₂O emissie tussen gras met en zonder klaver.

Behandeld worden een aantal chemische, fysische, biologische en sociaal-economische factoren. De effecten van deze factoren zijn samengevat in tabel 3.

Uit de tabel blijkt dat goede groeiomstandigheden en een relatief lage N-bemesting goede mogelijkheden bieden voor het gebruik van klaver. Voor sub-optimale omstandigheden kan het beschikbaar komen van persistentere rassen de mogelijkheden voor het gebruik van klaver nog verruimen. Bij hogere N-niveaus kunnen de nu beschikbare klaverrassen zich niet handhaven. Onder deze omstandigheden moet het N-niveau verlaagd worden, met een opbrengstdaling als gevolg waardoor het gebruik van klaver niet rendabel is. Dit kan veranderen wanneer de kosten van N-bemesting hoger worden door heffingen in het kader van de MINAS maatregelen. Het verlagen van de N-gift tot een niveau waarbij het gebruik wel rendabel wordt zou dan ook rendabel kunnen worden, afhankelijk van de hoogte van de heffing en het N-niveau. Zeker zo lang N-fixatie niet als N-aanvoer wordt meegeteld voor het bepalen van een heffing wordt het gebruik van klaver nog sneller rendabel.

Bij het beschikbaar komen van klaverrassen die ook bij hogere N-niveaus kunnen concurreren met gras en dan ook nog N binden kan bij gebruik van klaver een hoger productieniveau gehandhaafd blijven en zal gebruik van klaver voor meer bedrijven een alternatief worden.

Het niet meetellen van N-fixatie als N-aanvoer is in milieukundig opzicht niet verdedigbaar, ook deze vorm van N-aanvoer leidt tot een verhoging van het N-overschot, en daardoor tot verliezen. In de praktijk is de N-fixatie uiteraard moeilijk vast te stellen, maar dat is een principieel onvoldoende reden om N-fixatie niet mee te rekenen. Ook normen in het kader van de Europese Nitraatrichtlijn zullen rekening moeten houden met N-fixatie omdat deze ook bijdraagt aan de uitspoeling van nitraat (zie ook 3.3)

Tabel 3. Sturende factoren voor de mogelijkheden van het gebruik van klaver in grasland en op het verschil in N₂O emissie tussen gras met en zonder klaver bij gelijk productieniveau.

Factor	Effect op het gebruik van klaver in grasland	Effect op het verschil in N ₂ O emissie tussen grasland met en zonder klaver bij gelijk productieniveau.
Klimaat		
temperatuur	bij hogere temperatuur is de groei van klaver en de N-fixatie groter, het gebruik van klaver is dan sneller rendabel	geen effect
neerslag	zeer nat en zeer droog is ongunstig voor klaver	geen effect
vorst-dooi	vorst na een warme periode is zeer slecht voor klaver; de winter-hardheid van gras is beter	geen effect
Bodem		
vochtgehalte/ zuurstofgehalte	zeer nat en zeer droog is ongunstig voor klaver	geen effect
organische stof	zeer hoog gehalte (veen) is door hoge N-levering ongunstig voor klaver; zeer laag gehalte is door klein vochtvasthoudend vermogen en lage P- en K-levering ongunstig voor klaver	geen effect
minerale stikstof	Hoog gehalte verslechtert de concurrentiepositie en vermindert de N-fixatie van klaver	effect onbekend
overige nutriënten	Hogere gehalten aan P en K zijn gunstig voor klaver; molybdeen is essentieel voor N-fixatie	geen effect
structuur/ compactie	dichte structuur kan leiden tot overmaat en tekort aan vocht, beide is ongunstig voor klaver	geen effect
grondsoort	veen is ongeschikt voor klaver, droogtegevoelig zand is minder geschikt voor klaver	geen effect
opbrengstniveau	sub-optimale groeiomstandigheden zijn meestal ongunstiger voor klaver, waardoor het gebruik van klaver hier minder zal zijn	geen effect
Management		
bemesting	een hoge N-bemesting is ongunstig voor klaver, hoge P- en K-bemesting verbeterd de concurrentiepositie van klaver	geen effect
beweiding	Beweiding leidt tot sterker pleksgewijs voorkomen van klaver en meestal tot verminderde persistentie	bij beweiding is de emissie uit grasland met klaver relatief groter
bijvoeren	Bijvoeren bij beweiding verbetert sterk het efficiënt gebruik van de gebonden N voor dierlijke productie	bijvoeren verlaagt de emissie uit grasland met klaver relatief sterker
beregenen	Beregening is gunstig voor klaver op droogtegevoelige grond	geen effect
herinzaai	vaak is de persistentie van gras beter dan die van klaver en is herinzaai dus gunstig voor klaver	Met klaver wordt meer N vastgelegd in de bodem; in jong grasland is de emissie lager, na scheuren is de emissie juist hoger
waterbeheer	Vermijden van zeer natte en zeer droge toestand is gunstig voor klaver	geen effect

Tabel 3, vervolg. Sturende factoren voor de mogelijkheden van het gebruik van klaver in grasland en op het verschil in N₂O emissie tussen gras met en zonder klaver bij gelijk productieniveau.

Factor	Effect op het gebruik van klaver in grasland	Effect op het verschil in N ₂ O emissie tussen grasland met en zonder klaver bij gelijk productieniveau
Milieuwetgeving		
nutriënten	Omdat N-fixatie door klaver in MINAS niet wordt meegeteld bij het bepalen van het N-overschot wordt het gebruik van klaver hierdoor gestimuleerd	bij een lager N-niveau is het verschil relatief iets kleiner
gewas-beschermings-middelen	geen effect	geen effect
Economisch		
kosten	bij een hoog N-niveau is gebruik van klaver niet rendabel, bij een lager N-niveau (ca. 250 kg.ha ⁻¹ incl. N-fixatie) wel; wanneer de kosten van N-bemesting hoger worden door heffingen wordt het gebruik van klaver gunstiger	geen effect geen effect
wereldmarkt/EG-subsidies	bij productie tegen wereldmarktprijzen moet de productie intensief zijn en is er weinig ruimte voor klaver; wanneer subsidies extensivering rendabel maken zal gebruik van klaver toenemen	geen effect
Maatschappelijk		
kwaliteit	geen effect	geen effect
biologische producten	Toename van de vraag naar biologische producten leidt tot directe uitbreiding van gebruik van klaver	geen effect
multifunctionele landbouw	bij toenemend inkomen uit andere bronnen kan de primaire productie geëxtensiverd worden en het gebruik van klaver toenemen; ook vergoedingen voor vogelbeheer e.d. bevorderen de extensivering	geen effect
(Bio)technologisch		
nutriënten-management	Precisiebemesting kan leiden tot betere benutting van kunstmest-N en kan dus ongunstig zijn voor klaver, anderzijds kan het gedifferentieerd bemesten van grasland met klaver ook leiden tot een betere benutting van gebonden N	geen effect?
veredeling, eventueel m.b.v. genetische manipulatie	Beschikbaar komen van persistentere klaver-rassen stimuleert het gebruik van klaver; Nieuwe klaverrassen met een lager N-gehalte kunnen de N-benutting uit klaver verbeteren	rassen van klaver met een lager N-gehalte kunnen de N ₂ O-emissie uit gras-klaver verlagen

5 Mogelijke maatregelen om N₂O-emissie te beperken

In dit project kan maar één maatregel ter beperking van de N₂O-emissie aan de orde komen: het gebruiken van klaver in grasland.

In het voorgaande is gebleken dat het gebruik van klaver vaak alleen mogelijk is bij verlagen van het N-niveau. De hierdoor verminderde N₂O-emissie kan echter ook bereikt worden door verlaging van het N-niveau zonder gebruik van klaver en wordt dan ook in een ander project behandeld (Velthof et al., 2000-b). Verder is gebleken dat beperking van de beweiding met een geoptimaliseerde bijvoeding de N₂O-emissie uit grasland met klaver sterk vermindert. Ook deze verlaging wordt niet in de eerste plaats veroorzaakt door het gebruik van klaver en wordt dus ook behandeld in een ander project (Velthof et al., 2000-a).

Maatregel: Vervanging van kunstmest-N door klaver bij gelijkblijvende opbrengst

Autonome ontwikkeling

Het oppervlak grasland met klaver breidt zich de laatste jaren sterk uit en verwacht mag worden dat deze uitbreiding zich voort zal zetten. De belangrijkste uitbreiding vindt niet plaats binnen de biologische landbouw maar binnen de conventionele landbouw als anticipering op de regelgeving inzake de N-bemesting.

Er zijn geen statistische gegevens over het areaal grasland met klaver en een kwantificering van de toekomstige uitbreiding op basis van de schattingen uit het onderhavige rapport is niet goed mogelijk.

Effectiviteit

De directe effectiviteit binnen de landbouw is gering, waarschijnlijk soms positief, soms negatief. De effectiviteit buiten de landbouw is groot, vermindering van de vraag naar nitraathoudende kunstmeststoffen leidt direct tot een aanzienlijke vermindering van de emissie van N₂O en CO₂.

Kostenefficiëntie

Gebruik van klaver geeft onder omstandigheden die geschikt zijn voor de groei van klaver (niet te nat, niet te droog, niet te hoog N-niveau) lagere kosten door besparing op kunstmest-N en krachtvoer (de grasopname en de voederwaarde zijn hoger wanneer het gras klaver bevat). Hierdoor is deze maatregel rendabel bij een N-bemestingsniveau van maximaal 200 tot 250 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ maar niet bij het huidige (nog) gangbare niveau. Dit niveau zal onder druk van de regelgeving (MINAS) in de nabije toekomst dalen. Hierdoor zullen de kosten van de maatregel in de meeste gevallen gering zijn en daarmee zal de kostenefficiëntie (in gulden per kg CO₂-eq.) hoog zijn.

Bij minder gunstige omstandigheden zal de opbrengst van grasland met klaver lager zijn en is frequentere herinzaai nodig; dit werkt kostenverhogend. De kostenefficiëntie van de maatregel zal onder deze omstandigheden laag zijn.

Controleerbaarheid

Of de gestelde emissiereductie wordt behaald is moeilijk controleerbaar, met name doordat het aandeel van klaver in de jaarproductie nauwelijks te bepalen is. De variabiliteit in het aandeel van klaver in de ruimte en in de tijd is hiervoor te groot.

Handhaafbaarheid

Of klaver aanwezig is, is eenvoudig controleerbaar en ook het N-niveau zal in de nabije toekomst door regelgeving goed controleerbaar zijn.

Door weers- en seizoensinvloeden is de aanwezige hoeveelheid klaver in grasland echter zeer variabel in de tijd, of het management werkelijk is gericht op het handhaven van de klaver is niet controleerbaar.

Draagvlak

Gezien de recente sterke uitbreiding van het areaal grasland met klaver zal voor een maatregel die tot verdere uitbreiding van dit areaal moet leiden zeker draagvlak aanwezig zijn. Deels zal dit draagvlak gebaseerd zijn op het niet meetellen van de N-fixatie door klaver bij het berekenen van het N-overschot en de daaraan verbonden eventuele heffing in het kader van de MINAS regelgeving. Mogelijk wordt de regelgeving aangepast en hiermee zou het draagvlak ondergraven kunnen worden. Wanneer duidelijk is dat gebruik van klaver tegen weinig of geen meerkosten een betrouwbaar productieniveau geeft en wanneer dit productieniveau rendabel is op bedrijfsniveau lijkt een blijvend redelijk draagvlak aanwezig. Er is tevens draagvlak aanwezig voor uitbreiding van de biologische landbouw, gebruik van klaver is hier inherent aan verbonden.

Afwentelingsmechanismen en indirecte N₂O-emissies

De emissies van ammoniak en nitraat uit de landbouw zullen bij gelijk productieniveau licht toenemen bij gebruik van klaver, evenals de hieraan verbonden indirecte emissies van N₂O. De emissies van CO₂ en CH₄ uit de landbouw zullen weinig of niet veranderen.

Effect op emissies buiten de landbouw

De emissies van N₂O en CO₂ uit industrie en transport zullen door een afnemend gebruik van kunstmest-N duidelijk afnemen.

Kwantitatief effect van de maatregel

De maatregel heeft waarschijnlijk weinig effect op de N₂O-emissie uit de landbouw maar een groot effect op de emissie van broeikasgassen uit industrie en transport. Per kg bespaarde kunstmest-N in de vorm van ammoniumnitraat vermindert de emissie van broeikasgassen uit de industrie en transport met ruim 10 kg CO₂-equivalenten. Bij uitbreiding van het gebruik van klaver kan per hectare 150 tot 200 kg kunstmest-N bespaard worden, in Nederland is dit overwegend ammoniumnitraat. Dit betekent een besparing van 1500 tot 2000 kg CO₂-equivalenten per ha, ofwel een besparing

van 0,1 Mt CO₂-equivalenten bij uitbreiding van het areaal grasland met klaver met 50.000 tot 60.000 ha, ongeveer 10% van het in principe voor gebruik van klaver geschikte areaal. De maximale besparing zou dus op kunnen lopen tot ongeveer 1,0 Mt CO₂-equivalenten per jaar.

Kennishiaten

Meer duidelijkheid is gewenst over de hoeveelheid N die gemiddeld door klaver gebonden wordt en over het gebied (minimum en maximum percentage klaver, maximum N-bemestingsniveau) waarvoor deze waarde geldt.

De emissiefactor voor N₂O uit door klaver gebonden stikstof is niet onderbouwd met metingen en dient vastgesteld te worden door vergelijkende metingen in graslanden met en zonder klaver met een gelijk opbrengstniveau en verder te worden geëvalueerd op bedrijfsniveau.

6 Kennishiaten en gewenst vervolgonderzoek

6.1 Kwantificering van N₂O-emissie uit door klaver gebonden stikstof

In dit rapport is aangenomen dat gemiddeld 60 kg N wordt gebonden per ton oogstbare klaver onder een vrij breed scala van omstandigheden. Directe metingen zijn in Nederland nooit verricht. Het is cruciaal voor het evalueren van het effect van klaver in grasland op de N₂O-emissie en op het N-overschot (mede in het kader van MINAS) dat er kennis wordt ontwikkeld over de hoogte en de variabiliteit van de N-fixatie door klaver in Nederland.

Directe metingen van de N₂O-emissie uit grasland met klaver zijn uitermate schaars. Vergelijkingen met grasland zonder klaver met een vergelijkbaar productieniveau zijn niet bekend. Hierdoor is het nodig middels vergelijkende metingen een onderbouwde emissiefactor voor N₂O uit door klaver gebonden N ten opzichte van kunstmest-N te schatten.

6.2 Maatregelen om N₂O-emissie te verminderen

Het effect van gebruik van klaver op de N₂O-emissie bij gelijkblijvend productieniveau is waarschijnlijk klein, maar de berekeningen waarop deze conclusie is gebaseerd zijn onvoldoende onderbouwd. Vergelijkende metingen in graslanden met en zonder klaver met eenzelfde management en vergelijkbare productieniveaus zijn onmisbaar voor een onderbouwing of nuancering van deze conclusie.

7 Toekomstbeeld

De kans lijkt groot dat in de toekomst het gebruik van klaver in grasland in Nederland sterk toe zal nemen. Dit wordt veroorzaakt door uitbreiding van de vraag naar producten uit de biologische landbouw en door een door regelgeving algemeen lager wordend N-niveau, waardoor ook in de gangbare landbouw het gebruik van klaver rendabel kan worden.

Bij een goede aanpassing van het management t.a.v. beweiding en bijvoeren zal het effect van een sterke uitbreiding van het gebruik van klaver in grasland op de emissie van N_2O in Nederland bij gelijkblijvend productieniveau naar verwachting minimaal zijn. Te verwachten is dat de directe emissies van NH_4 en NO_3 iets zullen stijgen, evenals de hieraan verbonden indirecte emissies van N_2O . De emissies van N_2O en CO_2 uit industrie en transport zullen duidelijk dalen.

Voor een nauwkeuriger beeld van de effecten binnen de landbouw is vervolgonderzoek nodig. Dit onderzoek is niet in de eerste plaats nodig om maatregelen ter bevordering van het gebruik van klaver met als doel verlaging van de N_2O -emissie te kunnen onderbouwen. Het belangrijkste doel is een goede emissiefactor voor N_2O uit door klaver gebonden N op te stellen. Dit is van groot belang om een in de toekomst zeer waarschijnlijk veel groter wordende emissiestroom goed onderbouwd te kunnen kwantificeren.

Literatuur

Baan Hofman, T. (1999), De groei van gras en witte klaver op “De Marke”, bemest met kunstmest en runderdrijfmest. Onderzoek op proefvelden, 1990-1994. Rapport 104, AB, Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek, Wageningen.

Ball, P.R. & T.R.O. Field (1985), Productivity and economics of legume-based pastures and grass swards receiving fertilizer nitrogen in New Zealand. In: R.F. Barnes et al. (eds.), Forage legumes for energy-efficient animal production: 47-55.

CBS (2000), CD-rom 2000, Centraal Bureau Statistiek Voorburg/Heerlen.

Carran, R.A., P.W. Theobald & J.P. Evans (1995), Emissions of nitrous oxide from some grazed pastures in New Zealand. Australian Journal of Soil Research 33: 341-351.

Cole, C.V., K. Flach, J. Lee, D. Sauerbeck & B. Stewart, 1993. Agricultural sources and sinks of carbon. Water, Soil and Air Pollution 70: 111-112.

Corré, W.J. (2000), Modelling nitrogen oxide emissions from European livestock farming systems. I. Description of the model *DairyFarmN1*. (in voorbereiding).

Corré, W.J., J.W. Steenhuizen, J. Dijk, D.A. Oudendag & H. Prins, 1997. Emissies van methaan en lachgas uit de Nederlandse landbouw. AB-DLO Nota 76. AB/DLO, Wageningen/Haren.

Daniel, R.M., K.W. Steele & A.W. Limmer (1980), Denitrification by rhizobia: a possible factor contributing to nitrogen loss from soils. New Zealand Agricultural Science 14: 109-112.

Elgersma, A. & J. Hassink (1997), Effects of white clover (*Trifolium repens* L.) on plant and soil nitrogen and soil organic matter in mixtures with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Plant and Soil 197: 177-186.

Elgersma, A. & H. Schlepers (1997), Performance of white clover/perennial ryegrass mixtures under cutting. Grass and Forage Science 52: 134-146.

Elgersma, A., M. Nassiri & H. Schlepers (1998), Competition in perennial ryegrass-white clover mixtures under cutting. 1. Dry matter yield, species composition and nitrogen fixation. Grass and Forage Science 53: 353-366.

Ennik, G.C. (1982), De bijdrage van witte klaver aan de opbrengst van grasland. Landbouwkundig Tijdschrift 94: 363-366.

- Ennik, G.C. (1983), Grasproductie zonder kunstmeststikstof. *Bedrijfsontwikkeling* 14: 959-960.
- Erikson, J. & H. Høgh-Jensen (1998), Variations in the natural abundance of ^{15}N in ryegrass/white clover shoot material as influenced by cattle grazing. *Plant and Soil* 205: 67-76.
- Evans, P.S. (1977), Comparative root morphology of some pasture grasses and clovers. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 20: 331-335.
- Field, T.R.O. and P.R. Ball (1978), Tactical use of fertiliser nitrogen. *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand* 8: 129-133.
- Harris, W. and J.H. Hoglund (1977), Influences of seasonal growth periodicity and N-fixation on competitive combining abilities of grasses and legumes. *Proceedings of the XIII International Grassland Congress*: 239-243.
- Høgh-Jensen, H. & J. Raupp (1996), Symbiotic N_2 fixation in clover-grass mixtures and nitrogen transfer from clovers to the accompanying grass. *Proceedings of the 3rd meeting Symbiotic nitrogen fixation in crop rotations with manure fertilization*: 7-31.
- Hoglund, J.H. (1973), Bimodal response by nodulated legumes to combined nitrogen. *Plant and Soil* 39: 533-545.
- Hoglund, J.H. & J.L. Brock (1978), Regulation of nitrogen fixation in a grazed pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 21: 73-82.
- Jackman, R.H. and M.C.H. Mouat (1972), Competition between grass and clover for phosphate. II. Effect of root activity, efficiency of response to phosphate, and soil moisture. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 15: 667-675.
- Kaiser, E.-A., K. Kohrs, M. Kücke, E. Schnug, J.C. Munch & O. Heinimeyer (1998). Nitrous oxide release from arable soil: importance of perennial forage crops. *Biology and Fertility of Soils* 28: 36-43.
- Kristensen, E.S.; H. Høgh-Jensen; I.S. Kristensen (1995), A simple model for estimation of atmospherically-derived nitrogen in grass-clover systems. *Biological Agriculture and Horticulture*. 1995, 12: 263-276.
- Kroeze, C. (1994), Nitrous oxide (N_2O) emission inventory and options for control in the Netherlands. RIVM report nr. 773001004. RIVM, Bilthoven.
- Ledgard, S.F. (1991), Transfer of fixed nitrogen from white clover to associated grasses in swards grazed by dairy cows, estimated using ^{15}N methods. *Plant and Soil* 131: 215-223.

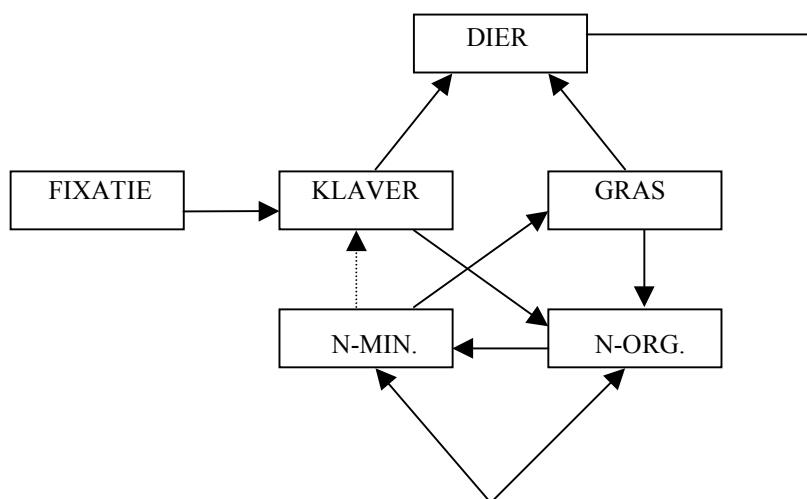
- Mitchell, K.J. and J.R. Kerr (1966), Differences in rate of use of soil moisture by stands of perennial ryegrass and white clover. *Agronomy Journal* 58: 5-8.
- Mosier, A., C.Kroeze, C. Nevison, O. Oenema, S. Seitzinger & O. Van Cleemput (1998), Closing the global N₂O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 52: 225-248.
- Ruz-Jerez, B.E., R.E. White & P.R. Ball (1994). Long-term measurements of denitrification in three contrasting pastures grazed by sheep. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 29-39.
- Schils, R.L.M., T. Baars & P.J.M. Snijders (1997), Witte klaver in grasland. Teelt, gebruik en bedrijfsvoering. Themaboek Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR) en Louis Bolk Instituut (LBI). PR, Lelystad.
- Schils, R.L.M., W. van Dijk, W. Hanekamp, K. Jagtenberg & P. Snijders (1999), Gras/klaver is klaar voor de toekomst. *Praktijkonderzoek* 12-1: 27-29.
- Spakman, J., M.M.J. van Loon, R.J.K. van der Auweraert, D.J. Gielen, J.G.J. Olivier & E.A. Zonneveld (1997). Methode voor de berekening van broeikasgasemissies. Publicatierreeks Emissieregistratie nr. 37.
- Van der Meer, H.G. & T. Baan Hofman (2000), Effects of low-emission slurry application techniques and periods of application on the yield and nitrogen economy of a mixed sward of perennial ryegrass and white clover. (in voorbereiding).
- Velthof, G.L. & O. Oenema (1997), Nitrous oxide emission from dairy farming systems in the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 347-360.
- Velthof, G.L., M.H. de Haan, G. Holshof, A. van den Pol & P.J. Kuikman (2000a), Beperking van lachgasemissie uit beweid grasland. Een systeemanalyse.
- Velthof, G.L., M.H. de Haan, R.L. Schils, G.J. Monteny, A. van den Pol & P.J. Kuikman (2000b), Beperking van lachgasemissie uit bemeste landbouwgronden. Een systeemanalyse.
- Willems, W.J., T.V. Vellinga, O. Oenema, J.J. Schröder, H.G. van der Meer, B. Fraters & H.F.M. Aarts (2000, in voorbereiding), Onderbouwing van het Nederlands derogatieverzoek in het kader van de Europese Nitraatrichtlijn. RIVM, Bilthoven.

Aanhangsel 1 Kwantificering van de stikstofbinding door klaver

Stikstofbinding door witte klaver

Witte klaver bindt in symbiose met *Rhizobium trifolii* bacteriën atmosferische N₂. In Nederland wordt voor de schatting van de hoeveelheid gebonden N₂ gebruik gemaakt van de vuistregel dat per ton droge stof (ds) geogste klaver 50 kg N is gebonden (Schils et al., 1997). Deze 50 kg N is de totale hoeveelheid geogste N, direct in de klaver, en indirect in het gras. De totale hoeveelheid gebonden N is dan ook hoger. In de praktijk is de hoeveelheid gebonden N₂ echter zeer variabel. Indien ook anorganische N beschikbaar is in de bodem, zal klaver dit ook opnemen en gebruiken voor de groei. Per kg ds geogste klaver wordt er dan minder N₂ gefixeerd. Indien de N bemesting de grasgroei dusdanig stimuleert dat uiteindelijk minder anorganische N beschikbaar is voor klaver, kan de totale N₂ fixatie per ha juist hoger uitvallen (Harris & Hoglund, 1977). De hoeveelheid beschikbare anorganische N en de groeisnelheid zijn de twee belangrijkste factoren die de N₂ fixatie door klaver bepalen (o.a. Hoglund & Brock, 1978). Een derde factor is de effectiviteit van de aanwezige *Rhizobia trifolii* stammen.

De overdracht van de gefixeerde N₂ van klaver naar het gras in dezelfde zode verloopt voornamelijk via afsterven van klaver. Indien de zode beweid wordt is een tweede belangrijke route via de opname van klaver door het vee en uitscheiding van N in urine en mest (Figuur 3). In Nieuw Zeeland werd bij een totale N₂ fixatie van 269 kg.ha⁻¹ per jaar een overdracht van 60 kg.ha⁻¹ per jaar van klaver naar gras gemeten via deze bovengrondse route bij jaarrond beweiden (Ledgard, 1991). Ondergronds werd eveneens 60 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ overgedragen. In een biologisch systeem in Denemarken werd bij een N-fixatie van 128-305 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ een additionele overdracht van N van klaver naar gras gemeten van 0-44 kg.ha⁻¹ bij maaien en tot 133 kg.ha⁻¹ bij beweiding (Høgh-Jensen & Raupp, 1996)



Figuur 3. Stikstofstromen in grasland met klaver

Door de grote variabiliteit in groeiomstandigheden lopen de schattingen van N₂ binding zeer uiteen. In tabel 4 is een overzicht gegeven van schattingen onder Nederlandse omstandigheden.

De hoeveelheid gefixeerde N₂ is nauw gerelateerd aan het klaverpercentage. Elgersma heeft in meerdere publicaties gerapporteerd over een langjarige maaiproef op kleigrond in Wageningen. De proef werd in 1991 ingezaaid en in 1992, 1993 en 1994 werd respectievelijk 470, 380 en 238 kg.ha⁻¹ N gebonden. Deze teruglopende hoeveelheid ging samen met een dalende totale opbrengst, respectievelijk 12.2, 10.5 en 8.7 ton.ha⁻¹ ds, en een dalend percentage klaver, respectievelijk 71, 61 en 46% van de ds opbrengst. In 1995, het vierde volledige oogstjaar, werd gemiddeld 11.8 ton.ha⁻¹ geoogst met een klaverpercentage van 60. De N-fixatie werd geschat op 393 kg.ha⁻¹. In 1996 was dit respectievelijk 8.5 ton.ha⁻¹, 48% witte klaver en 236 kg.ha⁻¹. In 1997 en 1998 zijn geen metingen verricht, maar was de persistentie van klaver ook nog uitstekend (Elgersma & Schlepers, 1997 en Elgersma et al., 1998).

Tabel 4. Schattingen van N-fixatie door klaver in Nederland.

Referentie	grondsoort	totale ds opbrengst (ton.ha ⁻¹)	klavergehalte (% van de ds)	N-fixatie (kg N)		
				per ha	per kg ds klaver geoogst	per ha in gras geoogst
Baan Hofman (1999)	zand	3.8-13.8	2-55%		49-123	
Van der Meer & Baan Hofman (2000)	zand	7.8-12.5	11-69%	64-293	34-66	0-81
Elgersma & Hassink (1997)	klei	7.0-14.3	34-78%	150-545	49-63	55-113
Ennik (1982)					45-50	
Ennik (1983)	klei	9	6-15%	65	>65	25
Schils et al. (1999)	klei			146		

Kristensen et al. (1995) gebruikten de relatie tussen klaverpercentage en hoeveelheid gefixeerde N om tot een praktisch model te komen voor de schatting van N-fixatie in gras/klaver in Denemarken. Zij maakten hierbij onderscheid tussen de eerste jaren na inzaai, de periode waarin accumulatie in de zode optreedt, en de jaren hierna. In tabel 5 zijn de resultaten van dit model weergegeven. De accumulatie van gefixeerde N onder stoppelhoogte was 24-29% van de geoogste gefixeerde N. Er werd aangenomen dat na twee jaar de hoeveelheid gefixeerde N gelijk was aan de hoeveelheid geoogste N en er dus geen accumulatie meer plaats vond.

Tabel 5. Geschatte totale gefixeerde N en geogste N in de eerste jaren na inzaai en de daaropvolgende jaren, bij verschillende klavergehalten in de zode (Kristensen et al., 1995).

Klavergehalte in de zode	10-29%	30-49%	> 49%
Totale gefixeerde N in het eerste en tweede productiejaar na inzaai (kg.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	80	157	248
Geogste gefixeerde N in het eerste en tweede productiejaar na inzaai (kg.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	63	123	193
Totale gefixeerde N in het derde, vierde en vijfde productiejaar na inzaai (kg.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	47	84	128

Opbrengst van grasland met klaver

Om de opbrengst van een gras-klaver mengsel te vergelijken met gras bemest met N (met gras wordt met name engels raaigras (*Lolium perenne*) bedoeld), moet rekening gehouden worden met de groeiomstandigheden van beide zoden. Zoals hierboven ook werd beschreven, hangt de opbrengst van gras-klaver, en de N-fixatie, af van verschillende factoren. Waar de groeiomstandigheden gunstig zijn voor klaver, zullen de totale opbrengsten kunnen concurreren met opbrengsten van gras met hogere bemestingsniveaus, in tegenstelling tot situaties waar klaver met stressfactoren te maken krijgt. Veel stressfactoren hebben een grotere weerslag op klaver dan op gras. Bij lagere gehalten aan beschikbare fosfaat en kali bijvoorbeeld, is klaver in het nadeel ten opzichte van gras. Gras kan nutriënten beter opnemen dan klaver, door een sneller groeiend wortelsysteem (Evans, 1977), een grotere worteldichtheid (Jackman & Mouat, 1972) en daardoor een snellere wateropname van gras ten opzichte van klaver (Mitchell & Kerr, 1966). Beweiding leidt tot lagere klavergehalten en N-fixatie. Ook de N-fixatie per ton ds klaver daalt door de N die terugkomt via de urine en mest, waardoor klaver meer anorganisch N opneemt (Erikson & Høgh-Jensen (1998). Dit kan tot lagere totale opbrengsten leiden dan wanneer alleen zou worden gemaaid.

De schattingen van het opbrengstniveau van gras-klaver ten opzichte van gras met N bemesting lopen door bovenstaande oorzaken sterk uiteen. In Nieuw Zeeland worden opbrengsten gehaald vergelijkbaar met gras bemest met 300 tot 600 kg N/ha per jaar (Ball & Field, 1985). In Nederland zijn de schattingen dat gras-klaver zonder N bemesting een opbrengst kan halen vergelijkbaar met gras met een N bemesting van 200 tot 250 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹. Baan Hofman (1999) rapporteerde voor het proefbedrijf "De Marke", op zandgrond met redelijke vochtvoorziening, een gras-klaver opbrengst vergelijkbaar met gras bemest met 100 tot 200 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ N. Bij overigens gunstige groeiomstandigheden voor klaver (voldoende fosfaat P en kali K en een klavergehalte van 30-50%) ligt het opbrengstniveau op 11 tot 13 ton.ha⁻¹.jaar⁻¹ ds per jaar op klei en vochthoudende zandgronden, en van 7 tot 9 ton.ha⁻¹.jaar⁻¹ ds op droogtegevoelige zandgronden zonder berekening (Schils et al., 1997).

Indien ook gras-klover een N bemesting krijgt, moet er bij de vergelijking met gras rekening worden gehouden met de bimodale respons van gras-klover op N bemesting (Hoglund, 1973). Bij lage N-giften (rond 50 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹) wordt de gewasgroei gestimuleerd en wordt de N-fixatie nog niet geremd. Bij hogere giften wordt de N-fixatie geremd en begint de sterkere concurrentiepositie van gras wat betreft de opname van nutriënten een rol te spelen. De opbrengst van klover daalt, wat ook kan leiden tot daling van de totale opbrengst. Dit laatste gebeurt met name als de N bemesting in het voorjaar plaatsvindt en er geen N meer wordt gegeven later in het seizoen. De klover kan zich niet snel genoeg herstellen om weer optimaal gebruik te maken van N-fixatie. Een nog hogere N gift leidt weer tot productieverhoging, omdat er nu sprake is van vervanging van N-fixatie door opname van anorganische N, waarbij N minder of niet beperkend is.

Verder speelt de timing van de N bemesting een rol. Bij temperaturen onder de drempeltemperatuur van N-fixatie kan de respons van klover ook goed zijn op N bemesting. Het niveau van de bemesting moet dan voldoende laag zijn om de ontwikkeling van de symbiose niet te beperken wanneer de temperaturen stijgen. Dit vergt een tactische N bemesting (bijv. Field & Ball, 1978). Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in tabel 6. Terwijl de stijging in opbrengst bij 100 N voor het gehele jaar lager was dan voor de eerste snede (dus een negatief effect op de opbrengsten van latere sneden), waren bij lagere N-bemesting de opbrengsten van zowel de eerste snede als van latere sneden verhoogd, en was er geen negatief effect op het klavergehalte.

Tabel 6. Droge-stofopbrengst na voorjaarsbemesting uit kunstmest of organische mest ten opzichte van onbemest gras/klover (naar Schils et al., 1997)

Mestsoort	Minerale stikstof (kg.ha ⁻¹ N)	Droge-stofopbrengst (ton.ha ⁻¹)		Klaver (%)
		snede 1	jaar	
Geen	0	3.3	14.2	50
Kunstmest	100	+0.9	+0.8	-11
Geen	0	2.4	9.0	28
Drijfmest	50	+0.6	+1.1	+8
Potstalcompost	20	+0.4	+1.2	+8

Conclusie

In Nederland zijn geen directe metingen verricht aan N-fixatie door klover. Per ton droge stof geogste klover wordt naar schatting gemiddeld bruto ongeveer 60 kg N gebonden. Deze N wordt geogst in klover of vastgelegd in niet oogstbare delen. De N in niet oogstbare delen komt na afsterven en mineralisatie beschikbaar als N-mineraal en wordt gedeeltelijk geogst in gras en zal uiteindelijk gedeeltelijk ook verloren gaan. Bij zeer kleine hoeveelheden klover (minder dan circa 5%) kunnen per ton ds klover hogere waarden gevonden worden voor de hoeveelheid gebonden N (o.a. Ennik, 1978). De waarde van 60 kg geldt ook bij hogere N-bemestingniveaus (tot naar schatting 300 kg.ha⁻¹), mits de hoeveelheid gras groot genoeg is om de aanwezige minerale N effectief op te nemen. Bij zeer grote hoeveelheden klover (bij lage bemesting meer dan circa 60%, maar bij hogere bemesting minder) is niet

voldoende gras aanwezig om de beschikbare minerale N efficiënt op te nemen en neemt klaver meer minerale N op, waardoor de N-fixatie per ton ds klaver daalt. Ook bij beweiding zal de N-fixatie lager zijn. In urineplekken zal het aanbod van minerale N zo hoog zijn dat de N-fixatie af zal nemen. Op deze plekken zal tevens het aandeel klaver afnemen, zodat het effect van beweiding op de hoeveelheid N-fixatie per ton ds klaver moeilijk te kwantificeren is.

De opbrengst van grasland met klaver zonder N-bemesting is onder goede groeiomstandigheden voor klaver vergelijkbaar met de opbrengst van grasland zonder klaver met een N-bemestingsniveau van gemiddeld 200 tot 250 kg.ha⁻¹. Te verwachten is dat in de nabije toekomst hogere N-bemestingsniveaus door scherpere regelgeving nauwelijks meer voor zullen komen en klaver op het punt van opbrengst een goed alternatief wordt voor kunstmest-N.

Onder minder goede groeiomstandigheden voor klaver (b.v. te nat of te droog) zal de opbrengst van grasland met klaver lager zijn en vergelijkbaar zijn met de opbrengst van grasland zonder klaver met een N-bemestingsniveau in de orde van 100 kg.ha⁻¹. Onder deze omstandigheden zal klaver geen goed alternatief zijn voor kunstmest-N.

Aanhangsel 2 Kenmerken van de standaardbedrijven gebruikt voor modelberekeningen

	A (intensief bedrijf op kleigrond)	C (zandgrond met gemiddelde intensiteit)
Melkquotum (kg)	731000	417450
Quotum per ha (kg)	17000	12650
Bedrijfsoppervlakte (ha)	43	33
- waarvan grasland (ha)	37	25
- waarvan maïsland (ha)	6	8
Aantal melkkoeien	90	55
Melkproductie per koe	8122	7590
N-Kunstmestgift / ha grasland (kg N/ha)	300	300
Jongvee / 10 melkkoeien	8,5	9,2
Grondsoort	Kleigrond	Zandgrond
Beweidingssysteem	Overdag weiden	Overdag weiden
Bijvoeding in de zomer (kg ds maïs)	4,5	4,5
Bemesting maïsland (kg N/ha)	150	150
Dierlijke mest op maïsland (m ³ /ha)	50	40

Aanhangsel 3 Varianten van de standaardbedrijven A (klei) en C (zand) waarvoor de N₂O-emissie modelmatig is berekend

Variant	
A1a	Standaardbedrijf op klei, kunstmest N op gras 300 kg/ha, N op maïs: 150 kg/ha, geen klaver
A1b	20% klaver, gewasopbrengst als A1a, minder kunstmest-N op gras
A1c	40% klaver, gewasopbrengst als A1a, minder kunstmest-N op gras
A1d	maximaal klaver, gewasopbrengst als A1a, geen kunstmest N op gras
A2a	Kunstmest N op gras 200 kg/ha, N op maïs: 100 kg/ha, geen klaver
A2b	20% klaver, gewasopbrengst als A2a, minder kunstmest-N op gras
A2c	maximaal klaver, gewasopbrengst als A2a, geen kunstmest N op gras
A2ao	als A2a, onbeperkt weiden, geen maïs op bedrijf
A2co	als A2c, onbeperkt weiden, geen maïs op bedrijf
A2cn	als A2c, N gehalte in zomerrantsoen als A2a door meer maïs bijvoeren, 2 ha meer maïs op bedrijf
A2bp	als A2b, gemiddeld 20% klaver, verdeling pleksgewijs 10 of 30%
C1a	Standaard bedrijf op zand, kunstmest N op gras 300 kg/ha, N op maïs: 150 kg/ha, geen klaver
C1b	20% klaver, gewasopbrengst als C1a, minder kunstmest-N op gras
C1c	40% klaver, gewasopbrengst als C1a, minder kunstmest-N op gras
C1d	maximaal klaver, gewasopbrengst als C1a, geen kunstmest N op gras
C2a	Kunstmest N op gras 200 kg/ha, N op maïs: 100 kg/ha, geen klaver
C2b	20% klaver, gewasopbrengst als C2a, minder kunstmest-N op gras
C2c	maximaal klaver, gewasopbrengst als C2a, geen kunstmest N op gras
C2ao	als C2a, geen klaver, onbeperkt weiden, geen ha maïs op bedrijf
C2co	als C2c, geen kunstmest-N, onbeperkt weiden, geen maïs op bedrijf
C2cn	als C2c, N gehalte in zomerrantsoen als C2a door meer maïs bijvoeren, 1 ha meer maïs op bedrijf
C2bp	als C2b, gemiddeld 20% klaver, verdeling pleksgewijs 10 of 30%

Aanhangsel 4 Resultaten van modelberekeningen

Variant	Grasland					Maïsland			N stromen op bedrijfsniveau			
	Oppervl. Ha	Klaver %	Kunstm. N kg/ha	Org. m. N kg/ha	N-fix. N kg/ha	Oppervl. Ha	Kunstm. N kg/ha	Org. mest. N kg/ha	Overschot N kg/ha*	N ₂ O-emissie N kg/ha	NO ₃ -uitsp. N kg/ha	NH ₄ -vervl. N kg/ha
A1a	37	0	300	42	0	6	125	25	382	14.5	43	168
A1b	37	20	166	44	157	6	125	25	402	14.6	46	177
A1c	37	40	34	46	314	6	125	25	423	14.6	48	186
A1d	37	45	0	47	353	6	125	25	428	14.5	49	188
A2a	37	0	200	35	0	6	75	25	300	8.7	32	143
A2b	37	20	75	38	146	6	75	25	318	8.6	34	153
A2c	37	32	0	39	233	6	75	25	328	8.3	35	159
A2ao	43	0	201	24	0	0			324	13.9	42	109
A2co	43	33.5	0	25	237	0			360	14.5	48	119
A2cn	35	32	0	40	237	8	75	25	316	8.5	36	146
A2bp	37	10/30	91	39	151	6	75	25	336	10.1	37	157
C1a	25	0	300	63	0	8	75	75	338	18.2	159	72
C1b	25	20	196	64	124	8	75	75	352	18.7	167	73
C1c	25	40	94	66	245	8	75	75	368	19.3	177	74
C1d	25	58	0	66	356	8	75	75	380	19.2	184	75
C2a	25	0	200	53	0	8	25	75	255	11.0	115	63
C2b	25	20	100	55	118	8	25	75	269	11.2	122	65
C2c	25	40	0	57	235	8	25	75	282	11.3	129	67
C2ao	33	0	200	44	0	0			315	16.8	155	50
C2co	33	40.5	0	46	235	0			348	17.6	175	53
C2cn	24	37	0	57	237	9	25	75	276	10.9	126	67
C2bp	25	10/30	109	56	119	8	25	75	277	12.1	127	65

*: overscht = alle inputs minus output in melk en vlees.

