

De ammoniakemissie van de Nederlandse melkveehouderij bij een management gelijk aan dat van de deelnemers aan 'Koeien & Kansen'

H.F.M. Aarts, G.J. Hilhorst, L. Sebek, M.C.J. Smits & J. Oenema

r a p p o r t e n



wot
Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



WAGENINGENUR

For quality of life

De ammoniakemissie van de Nederlandse melkveehouderij bij een management gelijk aan dat van de deelnemers aan 'Koeien & Kansen'

Dit rapport is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

De reeks 'Wot-rapporten' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

De ammoniakemissie van de Nederlandse melkveehouderij bij een management gelijk aan dat van de deelnemers aan 'Koeien & Kansen'

H.F.M. Aarts

G.J. Hilhorst

L. Sebek

M.C.J Smits

J. Oenema

Rapport 63

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, december 2007

Referaat

Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, L. Sebek, M.C.J Smits, J. Oenema, 2007. *De ammoniakemissie van de Nederlandse melkveehouderij bij een management gelijk aan dat van de deelnemers aan 'Koeien & Kansen'*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 63. 46 blz. 1 fig.; 15 tab.; 11 ref.; 3 bijl.

De voor 2010 verwachte emissie van ammoniak vanuit de melkveehouderij wordt van 50 kton tot 40 kton teruggebracht als alle melkveehouders hun bedrijfsvoering verbeteren tot het huidige niveau van de 16 voorlopers in het project Koeien & Kansen. Beperking van de emissie is nodig voor het halen van de NEC-doelstellingen die de EU Nederland heeft opgelegd. De belangrijkste bijdrage aan die verbetering wordt geleverd door het beperken van eiwitovermaat in het rantsoen van het melkvee, waardoor de stikstofexcretie van de dieren lager wordt. Ook het beperken van het aantal stuks vee, door een hogere melkproductie per koe en niet meer jongvee aan te houden dan strikt nodig is om koeien te vervangen, werkt sterk door in de ammoniakverliezen. De stal blijft de belangrijkste ammoniakbron. Uit welzijnsoverwegingen neemt de ventilatie uit rundveestallen toe wat de ammoniakvervluchtiging bevordert. Aanbevolen wordt veehouders te helpen hun vakmanschap te verbeteren en de waardering voor goed vakmanschap tot uiting te laten komen in de wetgeving.

Trefwoorden: ammoniak, melkveehouderij, milieu, Koeien & Kansen, NEC-richtlijn

Abstract

Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, L. Sebek, M.C.J Smits, J. Oenema, 2007. *Ammonia emissions from Dutch dairy farming, assuming farm management skills equal to those of the farmers in the 'Cows & Opportunities' pilot project*. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment. WOt-rapport 63. 46 p. 1 Fig.; 15 Tab.; 11 Ref.; 3 Annexes

Predicted ammonia emissions from dairy farming for the year 2010 can be reduced from 50 kton to 40 kton if all dairy farmers improve their operational management skills to the level currently achieved by highly motivated and educated farmers in the 'Cows & Opportunities' pilot project. A reduction is necessary to meet the targets of the EU's NEC directive. The most important measure is reducing the protein content of the cows' diet, to reduce nitrogen excretions. Another method to greatly reduce ammonia losses is reducing the number of animals by increasing milk production per cow and keeping less young animals. The stable is the most important ammonia source. Stable ventilation has been increased for animal welfare reasons, which stimulates volatilisation of ammonia. The report recommends helping farmers to improve their operational management skills and stimulating good management by amended legislation.

Keywords: ammonia, dairy farming, environment, Cows & Opportunities project, NEC directive

ISSN 1871-028X

Dit rapport is tevens opgenomen als nummer 45 in de Reeks 'Koeien en Kansen'. Het project Koeien & Kansen is een samenwerkingsverband van zestien melkveeouders, proefbedrijf De Marke, Wageningen UR en adviesdiensten.

Auteurs:

H.F.M. Aarts & J. Oenema: Plant Research International, Wageningen
G.J. Hilhorst, L. Sebek & M.C.J Smits: Animal Science Group, Lelystad

©2007 **Plant Research International**

Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel: (0317) 47 70 01; Fax: (0317) 41 80 94; e-mail: info.pri@wur.nl

Animal Science Group

Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Tel: (0320) 23 82 38; Fax: (0320) 23 80 50; e-mail: info.asg@wur.nl

De reeks WOt-rapporten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit rapport is verkrijgbaar bij het secretariaat. **Het rapport is ook te downloaden via www.wotnatuurenmilieu.wur.nl.**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 47 78 44; Fax: (0317) 42 49 88; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

Alle rechten voorbehouden. 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 de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Samenvatting	7
Summary	9
1 Probleem- en vraagstelling	11
1.1 Probleemstelling	11
1.2 Vraagstelling	13
2 Werkwijze	15
3 Resultaten	19
3.1 Resultaten van de bedrijven in Koeien & Kansen (stap1)	19
3.1.1 Bijstelling emissienormen voor mesttoediening, beweiding en huisvesting	19
3.1.2 Emissies van de bedrijven	20
3.2 Resultaten van fictieve bedrijven die onderling verschillen in grondsoort en melkproductie (stap 2)	24
3.3 De resultaten van clusters van bedrijven, en van de Nederlandse melkveehouderij als geheel	27
4 Discussie	29
4.1 Effecten van het bijstellen van de emissienormen voor huisvesting en mesttoediening	29
4.2 Effecten van het verhogen van de emissienorm voor weidemest	29
4.3 Verschillen tussen bedrijven als gevolg van verschillen in excretie	29
4.4 Effecten van eiwitrijkere voeding	31
4.5 Effecten van meer beweiden	32
4.6 Effecten van meer vee	32
4.7 Effecten van minder goed vakmanschap	32
5 Conclusies en aanbevelingen	33
Literatuur	35
Bijlage 1 De berekening van de emissie van ammoniak als gevolg van beweiding	37
Bijlage 2 De berekening van de emissie van ammoniak uit stallen	41
Bijlage 3 Vergelijking berekende ammoniakemissie met andere studies	43

Samenvatting

Om haar plafond voor ammoniak in 2010 niet te overschrijden, zal de landbouw de emissie van ammoniak met 15% moeten terugdringen. Uitgaande van een gelijke emissiereductie voor alle sectoren betekent dit voor de melkveehouderij dat zij haar emissie van 50 kton tot 42,5 kton moet terugbrengen. Uit deze studie blijkt dat als alle melkveehouders hun bedrijfsvoering verbeteren tot het huidige niveau van de 16 voorlopers in het project Koeien & Kansen, de berekende emissie afneemt tot ruim 40 kton, een reductie van 20%.

De belangrijkste bijdrage aan de verbetering van de ammoniakemissie wordt geleverd door het beperken van eiwitovermaat in het rantsoen van het melkvee, waardoor de stikstofexcretie van de dieren lager wordt. De excretie wordt overigens ook autonoom beperkt door de mestwetgeving die de bemesting van voedergewassen de komende jaren verder beperkt, waardoor de eiwitgehalten ervan afnemen, en die beperking van de excretie stimuleert door de verplichting boven een bepaalde productie de mest af te voeren. Ook het beperken van het aantal stuks vee, door een hogere melkproductie per koe en minder jongvee, werkt sterk door in de ammoniakverliezen. Voor dit soort maatregelen geldt dat hoge eisen worden gesteld aan het vakmanschap van de veehouder.

De stal blijft de belangrijkste ammoniakbron. Uit welzijnsoverwegingen neemt de ventilatie uit rundveestallen toe wat de ammoniakvervluchtiging bevordert. Dit beperkt de winst van de eerder genoemde maatregelen.

Als beperking van de ammoniakemissie uit de Nederlandse veehouderij tot doel wordt gesteld, is het meest effectief de veehouders te helpen het vakmanschap te verbeteren en goed vakmanschap te waarderen in de wetgeving. Ook met dakisolatie en variabele ventilatie is het wellicht mogelijk de ammoniakemissie kosteneffectief te beperken.

Summary

Dutch agriculture will have to reduce its ammonia emissions by 15% to avoid exceeding the targets for 2010. Assuming equal reduction of emissions across all sectors, this means that the dairy farming sector will have to reduce its emissions from 50 kton to 42.5 kton. The present study shows that if all farmers manage to improve their operational farm management to the level currently achieved by the 16 farmers in the 'Cows & Opportunities' pilot project, the expected emission will decrease to just over 40 kton, a 20% reduction.

The most important measure to reduce ammonia emissions is reducing excess protein in the cows' diet, which decreases their nitrogen excretion. Nitrogen excretion levels are set to decrease anyway over the coming years, as new fertiliser legislation will limit the use of fertiliser for fodder crops, thus reducing their protein content. In addition, new legislation will stimulate excretion reductions by obliging farmers to export manure from the farm beyond a specified level of manure production. Another measure that greatly lowers ammonia losses is reducing the number of cattle, by increasing the milk production per cow and keeping fewer young animals. This type of measure requires considerable skills from the farmers.

Stables remain the main source of ammonia. Stable ventilation is being increased for animal welfare reasons, which increases ammonia volatilisation, thus reducing the effect of the above measures.

The goal of reducing ammonia emissions by Dutch livestock farming is most effectively achieved by helping farmers improve their operational skills and by rewarding good operational management skills in legislation. Roof insulation and variable ventilation systems may also be cost-effective measures to reduce ammonia emissions.

1 Probleem- en vraagstelling

1.1 Probleemstelling

In de National Emission Ceilings Directive (EU richtlijn NEC, 2001) zijn voor elk Europees land plafonds vastgesteld voor 2010 met betrekking tot de emissies van een aantal luchtverontreinigende stoffen. Het betreft zwaveldioxide, stikstofoxiden, vluchtige organische stoffen en ammoniak (NH₃). Het Nederlandse plafond voor ammoniak is 128 kton. Het tijdig beperken van de emissies tot de voor Nederland afgesproken niveaus is van groot belang: het heeft niet alleen een gunstig effect op de luchtkwaliteit, en daarmee op onze gezondheid en de kansen voor natuur, maar het realiseren van alle plafonds is ook voorwaarde om bijvoorbeeld nieuwbouw of uitbreiding van wegen en industrieterreinen mogelijk te maken.

Bovendien is het niet aannemelijk dat de voorlopig toegekende derogatie 'gebruik dierlijke mest'¹ in 2009 wordt verlengd als de ammoniakemissies onvoldoende zijn beperkt, omdat die sterk aan mest gerelateerd zijn. Ook kan bij het niet nakomen van de emissie-afspraken de Europese Commissie ons land aanklagen bij het Europese Hof, wat tot boetes leidt en het Nederlandse imago schaadt. In de uitvoeringsnotitie 'Erop of eronder' zijn de voor Nederland vastgestelde plafonds door onze nationale overheid als verplichtingen vertaald naar sectoren, waarvan de landbouw er één is. Het plafond voor de sector landbouw is 96 kton. De som van de plafonds van de andere sectoren (verkeer, consumenten, etc.) bedraagt 14 kton en er wordt 18 kton achter de hand gehouden als nationale reserve (Tabel 1).

Tabel 1. Emissies van ammoniak in 2005 en de prognoses en plafonds voor 2010 (kton)

	Emissies ammoniak (kton)		
	2005	Prognose 2010	Plafond 2010
Nederland als geheel	135	126	128
Sector landbouw	121, waarvan 49 melkveehouderij	111, waarvan 50 melkveehouderij	96
Niet-landbouw sectoren	14	15	14
Totaal sectoren	135	126	110
Nationale reserve		2	18

In november 2006 is aan de Europese Commissie en aan het Nederlandse parlement gerapporteerd over de voortgang van de uitvoering van de NEC-richtlijn, zoals wettelijk voorgeschreven². Volgens deze rapportage is de emissieprognose voor 2010 voor de sector

¹ De rundveebedrijven in Nederland mogen onder een aantal voorwaarden tot en met 2009 per jaar 250 kg N/ha als dierlijke mest gebruiken. Dat is 80 kg meer dan het maximum van 170 kg dat in de EU-Nitraatrichtlijn als uitgangspunt is opgenomen. Voor de periode na 2009 moet opnieuw toestemming worden gevraagd.

² Brief van Van Geel aan 2de Kamer, kenmerk Kvl2006324341, en bijlage 'NEC-rapportage 2006: Uitvoeringsnotitie emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging 2006.

landbouw 111 kton, waarvan 50 kton³ uit de melkveehouderij, en die van de niet-landbouw sectoren samen 15 kton. De prognose van de nationale emissie is daardoor 126 kton. De landbouw overschrijdt haar sectorplafond met 15% en de nationale reserve is vrijwel volledig nodig om onder het voor ons land vastgestelde plafond van 128 kton te kunnen blijven. In de prognoses zitten onzekerheden en de ramingen zullen de komende jaren worden bijgesteld op basis van verbeterde inzichten. Het Milieu- en Natuurplanbureau schat de kans op het tijdig realiseren van het nationale plafond bij ongewijzigd beleid op 50%⁴.

De prognoses kennen onzekerheden⁵. De volgende factoren geven een verhoging van de emissies door de landbouw:

- in de berekeningen is de emissies uit varkensstallen waarschijnlijk onderschat. Uit de analyses van afgevoerde mest blijkt dat er minder stikstof in varkensmest zit dan verwacht op basis van de excreties door de dieren (opname van voer minus afvoer van dieren) en de normen voor de vervluchtiging van ammoniak uit stal en opslag;
- de ventilatiecapaciteit van de natuurlijk geventileerde rundveestallen neemt toe als gevolg van vergrootte luchtinlaatopeningen door het weglaten van zijmuren tot op een hoogte van 100 - 150 cm. Mogelijk speelt klimaatsverandering een rol bij het frequenter voorkomen van zeer warme perioden. Vooral bij hoge temperaturen en lage windsnelheden is de ventilatiecapaciteit van de oudere ligboxenstallen onvoldoende. Vooral hoogproductieve dieren kunnen slecht tegen hoge temperaturen. Vaak kan de vergrote luchtinlaat wel gedeeltelijk of geheel worden afgeschermd met een rolgordijn. Dat gebeurt vooral 's winters. Als aanvulling op de reeds vergrote natuurlijke ventilatie beschikken steeds meer bedrijven over ventilatoren. Meer ventilatie leidt tot hogere emissiepercentages van de N die als urine en faeces op de stalvloer terecht komt en van de N in de mest in de kelder onder de (rooster)stalvloer;
- de emissie tijdens het uitrijden van mest met behulp van een zodebemester wordt waarschijnlijk onderschat.

Er zijn ook ontwikkelingen die de prognoses verlagen:

- het gebruik van luchtwassers in de varkenshouderij is mogelijk onvoldoende in de prognoses verwerkt. Recent is vanwege de fijnstofproblematiek een stimuleringsregeling voor gecombineerde luchtwassers met een hoog rendement geïntroduceerd. De belangstelling van de praktijk daarvoor is groot;
- het rantsoen van rundvee wordt wellicht eiwitarmere als reactie op de nieuwe mestwetgeving. Door het beperken van toegestane mestgiften wordt dierlijke mest mogelijk zorgvuldiger aangewend en neemt het eiwitgehalte van gras wellicht af. Door eiwit in aangekocht krachtvoer te beperken kan het eiwitgehalte van het rantsoen verder worden verlaagd. Intensieve bedrijven kunnen hiermee hun mestafvoer kosteneffectief beperken. Minder N als mest betekent dat het verlies daaruit afneemt. In de prognose is een eiwitarmere voeding niet meegenomen.

³ De prognose voor de melkveehouderij is niet in de NEC-rapportage 2006 vermeld, maar afkomstig uit de in 2006 uitgevoerde studie 'Welvaart en Leefomgeving - een scenariostudie voor Nederland in 2040 (CPB, MNP en RPD)'. In 2005 werd de emissie uit dierlijke mest van de melkveehouderij berekend op 49 kton, waarvan 22 kton uit stal en mestopslag, 20 kton uit uitgereden mest en 7 kton als gevolg van beweiding (bron: Emissieregistratie MNP).

⁴ MNP, 21 november 2006. Beoordeling NEC rapportage 2006

⁵ NEC-rapportage 2006, zie voetnoot 2.

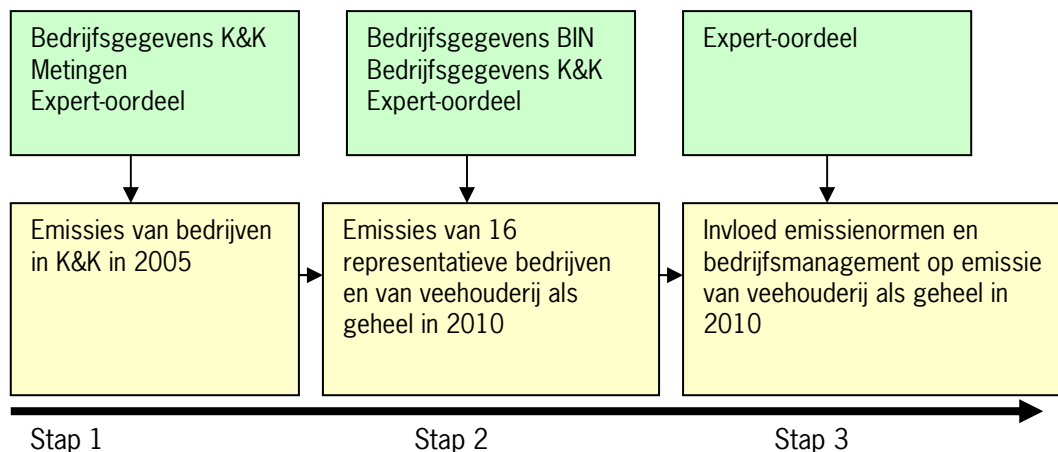
1.2 Vraagstelling

Deze studie richt zich uitsluitend op de ammoniakemissie uit de melkveehouderij. De vraagstelling van dit onderzoek is: hoe groot is de emissie van de Nederlandse melkveehouderij als alle veehouders voldoen aan de wetgeving van 2010 en hun management verbeteren tot het niveau van de huidige voorlopers in de melkveesector? Er wordt gebruik gemaakt van de resultaten van de bedrijven in het project Koeien & Kansen. Die bedrijven voldoen sinds 2005 aan de wetgeving 2010 en de grote hoeveelheid informatie van deze bedrijven wordt gebruikt om de mestwetgeving te evalueren en om de implementatie ervan door de brede praktijk te vergemakkelijken. De bedrijven zijn zodanig gekozen dat ze de belangrijkste omstandigheden van de Nederlandse melkveehouderij dekken. Voor elk Nederlands melkveebedrijf is wel een Koeien & Kansen-bedrijf dat als voorbeeld kan dienen⁶. Het management van deze Koeien & Kansen-bedrijven is gericht op het beperken van emissies door een betere benutting van grondstoffen bij een gelijkblijvend of beter financieel bedrijfsresultaat. De bedrijven worden daarbij ondersteund door kennisinstellingen, vooral door Wageningen-UR, DLV en andere adviesbureaus. Bovendien wordt in deze studie verkend hoe gevoelig de uitkomst van de emissieberekening is voor aannames met betrekking tot normatieve waarden van emissiefactoren ('emissienormen') en wat het effect is van minder goed management.

⁶ Voor meer informatie wordt verwezen naar Koeien & Kansen Rapport 1: 'Met de praktijk als basis; keuze en uitgangspositie van de bedrijven in het project Koeien & Kansen' (Aarts, 2003)

2 Werkwijze

Bij de keuze van de werkwijze is rekening gehouden met de beschikbaarheid van data, expertises en financiële middelen, en met de wens van het ministerie van VROM om snel over antwoorden te kunnen beschikken. Dat heeft geleid tot een 'quick scan' die uit drie stappen bestaat en die schematisch is weergegeven in Figuur 1. De resultaten zijn vooral indicatief. Voor diepgaande analyses of een grondige onderbouwing van keuzes was geen ruimte. Als de betrokken onderzoekers een opvatting of inschatting deelden werd dat als 'waar' beschouwd.



Figuur 1. Schematische weergave van de werkwijze in drie opeenvolgende stappen. In de bovenste rij blokken staan de te gebruiken invoergegevens en in de onderste de verkregen resultaten. Ook de resultaten uit eerdere stappen dienen als invoergegevens voor de berekeningen in een volgende stap.

De werkwijze bestaat uit de volgende drie stappen.

Stap 1

De ammoniakemissies van de bedrijven in Koeien & Kansen worden gekwantificeerd.

In het project Koeien & Kansen werken melkveehouders en onderzoekers samen om de gevolgen van de mestwetgeving te verkennen. Het project wordt gefinancierd door het ministerie van LNV en het Productschap Zuivel. VROM financiert specifieke thema's. De 16 deelnemende veehouders, verspreid over het hele land, hebben hun bedrijfsvoering afgestemd op de wettelijke eisen van eind 2009, en lopen ook wat betreft andere aspecten van bedrijfsontwikkeling enige jaren voor op de brede praktijk. In hun omgeving staan de veehouders bekend als goede ondernemers. Ze zijn in 1998 zo gekozen dat ze samen de belangrijkste bedrijfssituaties van de 'blijvers' van de melkveesector dekken. Ze staan dus model voor de prestaties van de Nederlandse melkveebedrijven in 2010 die worden gerund door vakbekwame ondernemers. Bovendien kunnen ze een goede schatting maken van bedrijfsspecifieke gegevens: ze zijn 'cijfergericht'.

De onderzoekinstellingen besteden veel aandacht aan de gevolgen van de bedrijfsvoering voor emissies. Voor dat doel worden de stikstofstromen door metingen en berekeningen gedetailleerd in beeld gebracht. Het is het enige project in Europa waar op praktijkbedrijven

het voerverbruik van de veestapel jarenlang wordt gemeten en waarvan precies bekend is wanneer en hoe er wordt bemest en beweid. De resultaten van het project worden gebruikt om beoogde Nederlandse mestwetgeving te evalueren voordat deze door de brede praktijk moet worden toegepast. De resultaten spelen een belangrijke rol bij het overleg tussen de EU en Nederland over de nationale implementatie van Europese richtlijnen. Het project beschikt over een proefboerderij, De Marke, waar praktische verkenningen met een hoog risico kunnen worden uitgevoerd en waar metingen en analyses intensiever kunnen plaatsvinden waardoor de resultaten van de praktijkbedrijven beter kunnen worden verklaard.

Onderdeel van stap 1 is het hernieuwd schatten van normatieve waarden van emissiefactoren, ook wel emissienormen genoemd, onder meer op basis van metingen die in Koeien & Kansen zijn uitgevoerd en op basis van voortschrijdend inzicht uit onderzoek door Wageningen-UR. De oude en nieuwe normen worden weergegeven en besproken in paragraaf 3.1.1.

Het is mogelijk per bedrijf een beeld te vormen van de ammoniakemissie uit stal en opslag, tijdens uitrijden en tijdens beweiding. De emissie uit kunstmest kan worden benaderd door het kunstmestgebruik te vermenigvuldigen met de emissienorm. De emissie kan worden uitgedrukt per koe, per ha of per ton melk. Het uitdrukken per ton melk is het meest praktisch omdat de melkproductie in Nederland tot 2013 redelijk constant zal blijven als gevolg van de melkquotering. De emissie per ton melk kan eenvoudig worden vertaald naar een emissie per ha of koe, door vermenigvuldiging met melkproductie per ha of melkproductie per koe.

De emissies van elk van de bedrijven in Koeien & Kansen worden gekwantificeerd tijdens een bijeenkomst van deskundigen op basis van het beschikbare cijfermateriaal. Omdat niet alle gegevens van 2006 reeds verwerkt zijn, wordt 2005 als referentiejaar gekozen. Aan de bijeenkomsten wordt deelgenomen door Leon Šebek (ASG, expert voeding/excretie), Michel Smits (ASG, expert emissiefactoren), Jouke Oenema (PRI, expert bemesting/stikstofstomen) en Frans Aarts (PRI, inhoudelijk coördinator Koeien&Kansen/expert mestwetgeving). Al deze onderzoekers zijn actief betrokken bij het project Koeien & Kansen.

Stap 2

De melkveehouderij 2010 wordt opgedeeld in 16 clusters en de emissie per ton melk wordt berekend aan de hand van representatieve bedrijven

Het is bekend dat grondsoort en intensiteit (melkproductie/ha) factoren zijn die de bedrijfsopzet en bedrijfsvoering sterk beïnvloeden. In een recente studie naar meststofbenuttingen en grasopbrengsten voor de onderbouwing van het Nederlandse derogatieverzoek, werd daarom een indeling gemaakt naar vier grondsoorten en vier intensiteitsklassen (Aarts *et al.*, 2005). In deze studie wordt eenzelfde indeling gevolgd en wordt per combinatie van grondsoort en intensiteit een representatief bedrijfstype geformuleerd. We maken daarbij gebruik van de gegevens van het Bedrijfsinformatienet (BIN) van Wageningen UR over de periode 1998 – 2002 (van latere jaren zijn onvoldoende gegevens beschikbaar). Tijdens een tweede bijeenkomst van de deskundigen wordt verondersteld dat de kwaliteit van het management van de fictieve bedrijven zich autonoom zodanig ontwikkelt dat dit in 2010 overeen komt met Koeien & Kansen-bedrijven in 2005. We stellen ons de vraag hoe de resultaten van het fictieve bedrijf worden als het beheerd wordt zoals de deelnemers aan Koeien & Kansen hun bedrijven beheren. Dit is een subjectieve benadering maar verantwoord als dat door een team deskundigen gebeurt die de deelnemende veehouders en hun bedrijfsvoering goed kennen. Het resultaat is voor elk bedrijfstype de ammoniakemissie per ton melk. De emissie wordt vervolgens opgeschaald tot een nationaal cijfer door de emissies per ton melk te vermenigvuldigen met de tonnen melk die door elk van de clusters geproduceerd worden (weergegeven in Tabel 2) en door de uitkomsten op te tellen.

Tabel 2. Quotum (kton melk) van de onderscheiden combinaties van grondsoort en intensiteit (bedrijfsclusters). Het totaal van alle grondsoorten is het nationale quotum (10.978 kton)

Grondsoort	Quotum per bedrijfscluster (intensiteit)				
	totaal	<10	10-14	14-18	>18
Klei	3500	469	1514	976	540
Veen	2049	257	1195	596	0
Nat zand	3770	434	1845	1170	320
Droog zand	1660	178	529	534	419
Alle grondsoorten	10978	1339	5084	3275	1280

Stap 3

De effecten van aanpassingen van emissienormen en kwaliteit van management worden berekend

In deze stap worden de berekeningen in stap 2 herhaald maar met wijziging van de emissienormen voor huisvesting en mesttoediening en van de kwaliteit van het management. We hebben de emissienormen aangepast aan de nieuwste inzichten (stap 1) en laten zien wat de invloed daarvan is op uitkomsten door vergelijking met de oude standaardnormen. We laten ook zien wat de effecten zijn van het eiwitgehalte van het voer, meer of minder beweiden, meer of minder jongvee en een hogere of lagere melkproductie per koe. De uitkomsten van de berekeningen van stap 3 zijn niet in het hoofdstuk Resultaten (3) weergegeven maar uit praktische overwegingen verwerkt in het discussiehoofdstuk (4) omdat ze iets zeggen over de gevoeligheid van de uitkomsten van de berekeningen van de nationale emissie (stap 2) voor de gemaakte aannames.

3 Resultaten

3.1 Resultaten van de bedrijven in Koeien & Kansen (stap 1)

Eerst wordt ingegaan op de bijstellingen van de emissienormen (3.1.1). Daarna worden de bijgestelde normen gebruikt om de ammoniakemissie van de afzonderlijke bedrijven in 'Koeien & Kansen' te kwantificeren (3.1.2).

3.1.1 Bijstelling emissienormen voor mesttoediening, beweiding en huisvesting

De normen voor emissies tijdens en na het uitrijden van drijfmest staan ter discussie omdat er meer ammoniak in de lucht wordt gemeten dan er rekenkundig zou moeten zijn (het ammoniakgat). De onderzoekers van Wageningen UR die betrokken zijn bij het herzien van de emissienormen hebben de normen als aangegeven in Tabel 3 ('nieuwe norm') als meest waarschijnlijk genoemd, onder andere op basis van de resultaten van onderzoek waaraan ook Koeien & Kansen-bedrijven hebben meegewerkt. Met deze normen zijn de emissies in deze studie berekend. De nieuwe norm voor het injecteren van mest in bouwland is veel lager dan de oude norm. Bij grasland wordt het overgrote deel van de mest toegediend met een zodebemester. Het emissiepercentage bij zodebemesting volgens de nieuwe norm is iets hoger dan de oude standaard. Voor kunstmest is als emissienorm 2% van de N aangehouden, wat gangbaar is.

Tabel 3. Verlies van N bij uitrijden van runderdrijfmest volgens de huidige norm en volgens een hernieuwde inschatting (% van ammoniumstikstof; ongeveer de helft van de stikstof in runderdrijfmest is ammoniumstikstof; er is bij het gebruik van de normen geen rekening gehouden met de verschillen tussen bedrijven daarin)

	Verlies van N (%)	
	Huidige norm	Nieuwe norm
Injecteren (bouwland)	10,4	2,5
Zodebemester (grasland)	11,5	13,0
Sleepvoet (grasland)	28,8	8,0
Sleufkouter (grasland)	20,0	20,5

Uit onderzoek is bekend dat de vervluchtiging van ammoniak uit faeces en urine die tijdens beweiding worden uitgescheiden sterk afhankelijk is van het eiwitgehalte van het voer. Bij een eiwitrijke voeding wordt niet alleen meer N in de urine uitgescheiden, maar er gaat ook een groter deel uit verloren. De relatie tussen het ruw eiwitgehalte van het rantsoen en de ammoniakvervluchtiging is vastgelegd in een formule. Meer informatie daarover is te vinden in Bijlage 1. Door het eiwitarme rantsoen dat de veehouders in Koeien & Kansen aan hun vee geven is het verlies van N uit weidemest slechts 1-3%. Dat is veel minder dan de 9-10% waar de meeste studies van uitgaan (zie Bijlage 3 voor een vergelijking).

Metingen en berekeningen geven aan dat de moderne melkveestallen van de bedrijven in Koeien & Kansen vooral in de zomer meer ventileren dan de klassieke, meer gesloten ligboxenstal. Het verschil is in de winter klein omdat de openingen in de zijmuren dan vaak grotendeels gesloten zijn. Meer ventilatie betekent een hogere luchtsnelheid aan emitterende oppervlakken (stalfloer en toplaag van de mest in de kelder onder de roosters) en daardoor meer ammoniakverlies. Daarmee is in de berekeningen rekening gehouden. Op de Koeien &

Kansen-bedrijven is per stal een schatting gemaakt van het effect van de ventilatie op de stalemissie. Dit is deels gebaseerd op expert judgement en deels op emissiemetingen die op het merendeel van de bedrijven zijn uitgevoerd (Smits en Huis in t Veld, 2007). Bij de schatting van het effect van de ventilatie op de stalemissie is naast de hoogte en grootte van de ventilatie-openingen ook rekening gehouden met de situering van de stal; zowel met de 'ruwheid' van de directe omgeving als met die van de streek. De lichtsnelheid in een stal die is omgeven door andere gebouwen en begroeiing zal bij een gegeven windkracht minder hoog zijn dan in een stal die in een open terrein staat. Aan de kust waait het harder dan in een heuvellandschap in Zuid-Limburg. Voor meer uitleg over de emissie van rundveestallen wordt verwezen naar Bijlage 2. Op de bedrijven in Koeien & Kansen vervluchtigt gemiddeld 9% van de N die op stal als mest geproduceerd is. Als geen rekening zou worden gehouden met de extra ventilatie zou dat 8% zijn.

3.1.2 Emissies van de bedrijven

In Tabel 4 en 5 zijn de belangrijkste kenmerken van de bedrijven vermeld. Ook als bedrijven dezelfde grondsoort hebben zijn de verschillen in bedrijfsopzet en bedrijfsvoering soms groot. Dat kan te maken hebben met de intensiteit (melkproductie/ha) maar ook met de financiële positie van het bedrijf of met interesses van de ondernemer. Een en ander heeft gevolgen voor zaken als voeding, excretie, beweiding en meststofgebruik en leidt tot verschillen in ammoniakemissie. Deze emissie varieert op zandgrond (Tabel 4) van 1,8 tot 3,4 kg NH₃-N⁷ per ton melk, bij de andere grondsoorten van 2,1 tot 3,2 kg (Tabel 5). Gemiddeld is de emissie 2,6 kg NH₃-N per ton melk. De emissie per eenheid melk kan dus sterk verschillen. Verklaringen daarvoor, en in het verlengde daarvan de mogelijkheden tot emissiebeperking, worden in het discussiehoofdstuk behandeld.

Tabel 4. Kenmerken en emissies van de Koeien & Kansen-bedrijven op zandgrond

		Post	Kuks	Bome	Eggi	Menk	Klei	Pijn	Sche	Laar	Hoef
ALGEMENE KENMERKEN											
- melkproductie	ton	887	730	682	465	929	606	695	663	609	737
- grondsoort		zand	zand	zand	Zand	zand	zand	zand	Zand	zand	zand
- grasland	ha	41	38	49	36	59	34	30	19	42	31
- bouwland	ha	26	12	16	4	17	14	13	8	12	13
- oppervlakte totaal	ha	67	50	65	40	76	49	42	27	54	44
- melkproductie/ha	ton	13,2	14,5	10,5	11,5	12,2	12,4	16,5	24,9	11,4	16,9
- melkkoeien	stuks	92	101	97	72	118	86	80	76	86	90
- melkproductie/koe	kg	9641	7228	7031	6458	7873	7047	8688	8724	7081	8189
- pinken	stuks	35	32	37	25	32	34	35	9	5	29
- kalveren	stuks	45	37	41	29	43	25	27	25	30	33
EXCRETIE											
- stal	kg N	12651	14395	12139	9339	13106	9026	10962	8953	7986	10990
- weide	kg N	733	2036	743	0	2229	1902	2396	1662	1774	1134
- totaal bedrijf	kg N	13384	16431	12883	9339	15335	10928	13359	10615	9761	12124

⁷ De hoeveelheid ammoniak is uitgedrukt als gewicht in N, voor omrekenen naar gewicht als ammoniak moet vermenigvuldigd worden met 17/14.

		Post	Kuks	Bome	Eggi	Menk	Klei	Pijn	Sche	Laar	Hoef
FACTOREN DIE DE EMISSIES UIT STAL EN BIJ BEWEIDING BEÏNVLOEDEN											
Melkureum											
- zomer	mg/100 gr	19	20	19	21	22	23	23	24	23	18
- winter	mg/100 gr	20	24	18	21	24	16	21	23	21	24
- gemiddeld	mg/100 gr	20	22	19	21	23	19	22	24	22	21
Stalventilatie (afwijking van standaardsituatie)											
- zomer	%	125	120	115	120	120	125	135	125	130	135
- winter	%	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Beweiding											
- dagen, melkvee	aantal	56	148	146	0	201	172	194	214	171	150
- uren, melkvee	u/dag	7	6	4	0	7	7	9	7	8	6
- dagen, jongvee	aantal	30	101	31	0	20	113	45	0	153	36
- CEC correctie bodem grasland		1,80	1,80	1,72	1,80	1,80	1,72	1,58	1,80	1,80	1,80
RE-gehalte rantsoen zomer (op drogestofbasis)											
- melkvee	gr/kg	147	151	143	154	145	142	153	156	141	151
- jongvee	gr/kg	152	178	134	167	167	168	163	203	181	183
EMISSIE UIT DE STAL (NH3_N)											
- zomer melkvee	kg	457	453	436	383	598	433	431	455	440	432
- winter melkvee	kg	369	473	368	298	474	300	306	270	362	414
- totaal melkvee	kg	826	926	805	680	1072	733	737	725	802	846
- totaal jongvee	kg	246	216	248	169	229	199	208	92	85	195
Totaal	kg	1072	1142	1053	849	1301	932	945	817	887	1041
EMISSIES BIJ BEWEIDING (NH3_N)											
- melkvee	kg	12	32	10	0	44	24	46	44	31	23
- jongvee	kg	5	24	3	0	3	19	8	0	5	8
Totaal	kg	16	56	13	0	48	43	54	44	36	31
UITRIJDEN MEST											
- stalrest	kg N	11579	13253	11087	8489	11805	8094	10017	8136	7099	9950
- afvoer mest	kg N	4590	1097	0	0	0	0	2777	2276	0	1441
- aanvoer mest	kg N	528	0	1031	0	0	0	0	0	1286	0
- uitgereden mest	kg N	7517	12156	12118	8489	11805	8094	7240	5860	8385	8509
- uitg. mest/ha	kg N	112	242	186	211	154	166	172	220	156	195
- ammonium in mest	% van N-tot.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
methode mestaanwending											
- onderwerken (bouwl.)	%	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0
- injecteren (bouwl.)	%	21	20	0	0	0	0	23	0	0	13
- zodebemester (grasl.)	%	79	80	0	100	0	100	77	100	100	87
- sleepvoet (grasl.)	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- sleufkouter (grasl.)	%	0	0	95	0	98	0	0	0	0	0
EMISSIES BIJ UITRIJDEN MEST (NH3_N)											
Totaal	kg	405	664	1271	552	1219	526	385	381	545	493
EMISSIES UIT KUNSTMEST (NH3_N)											
- gebr. kunstmest	kg N	6719	6243	0	5076	7790	1632	6238	4235	3027	3820
Emissie	kg	134	125	0	102	156	33	125	85	61	76
EMISSIES TOTAAL (NH3_N)											
- stal	kg	1072	1142	1053	849	1301	932	945	817	887	1041
- weide	kg	16	56	13	0	48	43	54	44	36	31
- toediening	kg	405	664	1271	552	1219	526	385	381	545	493
- kunstmest	kg	134	125	0	102	156	33	125	85	61	76
Totaal bedrijf	kg	1627	1987	2337	1503	2723	1534	1509	1327	1529	1641
Totaal per ton melk	kg	1,8	2,7	3,4	3,2	2,9	2,5	2,2	2,0	2,5	2,2
Totaal per ha	kg	24,2	39,6	35,9	37,3	35,6	31,4	35,8	49,9	28,5	37,6
Totaal per koe	kg	17,7	19,7	24,1	20,9	23,1	17,8	18,9	17,5	17,8	18,2

Tabel 5. Kenmerken en emissies van de Koeien & Kansen-bedrijven op niet-zandgrond en het gemiddelde van alle bedrijven (dus inclusief de zandbedrijven van Tabel 4)

		Hove	Sikke	Mied	Dekk	Wijk	Vrie	Gem
ALGEMENE KENMERKEN								
- melkproductie	ton	782	1288	907	1092	773	598	778
- grondsoort		Löss	klei	klei op veen	klei	klei	veen	
- grasland	ha	38	86	66	31	34	39	42
- bouwland	ha	15	0	13	13	8	6	12
- oppervlakte totaal	ha	53	86	79	44	42	45	54
- melkproductie/ha	Ton	14,8	14,9	11,5	25,0	18,6	13,4	15,1
- melkkoeien	stuks	103	161	135	133	83	82	100
- melkproductie/koe	kg	7592	8000	6719	8211	9313	7293	7818
- pinken	stuks	34	48	49	65	25	18	32
- kalveren	stuks	36	36	37	49	28	22	34
EXCRETIE								
- stal	kg N	11233	15173	16279	20926	11124	7989	12017
- weide	kg N	4275	6852	4885	0	1069	3167	2179
- totaal bedrijf	kg N	15508	22025	21164	20926	12193	11156	14196
FACTOREN DIE DE EMISSIES UIT STAL EN BIJ BEWEIDING BEÏNVLOEDEN								
Melkureum								
- zomer	mg/100gr	22	16	23	19	20	23	21
- winter	mg/100gr	21	19	20	19	23	24	21
- gemiddeld	mg/100gr	21	18	21	19	22	23	21
Stalventilatie (afwijking van standaardsituatie)								
- zomer	%	110	135	135	130	120	125	125
- winter	%	110	110	110	110	110	110	110
Beweiding								
- dagen, melkvee	aantal	206	198	122	0	124	191	143
- uren, melkvee	u/dag	12	14	12	0	5	14	7
- dagen, jongvee	aantal	75	91	168	0	57	135	66
- CEC correctie bodem grasland		1,58	1,00	0,93	1,00	0,93	0,38	1,47
RE-gehalte rantsoen zomer								
- melkvee	gr/kg ds	148	152	147	146	155	161	150
- jongvee	gr/kg ds	200	161	161	191	177	195	174
EMISSIE UIT DE STAL (NH3_N)								
- zomer melkvee	kg	421	590	690	728	395	343	480
- winter melkvee	kg	361	561	546	523	369	352	396
- totaal melkvee	kg	782	1151	1235	1250	764	695	877
- totaal jongvee	kg	223	283	289	384	167	124	210
Totaal	kg	1004	1434	1525	1634	931	819	1087
EMISSIES BIJ BEWEIDING (NH3_N)								
- melkvee	kg	75	84	37	0	11	17	31
- jongvee	kg	23	11	24	0	5	5	9
Totaal	kg	98	95	61	0	16	22	40

		Hove	Sikke	Mied	Dekk	Wijk	Vrie	Gem
UITRIJDEN MEST								
- stalmest	kg N	10229	13739	14754	19292	10193	7170	10930
- afvoer mest	kg N	1544	0	2998	6592	2299	186	1612
- aanvoer mest	kg N	1073	333	0	0	0	0	266
- uitgereden mest	kg N	9757	14072	11756	12700	7894	6985	9584
- uitg. mest/ha	kg N	184	163	149	291	190	157	178
- ammonium in mest	% van N-tot.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
methode mestaanwending								
- onderwerken	%	19	3	0	6	0	0	2
- injecteren	%	0	0	0	0	0	0	5
- zodebemester	%	81	0	56	94	100	0	66
- sleepvoet	%	0	97	44	0	0	100	15
- sleufkouter	%	0	0	0	0	0	0	12
EMISSIES BIJ UITRIJDEN MEST (NH3_N)								
Totaal	Kg	795	1974	1150	893	513	978	796
EMISSIES UIT KUNSTMEST (NH3_N)								
- gebr. kunstmest	kg N	5456	17461	3422	6616	6241	4649	5539
Emissie	kg	109	349	68	132	125	93	111
EMISSIES TOTAAL (NH3_N)								
- stal	kg	1004	1434	1525	1634	931	819	1087
- weide	kg	98	95	61	0	16	22	40
- toediening	kg	795	1974	1150	893	513	978	796
- kunstmest	kg	109	349	68	132	125	93	111
Totaal bedrijf	kg	2006	3851	2805	2659	1585	1912	2033
Totaal per ton melk	kg	2,6	3,0	3,1	2,4	2,1	3,2	2,6
Totaal per ha	kg	37,9	44,6	35,6	61,0	38,1	42,9	38,5
Totaal per koe	kg	19,5	23,9	20,8	20,0	19,1	23,3	20,1

De hoeveelheid door de veestapel op stal of tijdens beweiding uitgescheiden N bedraagt gemiddeld 263 kg/ha. Daarvan gaat 20 kg uit stal of mestopslag als ammoniak verloren, 1 kg wordt verloren tijdens beweiding en 15 kg vervluchtigt tijdens of kort na het uitrijden van de mest.

In Tabel 6 is de procentuele bijdrage van de verschillende bronnen aan de emissies van de bedrijven weergegeven. De stal (inclusief opslag) blijkt de grootste emissiebron en de weidemest de kleinste. Slechts 2% van de ammoniak ontstaat door beweiding, terwijl 15% van de mest tijdens beweiding wordt uitgescheiden⁸. Dat geeft aan dat op deze bedrijven de verliezen uit weidemest gering zijn (1 - 3%) ten opzichte van de verliezen uit mest in stal en opslag (gemiddeld 9%) of bij uitrijden op grasland.

Tabel 6. Verdeling van de totale emissie over de verschillende bronnen, gemiddeld voor alle bedrijven (afgeleid van de Tabellen 4 en 5).

Bron	Aandeel in emissie
stal en opslag	53%
weidemest	2%
uitgereden drijfmest	39%
kunstmest	5%

⁸ Vergeleken met de gangbare praktijk beweiden de bedrijven in Koeien & Kansen minder. In de gangbare praktijk zal het aandeel weidemest in de totale mestproductie dus groter zijn.

3.2 Resultaten van fictieve bedrijven die onderling verschillen in grondsoort en melkproductie (stap 2)

In de Tabellen 7 en 8 zijn de bedrijfskenmerken en de emissies samengevat van de fictieve representatieve bedrijven van de 16 clusters waarin de Nederlandse melkveehouderij is opgedeeld. De bedrijfskenmerken in de periode 1998 – 2002, zoals die uit BIN naar voren komen, zijn als vertrekpunt genomen. Bedrijven zijn intussen in oppervlakte en quotum gegroeid en zullen tot 2010 verder groeien. Het nationale quotum en de oppervlakte beschikbare grond veranderen echter nauwelijks: met minder bedrijven wordt ongeveer dezelfde hoeveelheid melk geproduceerd op dezelfde oppervlakte. Omdat we de emissie per ton melk uitdrukken, en niet per bedrijf, heeft verandering van bedrijfsomvang geen noemenswaardig effect op emissies.

Met aspecten waar schaalvergroting wel invloed op heeft, zoals beweiding, is bij de invulling van de fictieve bedrijfssystemen rekening gehouden. Ook is rekening gehouden met veranderingen in huisvesting door te veronderstellen dat de stallen in 2010 gelijk zijn aan die van Koeien & Kansen in 2005. Daardoor is de ventilatie 's winters 10% en 's zomers 25% groter dan waar de huidige normen vanuit gaan. Verondersteld is dat de samenstelling van de veestapel, voeding en bemesting op dezelfde wijzen zijn aangepast aan het strengere mestbeleid als de Koeien & Kansen-bedrijven dat reeds hebben gedaan in 2005.

Met name de intensievere bedrijven verlagen het aantal stuks jongvee en beperken de eiwitvoeding, wat tot uiting komt in een lager ureumgehalte van de melk. Het gehalte van de huidige praktijk is gemiddeld 25 mg/100 g. In onze voor 2010 representatieve bedrijven is dat 22, net iets meer dan de 21 van de bedrijven in Koeien & Kansen. Het iets hogere gemiddelde voor de representatieve bedrijven ten opzichte van het gemiddelde van Koeien & Kansen wordt veroorzaakt door het relatief grote aantal intensieve Koeien & Kansen-bedrijven op zandgrond, waar meer praktische mogelijkheden zijn om de eiwitconsumptie te beperken. Verondersteld is dat in 2010 bij bouwland de mest geïnjecteerd wordt, dus dat geen enkel bedrijf de mest nog bovengronds uitrijdt en vervolgens inwerkt.

We gaan ervan uit dat bedrijven dierlijke mest afvoeren als er meer mest wordt geproduceerd dan wettelijk uitgebracht mag worden (250 kg N/ha) en dat ze mest aanvoeren als de wettelijke ruimte dat toelaat. De aanvoerbedrijven blijven 4% onder wat wettelijk mag. Door mesttransport wentelen de afvoerbedrijven de emissie bij mesttoediening af op aanvoerbedrijven. De emissie per ton melk wordt hierdoor beïnvloed. We komen hier in de discussie op terug.

Tabel 7. Veronderstelde kenmerken en berekende emissies van representatieve fictieve bedrijven op zandgrond

Intensiteit	ton melk/ha	Nat zand			Droog zand				
		< 10	10-14	14 - 18	> 18	< 10	10-14	14 - 18	> 18
ALGEMENE KENMERKEN									
- melkproductie	ton	365	516	589	538	447	448	537	704
- grasland	Ha	37	33	29	19	42	27	25	25
- bouwland	Ha	8	10	9	6	10	10	9	9
- oppervlakte totaal	Ha	45	43	38	25	52	37	34	34
- melkproductie/ha	Ton	8,1	12,0	15,5	21,5	8,6	12,1	15,8	20,7
- melkkoeien	Stuks	52	67	70	60	64	58	64	78
- melkproductie/koe	Kg	7000	7700	8400	9000	7000	7700	8400	9000
- pinken	Stuks	26	27	24	17	26	27	24	17
- kalveren	Stuks	26	27	24	16	26	27	24	16

Intensiteit	ton melk/ha	Nat zand				Droog zand			
		< 10	10-14	14 - 18	> 18	< 10	10-14	14 - 18	> 18
EXCRETIE									
- stal	kg N	6325	9237	10202	8991	7403	8261	9471	11345
- weide	kg N	2810	2105	1521	837	3222	1933	1430	1013
- totaal bedrijf	kg N	9136	11342	11723	9828	10625	10194	10901	12358
FACTOREN DIE DE EMISSIES UIT STAL EN BIJ BEWEIDING BEÏNVLOEDEN									
Melkureum									
- zomer	mg/100 gr	24	22	20	19	24	22	20	19
- winter	mg/100 gr	21	20	19	18	21	20	19	18
- gemiddeld	mg/100 gr	23	21	19	18	23	21	19	18
Stalventilatie (afwijking van standaardsituatie)									
- zomer	%	125	125	125	125	125	125	125	125
- winter	%	110	110	110	110	110	110	110	110
Beweiding									
- dagen, melkvee	aantal	200	160	160	120	200	160	160	120
- uren, melkvee	u/dag	12	8	6	5	12	8	6	5
- dagen, jongvee	aantal	200	150	100	75	200	150	100	75
RE-gehalte rantsoen zomer (drogestof-basis)									
- melkvee	gr/kg	160	155	150	145	160	155	150	145
- jongvee	gr/kg	170	170	170	170	170	170	170	170
EMISSIE UIT DE STAL (NH3_N)									
- zomer melkvee	kg	254	321	329	286	311	279	300	374
- winter melkvee	kg	190	271	273	224	233	235	249	293
- totaal melkvee	kg	443	592	602	509	544	514	549	667
- totaal jongvee	kg	167	173	154	107	167	173	154	107
Totaal	kg	610	766	757	616	711	687	704	774
EMISSIES BIJ BEWEIDING (NH3_N)									
- melkvee	kg	49	32	23	12	61	27	21	15
- jongvee	kg	40	31	19	10	40	31	19	10
Totaal	kg	89	63	42	21	101	59	40	25
UITRIJDEN MEST									
- stalmest	kg N	5715	8472	9445	8374	6692	7574	8768	10571
- aanvoer - afvoer	kg N	2888	147	-1147	-2870	3269	-308	-1438	-2895
- uitgereden mest	kg N	8603	8619	8299	5504	9961	7266	7330	7676
- uitgereden mest/ha	kg N	191	200	218	220	192	196	216	226
Ammonium-N in mest N		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
methode mestaanwending									
- onderwerken	%	0	0	0	0	0	0	0	0
- injecteren	%	10	10	10	10	10	10	10	10
- zodebemester	%	90	90	90	90	90	90	90	90
- sleepvoet	%	0	0	0	0	0	0	0	0
- sleufkouter	%	0	0	0	0	0	0	0	0
EMISSIES BIJ UITRIJDEN MEST (NH3_N)									
Totaal	Kg	514	515	496	329	595	434	438	459
EMISSIES UIT KUNSTMEST (NH3_N)									
- gebruikte kunstmest	kg N	6750	7310	7030	5000	7800	6290	6290	6800
Emissie	kg	135	146	141	100	156	126	126	136

Intensiteit	ton melk/ha	Nat zand				Droog zand			
		< 10	10-14	14 - 18	> 18	< 10	10-14	14 - 18	> 18
EMISSIES TOTAAL (NH3_N)									
- stal	kg	610	766	757	616	711	687	704	774
- weide	kg	89	63	42	21	101	59	40	25
- toediening	kg	514	515	496	329	595	434	438	459
- kunstmest	kg	135	146	141	100	156	126	126	136
Totaal bedrijf	kg	1348	1490	1435	1067	1563	1306	1307	1394
Totaal per ton melk	kg	3,7	2,9	2,4	2,0	3,5	2,9	2,4	2,0
Totaal per ha	kg	30,0	34,6	37,8	42,7	30,1	35,3	38,4	41,0
Totaal per koe	kg	25,9	22,2	20,5	17,9	24,5	22,5	20,4	17,8

Tabel 8. Veronderstelde kenmerken en emissies van representatieve fictieve bedrijven op klei- en veengrond

Intensiteit	ton melk/ha	Klei				Veen			
		< 10	10-14	14 - 18	> 18	< 10	10-14	14 - 18	> 18
ALGEMENE KENMERKEN									
- melkproductie	ton	394	545	702	906	427	602	750	960
- grasland	Ha	42	39	38	35	44	46	43	43
- bouwland	Ha	6	6	7	11	4	5	6	5
- oppervlakte totaal	Ha	48	45	45	46	48	51	49	48
- melkproductie/ha	Ton	8,2	12,1	15,6	19,7	8,9	11,8	15,3	20,0
- melkkoeien	stuks	56	68	85	107	61	80	94	120
- melkproductie/koe	Kg	7000	8000	8300	8500	7000	7500	8000	8000
- pinken	stuks	28	27	27	29	29	27	27	27
- kalveren	stuks	28	27	27	29	28	28	28	28
EXCRETIE									
- stal	kg N	6730	9482	11873	15164	7167	9952	12189	15695
- weide	kg N	3429	2498	2280	2092	3919	3564	3215	3073
- totaal bedrijf	kg N	10159	11980	14153	17256	11087	13516	15404	18767
FACTOREN DIE DE EMISSIES UIT STAL EN BIJ BEWEIDING BEÏNVLOEDEN									
Melkureum									
- zomer	mg/100 gr	27	25	23	21	30	27	25	23
- winter	mg/100 gr	24	22	20	19	25	23	21	21
- gemiddeld	mg/100 gr	26	23	21	20	28	25	23	22
Stalventilatie (afwijking van standaardsituatie)									
- zomer	%	125	125	125	125	125	125	125	125
- winter	%	110	110	110	110	110	110	110	110
Beweiding									
- dagen, melkvee	aantal	200	175	160	150	200	175	160	150
- uren, melkvee	u/dag	14	8	7	6	15	12	10	8
- dagen, jongvee	aantal	200	175	140	100	200	180	160	150
RE-gehalte rantsoen zomer (drogestof-basis)									
- melkvee	gr/kg	160	157	154	150	180	175	170	160
- jongvee	gr/kg	170	170	170	170	180	180	180	180

Intensiteit	ton melk/ha	Klei				Veen			
		< 10	10-14	14 - 18	> 18	< 10	10-14	14 - 18	> 18
EMISSIE UIT DE STAL (NH3_N)									
- zomer melkvee	kg	282	354	431	524	322	392	471	604
- winter melkvee	kg	227	296	342	415	255	361	393	503
- totaal melkvee	kg	509	650	773	939	578	754	864	1107
- totaal jongvee	kg	180	173	173	186	184	176	176	176
Totaal	kg	689	823	946	1126	762	929	1040	1282
EMISSIES BIJ BEWEIDING (NH3_N)									
- melkvee	kg	36	22	21	19	24	21	17	13
- jongvee	kg	24	20	16	12	12	10	9	8
Totaal	kg	60	43	37	31	36	30	26	21
UITRIJDEN MEST									
- stalmest	kg N	6041	8659	10927	14038	6406	9023	11149	14412
- aanvoer - afvoer	kg N	2666	44	-1629	-4453	135	111	-1766	-5408
- uitgereden mest	kg N	8707	8703	9298	9586	6541	9134	9383	9005
- uitgereden mest/ha	kg N	181	193	207	208	136	179	191	188
methode mestaanwending									
- onderwerken	%	0	0	0	0	0	0	0	0
- injecteren	%	10	10	5	5	0	0	0	0
- zodebemester	%	60	60	65	65	0	0	0	0
- sleepvoet	%	30	30	30	30	100	100	100	100
- sleufkouter	%	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammonium-N in mest-N		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
EMISSIES BIJ UITRIJDEN MEST (NH3_N)									
Totaal	kg	716	716	789	814	916	1279	1314	1261
EMISSIES UIT KUNSTMEST (NH3_N)									
- gebruikte kunstmest	kg N	8640	8100	9900	10120	4800	5100	4900	4800
Emissie	kg	173	162	198	202	96	102	98	96
EMISSIES TOTAAL (NH3_N)									
- stal	kg	689	823	946	1126	762	929	1040	1282
- weide	kg	60	43	37	31	36	30	26	21
- toediening	kg	716	716	789	814	916	1279	1314	1261
- kunstmest	kg	173	162	198	202	96	102	98	96
Totaal bedrijf	kg	1638	1744	1970	2173	1809	2340	2477	2660
Totaal per ton melk	kg	4,2	3,2	2,8	2,4	4,2	3,9	3,3	2,8
Totaal per ha	kg	34,1	38,8	43,8	47,2	37,7	45,9	50,6	55,4
Totaal per koe	kg	29,1	25,6	23,3	20,4	29,6	29,2	26,4	22,2

3.3 De resultaten van clusters van bedrijven, en van de Nederlandse melkveehouderij als geheel

De emissies per ton melk van onze referentiebedrijven, weergegeven in Tabel 7 en 8, kunnen vermenigvuldigd worden met de hoeveelheden melk in de clusters die ze vertegenwoordigen, weergegeven in Tabel 2. Er ontstaat dan een beeld van de emissie per cluster en, na optellen, van de nationale emissie (Tabel 9). De nationale emissie bedraagt 40,4 kton NH₃ (33,3 ton NH₃-N). Nogmaals: de berekeningen zijn gebaseerd op de veronderstelling dat de vakbekwaamheid met betrekking tot mineralenmanagement van de veehouders in 2010 overeen komt met de huidige vakbekwaamheid van de melkveehouders die deelnemen aan het

project Koeien & Kansen. Ook zijn alleen de melkkoeien en het jongvee in de berekeningen meegenomen, dus geen vleesvee, schapen of paarden. Ook is geen rekening gehouden met ammoniakverliezen uit verterende gewasresten, als gevolg van het bloten van grasland, het slecht afweiden van herfstgras of het doodvriezen of doodspuiten van vanggewassen na maïs. Er zijn indicaties dat die verliezen beduidend kunnen zijn.

Tabel 9. De totale emissie per bedrijfscluster en nationaal (kton NH₃)

	Emissie				
	totaal	<10	10-14	14-18	>18
Klei	13,2	2,4	5,9	3,3	1,6
Veen	9,4	1,3	5,6	2,4	0,0
Nat zand	12,7	2,0	6,5	3,5	0,8
Droog zand	5,2	0,8	1,9	1,6	1,0
Alle grondsoorten	40,4	6,4	19,9	10,8	3,4

4 Discussie

4.1 Effecten van het bijstellen van de emissienormen voor huisvesting en mesttoediening

In de berekeningen is verondersteld dat de stalemissie 's winters 110% en 's zomers 125% is van die van een conventionele, meer gesloten stal. Als we de ventilatie op 100% stellen, neemt de ammoniakemissie uit de stal af, maar die bij mestaanwending toe, omdat de mest bij uitrijden stikstofrijker is. De totale ammoniakemissie neemt af van 40,4 kton naar 38,3 kton ammoniak, een afname van ruim 2 kton.

Als we tevens de oude emissienormen toepassen die gelden voor mestaanwending dan blijft de emissie 38,3 kton. De lagere nieuwe norm voor injecteren van bouwland (10,4% van ammoniak in mest wordt 2,5 %) compenseert de hogere norm voor zodebemesting van grasland (11,5% wordt 13,0%). De afname van de injectienorm is weliswaar veel groter dan de toename van de norm voor zodebemesting, maar de hoeveelheid mest die geïnjecteerd wordt is veel geringer door het relatief kleine areaal bouwland en de geringere hoeveelheid mest per hectare.

4.2 Effecten van het verhogen van de emissienorm voor weidemest

Door een beperkte stikstofbemesting van het grasland, als gevolg van de mestwetgeving, en het voeren 's nachts op stal van eiwitarme producten is de concentratie van N in urine tijdens beweiding gering, wat volgens de berekeningswijze (Bijlage 1) resulteert in een ammoniakemissie van 1 - 3% van N in weidemest. De emissie uit weidemest voor heel Nederland is dan slechts 1,1 kton ammoniak. In andere studies wordt uitgegaan van 8-10 % . Als we 8% toepassen in onze berekeningen loopt de ammoniakemissie op tot 3,1 kton, een toename van 2,0 kton. Naar verwachting zal de weideduur de komende jaren afnemen door schaalvergroting en door de mestwetgeving, waardoor het effect van de hoogte van de emissienorm voor weidemest op de bedrijfsemissie minder wordt.

4.3 Verschillen tussen bedrijven als gevolg van verschillen in excretie

Uit de resultaten blijkt dat de ammoniakemissie per ton melk niet voor alle clusters gelijk is, maar afneemt naarmate de melkproductie per ha toeneemt (Tabel 10). Ook is de emissie op zandgrond lager dan op veen of klei.

Tabel 10. De emissie voor de verschillende bedrijfstypen in 2010 (kg NH₃/ton melk)

	Emissie			
	<10	10-14	14-18	>18
Klei	5,1	3,9	3,4	2,9
Veen	5,1	4,7	4,0	3,4
Nat zand	4,5	3,5	3,0	2,4
Droog zand	4,2	3,5	3,0	2,4
Gemiddeld	4,9	4,0	3,5	2,9

De verklaring hiervoor moet vooral gezocht worden bij de voeding, die de excretie aanstuurt en die op haar beurt de emissie van ammoniak. Naarmate het rantsoen van een koe meer eiwit bevat is de excretie van N hoger, omdat de productie van melkeiwit nauwelijks wordt verhoogd. Intensievere bedrijven kopen meer voer aan en zijn daardoor beter in staat het rantsoen eiwitarm te maken. Met name extensieve bedrijven op veen en zware klei zullen veel gras in het rantsoen stoppen. Dat eiwitrijke product is volop beschikbaar en men zal proberen het zoveel mogelijk te vervoederen. Gemakkelijker dan op veen of klei kan op zand tot 30%⁹ van de grond worden bestemd voor de teelt van maïs, dat eiwitarm is. Een andere belangrijke reden voor de relatief geringe emissie van intensieve bedrijven is dat deze bedrijven mest moeten afvoeren en daardoor niet met de uitrij-emissie daarvan te maken krijgen. Een extensief bedrijf voert mest aan, en verhoogt daarmee haar ammoniakemissie.

Tabel 11. Productie van mest in 2010 (op stal of in de weide; ton N, per bedrijfscluster en totaal)

	Productie mest				
	totaal	<10	10-14	14-18	>18
Klei	75390	12109	33317	19681	10283
Veen	45771	6681	26850	12240	0
Nat zand	80589	10889	40556	23288	5857
Droog zand	34463	4221	12050	10827	7364
Alle grondsoorten	236214	33900	112773	66036	23505

Volgens de hier gepresenteerde berekeningen produceert de Nederlandse melkveehouderij in totaal 236.214 ton N als mest (op stal en in de weide; Tabel 11). Daarvan wordt 13.828 ton door de overschotbedrijven afgevoerd, grotendeels naar de extensieve bedrijven (som van negatieve waarden in Tabel 12). In totaal is 98% van de mestproductie binnen de melkveehouderij afzetbaar en voor de resterende 4.960 kton moet elders afzet gevonden worden.

Tabel 12. Mestaanvoer (ton N), per bedrijfscluster en totaal. Een negatief getal betekent mestafvoer.

	Mestaanvoer				
	totaal	<10	10-14	14-18	>18
Klei	-1619	3177	122	-2265	-2654
Veen	-1102	82	220	-1404	0
Nat zand	-20	3442	526	-2278	-1710
Droog zand	-2219	1299	-364	-1428	-1725
Alle grondsoorten	-4960	8000	503	-7375	-6089

Wat gebeurt er als alle mest op het eigen bedrijf zou worden toegepast, dus als de verliezen bij uitrijden van mest niet door de intensieve bedrijven op de extensieve worden afgewenteld middels mesttransport? Uit Tabel 13 blijkt dat de verschillen tussen de emissies per ton melk kleiner worden, maar er blijven verschillen tussen intensieve en extensieve bedrijven als gevolg van betere mogelijkheden en grotere noodzaak voor eiwitarmere voeding op intensieve bedrijven. In Tabel 13 is geen rekening gehouden met effecten op kunstmestgebruik. Intensievere bedrijven zullen minder kunstmest-N gaan gebruiken als alle drijfmest op het eigen bedrijf blijft en extensievere bedrijven zullen meer kunstmest gebruiken als ze stoppen met de aanvoer van drijfmest. De emissies uit kunstmest zullen op intensieve bedrijven lager worden en die op extensieve bedrijven hoger.

⁹ 30% geldt als maximum om in aanmerking te komen voor derogatie (uitrijden van 250 kg N/ha als dierlijke mest in plaats van 170 kg).

Tabel 13. De ammoniakemissie als geen mest wordt aan- of afgevoerd (kg NH₃/ton melk), per bedrijfscluster)

	Ammoniakemissie			
	<10	10-14	14-18	>18
Klei	4,4	3,9	3,7	3,4
Veen	5,1	4,7	4,4	4,3
Nat zand	3,9	3,5	3,1	2,8
Droog zand	3,7	3,6	3,2	2,7
Gemiddeld	4,5	4,0	3,7	3,5

4.4 Effecten van eiwitrijkere voeding

Het rantsoen van de huidige praktijk is eiwitrijker dan het rantsoen dat we in 2010 veronderstellen. Nu bevat het vooral in de zomer vaak minstens 170 gr eiwit/kg ds. Als gevolg daarvan is het jaargemiddeld ureumgehalte van de melk 25 mg/100 ml melk, dat is ruim boven het hier voor 2010 berekende gemiddelde niveau (22) en veel hoger dan de afspraak van de sector met de overheid. Die afspraak komt er op neer dat de sector ervoor zorgt dat in 2010 het Nederlandse gemiddelde ureumgehalte niet hoger is dan 20 mg/100 ml melk en dat de overheid dan afziet van aanvullende eisen met betrekking tot huisvesting¹⁰. In 2008 beoordeelt LNV of er door de melkveehouders voldoende voortgang is gemaakt. Het is maar zeer de vraag of veehouders het aandurven of de mogelijkheid hebben om met name in de zomer eiwitarm te voeren. Het eiwitgehalte van gras is niet alleen hoog maar ook variabel en het is moeilijk in te schatten hoeveel weidegras een koe opneemt. Dat leidt ertoe dat men vaak voor de zekerheid¹¹ de eiwitopname in de vorm van vers gras te laag inschat en aanvult met krachtvoer. Onze fictieve voorbeeldbedrijven realiseren een ureumgehalte van de melk in de zomerperiode als weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14. Ureumgehalte melk zomer (mg/100 ml), per bedrijfscluster

	Ureumgehalte			
	<10	10-14	14-18	>18
Klei	27	25	23	21
Veen	30	27	25	23
Nat zand	24	22	20	19
Droog zand	24	22	20	19

Als we veronderstellen dat bedrijven niet in staat zijn het ureumgehalte van de melk in de zomer te verlagen tot onder de 25 mg /100 ml, omdat het rantsoen nooit minder dan 165 gr eiwit/ kg ds bevat, en 's winters niet tot onder de 22 mg/100 ml, dan neemt de mestproductie toe met 2% (4.479 ton N). Daardoor verdubbelt de niet in de melkveehouderij plaatsbare mest tot 9.439 ton N. Bij afzetkosten van 2,5 euro/kg N is dit een jaarlijkse schadepost van ruim 11 miljoen euro. De ammoniakemissie neemt toe met 1,1 kton tot 41,5 kton, waarbij de ammoniak die uit niet-plaatsbare mest bij aanwending verloren gaat buiten beschouwing is gelaten.

¹⁰ Brief minister LNV aan de Tweede Kamer, 11 september 2003, stuknummer 24 445, nr. 65

¹¹ Men is vooral bang de energie- en nutriëntenvoorziening onder de behoeften van de productiefste dieren te brengen.

4.5 Effecten van meer beweiden

Meer weidegang en dus minder stalverblijf leidt ertoe dat een groter deel van de excretie in de weide plaatsvindt. Ten opzichte van mest die op stal is geproduceerd, gaat uit weidemest weinig stikstof als ammoniak verloren, maar wel relatief veel als nitraat of lachgas dat vrijkomt bij de afbraak van nitraat (denitrificatie). In het algemeen leidt extra beweiding zeker niet tot minder N-verliezen, maar routes en vormen van verliezen veranderen. De effecten van meer of minder beweiden zijn gecompliceerd omdat meer beweiding in de regel leidt tot een eiwitrijker rantsoen, dat weer leidt tot extra excretie en vervolgens tot hogere emissies daaruit, ook op stal. De effecten zijn te gecompliceerd om binnen deze studie goed te behandelen. Het is zeker geen kwestie van een eenvoudige correctie voor het aantal dagen of het aantal uren weidegang.

4.6 Effecten van meer vee

De gemiddelde melkproductie van de Nederlandse melkkoe is nu ongeveer 7.500 kg per jaar. De meeste van onze fictieve referentiebedrijven hebben hogere producties, net als de bedrijven in Koeien & Kansen. Bij hogere producties zijn minder koeien nodig om een quotum vol te melken. Als we het melkproductieniveau van de koeien op alle fictieve bedrijven op 7.500 stellen en het aantal stuks jongvee gelijk houden, neemt de ammoniakemissie toe met 1,0 kton tot 41,4 kton. We zouden het aantal stuks jongvee mee kunnen laten stijgen met het aantal koeien, omdat meer koeien moeten worden vervangen, maar doen dat niet omdat het ook denkbaar is dat de levensduur van minder productieve koeien groter is. Een en ander hangt af van de oorzaken van de lagere productie. Die kan bijvoorbeeld liggen bij een minder goede gezondheidszorg door gebrek aan vakmanschap, of bij gerichte fokkerij op duurzaamheid waarbij men een iets lagere melkaanleg accepteert vanwege de vermeende winst die een minder snel slijtend dier oplevert.

4.7 Effecten van minder goed vakmanschap

Hoe ziet het beeld eruit als de Nederlandse veehouders niet in staat zijn hun collega's die deelnemen aan Koeien & Kansen in kunde te evenaren? Laten we veronderstellen dat de melkproductie per koe niet hoger is dan 7.500 kg, dat het aantal stuks jongvee 10% hoger is dan in de berekeningen verondersteld werd en dat het melkureumgehalte van de melk 's zomers minimaal 25 mg/100 ml is en 's winter 22. Dit zijn zaken die vrij sterk gerelateerd zijn aan management. Het totaalbeeld wat ontstaat, benadert de huidige praktijksituatie maar is nog steeds beter. De ammoniakemissie stijgt van 40,4 kton tot 42,6 kton, dat is 2,2 ton meer. De mestproductie stijgt van 236.214 ton N tot 251.051 ton, en 8% daarvan is niet meer plaatsbaar binnen de melkveehouderij. De mestafzetkosten stijgen met 37 miljoen euro. Als we vervolgens veronderstellen dat de emissie bij uitrijden van drijfmest 10% hoger is, door bijvoorbeeld bij zodebemesting teveel per keer uit te rijden, dan neemt de emissie toe tot 44,1 kton. Dat is ruim 9% meer dan in de uitgangssituatie (40,4 kton). De emissie bij uitrijden van de extra niet plaatsbare mest is daarbij buiten beschouwing gelaten.

Tabel 15. *Samenvatting effecten scenario's (kton NH3)*

Scenario	Emissie NL	Afwijking van basis
3.3 basisberekening (nieuwe emissienormen, K&K-vakmanschap)	40,4	0
4.1 oude emissienormen huisvesting en mesttoediening	38,3	- 2,1
4.2 oude emissienorm voor weidemest	42,4	+ 2,0
4.3 eiwitrijkere voeding	41,5	+ 1,1
4.6 meer vee	41,4	+ 1,0
4.7 minder goed vakmanschap	44,1	+ 3,7

5 Conclusies en aanbevelingen

Volgens de NEC-rapportage 2006 zal de landbouw zonder actief bijsturen haar emissieplafond 2010 naar verwachting met 15% overschrijden door niet 96 kton ammoniak te emitteren maar 111 kton. Als ervan wordt uitgegaan dat alle sectoren een gelijk percentage moeten bijdragen aan de benodigde reductie betekent dit voor de melkveehouderij dat zij haar bijdrage moet reduceren van 50 kton tot maximaal 42,5 kton. Als de kwaliteit van het mineralenmanagement van de Nederlandse melkveehouder in 2010 gelijk is aan dat van zijn collega's in het project Koeien & Kansen lijkt op basis van deze studie een afname tot 40,4 kton realistisch, al verdient het aanbeveling in een aanvullende studie de onzekerheidsmarges verder te verkennen.

De emissies die gerelateerd zijn aan vleesvee, schapen of paarden zijn net als in de NEC-rapportage buiten beschouwing gelaten en er is ook in deze studie geen rekening gehouden met ammoniakverliezen uit verterende maai- en beweidingsverliezen en uit een doodgespoten of doodgevroren vanggewas na maïs. Recent verkennend onderzoek van Plant Research International (*opm.: nog niet gepubliceerd*) doet vermoeden dat die verliezen meer dan 1 kton kunnen bedragen. Daar staat tegenover dat de bedrijven in Koeien&Kansen hun prestaties nog steeds verbeteren en dat die mogelijk ook bestaat voor de brede praktijk, na overdracht van ervaring en kennis. Bij de berekeningen is wel rekening gehouden met emissies uit kunstmest (3,4 kton). Bij de NEC-rapportage is dat niet het geval.

Er kan niet zorgeloos worden afgewacht. Als het functioneren van de Nederlandse melkveehouderij niet verbetert dreigt overschrijding van het emissieplafond van de sector. Wat zijn de mogelijkheden?

- In tegenstelling tot de intensieve veehouderij zijn ingrepen die gericht zijn op afsluiting van de stal weinig kansrijk. Melkveestallen zijn open uit welzijnsoverwegingen. Wellicht effectief zijn dakisolatie, waardoor de stal in de zomer minder heet wordt en er dus minder ventilatie nodig is, en een geautomatiseerd systeem waarmee de hoogte van het rolgordijn in de muuropeningen wordt geregeld waardoor er niet onnodig veel wordt geventileerd.
- Extra mestopslagcapaciteit kan de emissie beperken omdat bij het uitrijden van mest beter rekening kan worden gehouden met weersomstandigheden. Nu komt het geregeld voor dat een volle put tot uitrijden dwingt, waardoor bij scherp drogend weer moet worden uitgereden of een deel van de mest niet in maar op de grond terecht komt omdat er alleen wordt uitgereden op het beperkte aantal percelen met een goede draagkracht in het vroege voorjaar.
- Sleepvoet en sleufkouter zijn geïntroduceerd als alternatief voor gronden waar zodebemesting slecht uitvoerbaar bleek. De indruk bestaat dat deze emissierijkere technieken nu ook worden toegepast in situaties waar zodebemesting intussen wel goed kan. Het verdient aanbeveling nog eens na te gaan onder welke omstandigheden relatief slechte aanwendingstechnieken acceptabel zijn. Eiwitarm voeren mag geen argument zijn om de mest oppervlakkig uit te mogen rijden en praktijkprojecten in deze richting geven verkeerde signalen af. Om de nationale doelen te kunnen realiseren moet een eiwitarme voeding samengaan met emissiearm uitrijden van mest.
- Het lijkt aantrekkelijk de emissie van ammoniak te verlagen door beweiding te stimuleren. Men moet zich wel realiseren dat dit leidt tot extra nitraat- en lachgasverlies, mede als gevolg van een hogere excretie van N. Ook is het zo dat zelfs op bedrijven die voldoen

aan de voorwaarden die gesteld worden aan 'weidemelk' de koeien soms meer dan 90% van hun tijd op stal verblijven¹². Dit onderstreept het relatief grote belang van de stal en van het management van de mest die daar geproduceerd wordt.

- De grootste winstmogelijkheden liggen bij motivatie en vakmanschap, waardoor met name de voeding kan worden geoptimaliseerd. Een aanbeveling is de motivatie en het vakmanschap van de veehouders in Koeien & Kansen te enten op alle Nederlandse melkveehouders, en daarvoor een plan uit te werken. Motivatie kan bevorderd worden door te wijzen op de relatie tussen het realiseren van het afgesproken ammoniakplafond en een verlenging na 2009 van de derogatie, die voor veel veehouders jaarlijks minstens 10.000 euro waard is¹³. Een en ander kan resulteren in eiwitarmere voeding van een kleinere, maar productievere en mogelijk gezondere veestapel, en een betere benutting van beter plaatsbare dierlijke mest. De verwachting is dat het inkomen van de veehouders daardoor verbetert.
- Ook bij de bedrijven in Koeien & Kansen is nog ruimte voor verbetering. Door deskstudies zouden de mogelijkheden kunnen worden verkend en de afwenteling van reducties van emissies van ammoniak naar nitraat- of lachgasemissies kunnen worden onderzocht. Het doel moet zijn voor elke vervuilende stof binnen de ecologisch verantwoorde grenzen te blijven.
- Het heeft voordelen een bedrijf individueel op emissies af te rekenen. Het is de moeite waard na te gaan of daarvoor een systeem kan worden bedacht. In een BedrijfsEvaluatieRapport (BER) kan het stikstofoverschot op jaarbasis worden gekwantificeerd, volgens de balansbenadering, en verdeeld over verliesvormen. Ook kunnen daarin de oorzaken van verliezen aan bod komen, zodat de veehouder aanknopingspunten heeft voor verbetering. De toelaatbare verliezen van ammoniak zouden per ton melk kunnen worden uitgedrukt en afhankelijk kunnen worden gemaakt van grondsoort en melkproductie per ha. Een bedrijf zou dan na afschaffen van de melkquotering meer melk mogen produceren als het binnen haar emissiegrenzen blijft, en minder als grenzen worden overschreden. Dit zal veel veehouders stimuleren de emissie te beperken.

¹² Om weidemelk te mogen leveren zijn de veehouders verplicht gedurende minimaal 4 maanden dagelijks minimaal 6 uur te weiden. Op jaarbasis is dat 8% van de tijd.

¹³ Bij derogatie mag per ha 80 kg N meer als mest worden uitgereden dan de standaardnorm van 170 kg. De kosten van mestafzet zijn minstens 2,5 euro per kg N, per ha is het verschil dus 200 euro. Bij een bedrijfsoppervlakte van 50 ha is dit 10.000 euro voor het hele bedrijf.

Literatuur

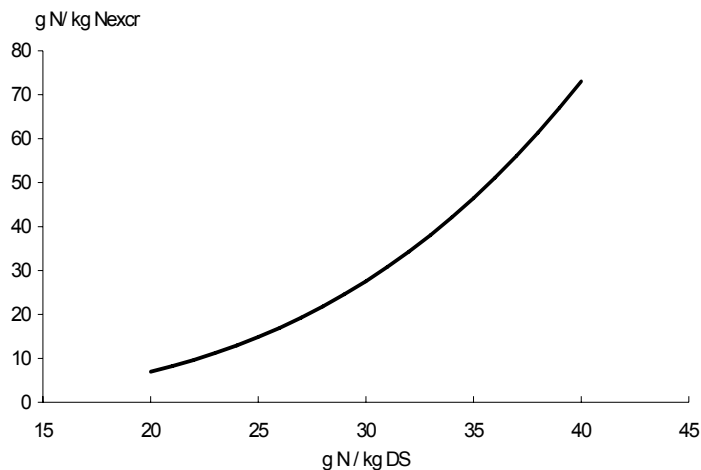
- Aarts, H.F.M., 2003. Met de praktijk als basis; keuze en uitgangspositie van de bedrijven in het project Koeien & Kansen. Rapport 1 Koeien & Kansen.
<http://www.koeienenkansen.nl/media/Rapport/1.pdf>
- Aarts, H.F.M., C.H.G Daatselaar & G. Holshof, 2005. Bemesting en opbrengst van productiegasland in ederland. Rapport Plant Research International 102.
http://library.wur.nl/wasp/bestanden/LUWPUBRD_00339292_A502_001.pdf
- Bussink, D.W., 1996. Ammonia volatilization from intensively managed dairy pastures. PhD-thesis, Agricultural University Wageningen
- CPB, MNP & RPD, 2006. Welvaart en Leefomgeving - een scenariostudie voor Nederland in 2040
- Dril, A.W.N. van & H.E. Elzinga, 2005. Referentieramingen energie en emissies 2005-2020. Rapport ECN-C-05-018. Energieonderzoek Centrum Nederland, Milieu- en Natuurplanbureau.
- Geel, P. van, 2006. Brief aan 2de Kamer, kenmerk Kvl2006324341, en bijlage 'NEC-rapportage 2006: Uitvoeringsnotitie emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging 2006.
- Hoogeveen, M.W., H.H. Luesink, G. Cotteleer & K.W. van der Hoek, 2003. Ammoniakemissie 2010; referentiescenario en effecten van bestaand beleid en mogelijke aanscherpingen, Rapport 3.03.05, LEI, Den Haag.
- Plantaz, M.A.H.G. , J. Slanina & G.P. Wyers, 1996. Surface/atmosphere exchange of ammonia over grazed pasture. ECN Rapport ECN-C-96-085
- Smits, M.C.J. & J.W.H. Huis in 't Veld, 2007. Ammoniakemissie uit melkveestallen van Koeien & Kansen-bedrijven en De Marke; resultaten van diverse, korte meetsessies. Koeien&Kansen rapport 35
- Smits, M.C.J., G. van Duinkerken & G.J. Monteny, 2002. Mogelijkheden van ammoniakemissie beperkende voermaatregelen in de melkveehouderij. IMAG Nota P 2002-36, hyperlink: <http://www.asg.wur.nl/NR/rdonlyres/CA2F52BF-C3AE-44EC-8128-5A1842E078DB/35863/Smitsbeperkendevoermaatregelen.pdf>

Bijlage 1 De berekening van de emissie van ammoniak als gevolg van beweiding

Michel Smits (ASG)

Bussink (1996) heeft de ammoniakemissie bij beweiding gemeten in relatie tot de bemesting en de N-opname door dieren. Hij heeft daartoe volveldse emissiemetingen verricht op intensief beweid, hoogproductief kleigrasland in Flevoland. De gemeten weide-emissies, uitgedrukt in kg ammoniak per hectare per jaar, werden door hem beschreven in de vorm van een regressievergelijking.

Uitgangspunt was dat de fractie van de uitgescheiden stikstof die als ammoniak emiteert beschreven kan worden als een functie van het stikstofgehalte van het rantsoen, uitgedrukt in grammen N per kg droge stof. In Figuur B1.1 is de door hem gevonden relatie tussen de fractie van de uitgescheiden stikstof die als ammoniak emiteert en het stikstofgehalte van het rantsoen weergegeven ($R^2=0,96$). De relatie is uitsluitend vastgesteld bij grasrantsoenen met aanvullend krachtvoer. In hoeverre de relatie ook van toepassing is bij rantsoenen met bijvoederen van bijvoorbeeld snijmaïs behoeft toetsing.



Figuur B1.1. De fractie van de uitgescheiden stikstof die als ammoniak tijdens beweiding emiteert (g N/kg Nexcr) als functie van het stikstofgehalte (g N/kg DS) van het rantsoen (naar Bussink, 1996).

De weide-emissie per hectare per jaar is in de door Bussink beschreven regressievergelijking ook afhankelijk van het aantal koeegraasdagen per hectare grasland per jaar (aantal koeien x aantal weidedagen) en het aantal weide-uren per graasdag¹⁴.

¹⁴ Voorbeeld: bij een N-gehalte van 35 g N/kg DS in het weideseizoen volgt uit Figuur B.1 een ammoniakemissie van 46 g N/kg Nexcr. Bij een excretie per koe van 400 g N/dag en 175 weidedagen met 20 uur weidegang per dag komt dit neer op een ammoniakemissie per koe uit de weide van 2,7 kg N per koe per jaar (= 3,2 kg NH₃ per koe per jaar). Bij 9 uur weidegang komt dit neer op 1,2 kg N per koe per jaar (= 1,5 kg NH₃ per koe per jaar).

De ammoniakemissie is ook afhankelijk van de kationen-uitwisselingscapaciteit (CEC) van de grond. Het bodemtype van het grasland waarop Bussink emissiemetingen deed was kalkrijke zeelei (CEC-waarde = 280 mol_c kg⁻¹). Op grond van een beperkt aantal metingen op zandgrond is door hem de volgende CEC-correctiefactor berekend:

$$CEC_{corr} = 7,71 - (0,02793 * (CEC - 280)) / 7,71$$

Voor zandgrond met een CEC-waarde van 60 mol_c kg⁻¹ is de weide-emissie volgens deze correctiefactor 80% hoger dan op de eerdergenoemde kleigrond. Volgens de CEC-correctie zou de weide-emissie op veengrond met een CEC-waarde van 400 mol_c kg⁻¹ 44% lager zijn dan op de kleigrond. Op veengrond zijn door Bussink echter geen metingen gedaan en is deze correctie dus niet door metingen onderbouwd. Naast de CEC speelt waarschijnlijk ook de snelheid waarmee urineplassen in de bodem verdwijnen een rol. Dit zou het CEC effect op de emissie van zand versus klei deels kunnen compenseren. In zandgronden zakt de urine immers meestal makkelijk in; op kleigronden blijven plassen soms, afhankelijk van de neerslag, lang staan. Plantaz *et al.*, 1996 heeft bij grasland op veengrond in Zegveld metingen verricht en vond een netto emissie van ammoniak in het weideseizoen van 5,4 à 6,7 kg per hectare per jaar. Als mogelijke oorzaak voor de lage emissie noemde Plantaz de lage pH van de veenbodem (pH=4,8)

Bussink heeft de in Figuur B1.1 weergegeven relatie vastgesteld bij onbeperkte weidegang, dus alleen gras met aanvullend krachtvoer in het weiderantsoen. In de modelberekeningen voor de bedrijven in Koeien & Kansen is verondersteld dat de relatie tussen het N-gehalte van het grasrantsoen en de ammoniakemissie ook van toepassing is bij gedeeltelijke vervanging van weidegras door bijvoederproducten. Bijvoederproducten bevatten over het algemeen veel minder kalium dan gras. De nieren van een melkkoe kunnen de overmaat aan kalium slechts in een beperkte concentratie in de urine uitscheiden. Daardoor is op grasrantsoenen het urinevolume veelal hoog en de concentratie van andere urinebestanddelen relatief laag.

Gedeeltelijke vervanging van gras door bijvoeding zal meestal leiden tot een afname van het urinevolume en een afname van de daarin uitgescheiden hoeveelheid ureum. Of ook de ureumconcentratie in die urine afneemt hangt af van de mate waarin enerzijds het urinevolume afneemt en anderzijds van de hoeveelheid ureum die daarin uitgescheiden wordt. In balansproeven is vastgesteld dat de ureumconcentratie in de urine door bijvoeding van perspulp, CCM of MKS (circa 3,5 kg ds per koe per dag) afnam met circa 1,2 g/l ten opzichte van een rantsoen met uitsluitend vers gras en aanvullend krachtvoer. Het kleinere urinevolume bij bijvoeding leidt tot een kleiner aantal urinelozingen per dag en minder urineplekken in de weide. De ureumconcentratie heeft ook een effect op het verloop van de pH in een urineplas na urineren. Bij een hogere ureumconcentratie kan de pH een hoger niveau bereiken en de emissiesnelheid zal dientengevolge ook een hoger niveau bereiken. Het effect van het N-gehalte in het rantsoen op de weide-emissie kan door een afname van het urinevolume bij bijvoeding anders zijn dan bij een weiderantsoen met uitsluitend gras (Smits *et al.*, 2002). Onderzoek hiernaar is relatief kostbaar, mede gezien het belang van weidegang voor de bedrijfsemissie in verhouding tot de stalemissie en de toedienemissie.

De eiwitgehalten in de rantsoenen van het melkvee op de bedrijven in Koeien & Kansen zijn laag tot zeer laag en zitten aan de onderkant of onder de range waarvoor Bussink de relatie heeft opgesteld.

Een andere belangrijke onzekerheid betreft de representativiteit van de grasmonsters voor de feitelijke eiwitgehalten in het opgenomen gras. Door Bussink werd bij het ontwikkelen van de in figuur B1.1 weergegeven relatie het eiwitgehalte van het gras gecorrigeerd (met 2,5 g N/kg

ds weidegrasopname) voor de extra N die de dieren opnemen als gevolg van 'verrijking' van het gras met excreta en de gedeeltelijke vastlegging van de uitgescheiden stikstof in de (her)groeiende plant. Bij een beperkte duur van weidegang per dag maakt het weidegras slechts een beperkt deel uit van het rantsoen en zal de impact op het N-gehalte van het totale rantsoen beperkt zijn. Als de dieren slechts een beperkt aantal dagen in een perceel weiden zal de toename van het N-gehalte veelal ook beperkt zijn en zullen de koeien bovendien plekken waar verse excreta liggen veelal mijden (selectief grazen). Bij standweiden kan het effect wel substantieel zijn.

Bij jongvee dat volledige weidegang heeft en niet of nauwelijks wordt bijgevoerd kan de toename van het N-gehalte in het gras door N uit excreta relevant zijn. Een toename van het N-gehalte van gras van 2,5 g/kg ds komt overeen met een toename van het eiwitgehalte van het gras met 15,6 g/kg ds. Uit Figuur B.1 kan afgeleid worden dat de weide-emissie daardoor met ca 30 a 40% kan toenemen. Dit is niet in de berekeningen verwerkt maar moet als onzekerheid beschouwd worden bij de berekende weide-emissies. Voor het jongvee op de bedrijven in Koeien & Kansen dat permanent geweid wordt, is een bredere range van eiwitgehalten gevonden. Bij de berekende weide-emissies van het jongvee moeten de volgende kanttekeningen geplaatst worden:

- 1) De eiwitgehalten in het gras voor het jongvee zijn slechts in beperkte mate gebaseerd op analyses en grotendeels afgeleid uit grasanalyseresultaten van de melkkoeien. De eiwitgehalten van het gras dat het jongvee in K&K heeft opgenomen, kan in de praktijk zowel hoger zijn (vooral als het jongvee wordt geweid op een perceel dat net gemaaid is) als lager (als in een perceel jongvee na het melkvee wordt geweid).
- 2) Voor het jongvee is uitgegaan van dezelfde relatie tussen RE-gehalte en weide-emissie per kilogram N-excretie als bij melkkoeien. De verteerbaarheid van het gras voor het jongvee is waarschijnlijk vergelijkbaar met dat van melkkoeien. Het jongvee heeft een veel lagere eiwit turnover (alleen eiwitaanzet in groei; geen eiwitoutput in de vorm van melk). Een relatief groot deel van de verteerde stikstof wordt daardoor uitgescheiden in de urine. De verhouding tussen faecale en urinstikstof bij jongvee wijkt dus af van die bij melkvee. De ureumconcentratie in de urine zal zich waarschijnlijk in een vergelijkbare range bevinden, maar wellicht gemiddeld iets hoger zijn dan bij melkkoeien, aangezien de ureumconcentratie fysiologisch begrensd wordt door het concentreringsvermogen van de nieren voor kalium, natrium en ureum. De vermoedelijk wat hogere ureumconcentratie in de urine bij jongvee ten opzichte van volwassen melkvee wordt geheel of gedeeltelijk gecompenseerd door de geringere oppervlakte van een urineplas van een pink in vergelijking met een volwassen melkkoe als gevolg van een kleiner volume en de lagere uitworphoogte.

Bijlage 2 De berekening van de emissie van ammoniak uit stallen

Michel Smits (ASG)

Ammoniakemissie als functie van melkureum, temperatuur en weidegang

De schatting van de stalemissie is gebaseerd op onderzoek dat in een onderzoekstal in Lelystad werd uitgevoerd. Daar werd de volgende relatie gevonden tussen de ammoniakemissie per koe per dag (F_{stal} , g NH_3 /dag), de buitentemperatuur (T , °C) en het tankmelkureumgehalte (BMU, mg/100 ml melk):

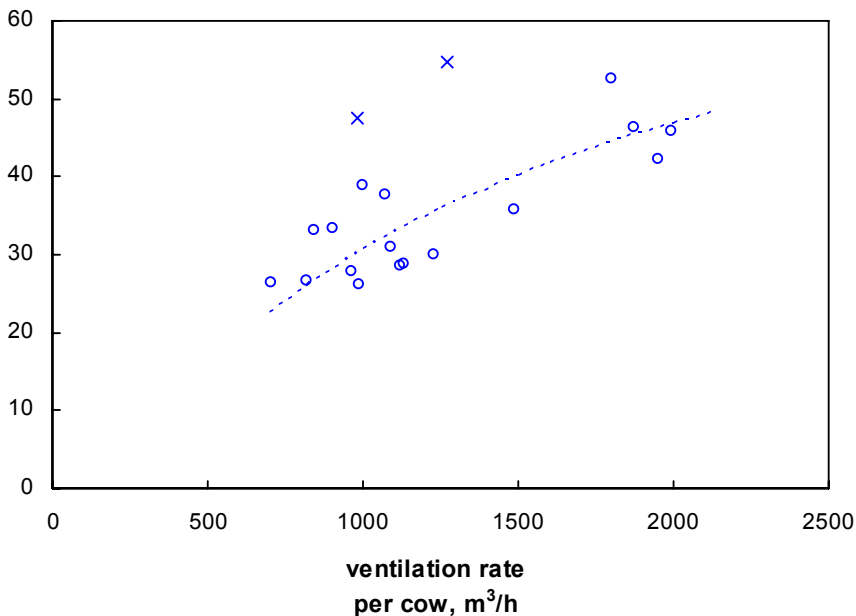
$$F_{\text{stal}} = 1/190 * e^{(0.751 + (0.0276 * (T-15)) + (0.0531 * \text{BMU}) - (0.00041145 * \text{BMU} * \text{BMU}))}$$

In de winter (190 dagen) is uitgegaan van een temperatuur van 9,2°C, in de zomer (175 dagen) van een temperatuur van 18,1°C. Per uur weidegang is de dagelijkse stalemissie verlaagd met 2,4%.

Ammoniakemissie als functie van ventilatie

Aangezien de onderzoekstal restricties had ten aanzien van de ventilatie-openingen is in de winter de emissie van de praktijkstallen 10% hoger gesteld en in de zomer 25% hoger. Bij de K&K bedrijven is voor elke stal het effect van de ventilatie-openingen in de zomer geschat (Figuur B2.1).

ammonia emission per cow, g/dag



Figuur B2.1 Relatie tussen het ventilatieniveau (per koe, m³/h) en de ammoniakemissie (per koe, g/dag) zoals gemeten in korte meetperioden (ca 1 week per meetperiode) van stallen van Koeien & Kansen bedrijven. De ammoniakemissie is gecorrigeerd naar een temperatuur van 15°C. De stippellijn geeft een regressielijn weer waarbij de afwijkende waarnemingen (kruisjes) buiten beschouwing zijn gelaten omdat dit uitzonderlijke situaties waren. In Smits & Huis in t Veld (2007) zijn de meetresultaten uitvoerig beschreven.

Bijlage 3 Vergelijking berekende ammoniakemissie met andere studies

Bronno de Haan (MNP)

In deze bijlage wordt de berekening van de ammoniakemissie op basis van 'Koeien en Kansen'-bedrijven (kortweg: K&K) voor 2010 vergeleken met de emissieraming uitgevoerd binnen het project Welvaart en Leefomgeving (kortweg: WLO). Het WLO scenario is gebruikt om te evalueren of Nederland in 2010 het doel van de NEC richtlijn kan halen (Van Dril *et al.*, 2005). Het WLO scenario is gebaseerd op door het MNP aangepaste berekeningen van het referentiescenario 2010 dat met behulp van het Mest en Ammoniak model van het LEI is gemaakt (Hoogeveen *et al.*, 2003). Dit model wordt ook voor de EmissieRaming gebruikt.

Het K&K scenario resulteert in een totale emissie van 40.4 kiloton ammoniak, het WLO scenario daarentegen resulteert in een veel hogere emissie van 50.2 kiloton ammoniak. Tabel B3.1 analyseert de verschillen tussen de twee scenario's in termen van de parameters die de emissie verklaren. Deze parameters staan in de eerste kolom. In de tweede en derde kolom staan de verschillende kengetallen en parameterwaardes voor die twee scenario's. Door in de volgende kolommen stap voor stap de parameterwaardes van het K&K scenario aan dat van het WLO scenario aan te passen, worden de gevolgen van de maatregelen afzonderlijk inzichtelijk gemaakt.

	Verskil in parameter	Kiloton NH₃
Stap 1	In het K&K scenario worden in tegenstelling tot WLO de emissies bij het gebruik van kunstmest aan de melkveehouderij toegekend. Het verschil tussen WLO en K&K wordt groter.	-3.4
Stap 2	De dieraantallen worden aangepast aan het WLO scenario. Het K&K scenario houdt minder jongvee aan. Hierdoor wordt het verschil in emissie kleiner.	0.7
Stap 3	Het K&K scenario gaat uit van lagere stikstofexcreties per dier. Dit wordt door voermaatregelen veroorzaakt. Het melkureumgehalte is lager. De minder stikstofrijke excretie van jongvee maakt het grootste verschil.	2.7
Stap 4	Het K&K scenario gaat uit van minder beweiding dan het WLO scenario. Hierdoor neemt de emissie netto toe, omdat extra stal- en uitrijdemissies groter dan de afname van weide-emissies zijn.	-3.2
Stap 5	De emissies van de weidemest zijn gerelateerd aan samenstelling van het gras. Het bemestingsniveau heeft invloed op het stikstofgehalte van het voer. Indien in de berekening het huidige stikstofgehalte wordt gebruikt in plaats van het toekomstige, dan neemt de emissie toe.	1.3
Stap 6	Het WLO scenario past de vervluchtigingspercentages van weidemest helemaal niet aan. Ook niet aan dat van de huidige stikstofgehaltes van het gras.	3.9
Stap 7	Door aanpassingen aan de stallen (b.v. betere dakisolatie) kan de emissie in de stallen minder worden.	4.3
Stap 8	Door op zandgrond de sleepvoetmachine niet meer te gebruiken kan de emissie na uitrijden van mest, ondanks een verhoging van de verliespercentages voor verscheidene technieken (zie Tabel 3), toch afnemen.	3.6

Het verschil in emissies tussen de beide scenario's is groot (20%). De verschillen in berekeningsmethode (stap 1 en stap 6) compenseren elkaar (-3.4 tegenover +3.9 kiloton). Minder beweiden heeft een negatief effect van 3.2 kiloton extra ammoniak. Minder jongvee (0.7 kiloton), minder eiwitrijk voer (2.7+1.3 kiloton), stalaanpassingen (4.3 kiloton), emissiearm uitrijden (3.6 kiloton) hebben samen een positief effect ter grootte van 9.3 kiloton.

Tabel B3.1. Stapsgewijze aanpassingen van de parameters in het K&K scenario aan de parameters van het WLO scenario.

Een gele kleur en vette getallen geven aan dat een parameterwaarde van het K&K scenario is aangepast aan de waarde van het WLO scenario.

	Scenario's		Stapsgewijze aanpassing K&K tot WLO emissie							
	WLO	K&K	stap 1 geen kunstmest	stap 2 aantal dieren	stap 3 N excretie per dier	stap 4 %weide	stap 5 VP weide	stap 6 VP weide	stap 7 VP stal	stap 8 VP uitrij
melk (kton)	10978	10978	10978							
melk per koe (kg)	7870	7910	7910							
melkkoeien (x 1000)	1395	1388	1388	1395	1395	1395	1395	1395	1395	1395
jongvee (x 1000)	1104	1035	1035	1104	1104	1104	1104	1104	1104	1104
mest										
kg N per melkkoe	134.9	130.3	130.3	130.3	134.9	134.9	134.9	134.9	134.9	134.9
kg N per jongvee	63.1	53.5	53.5	53.5	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1	63.1
totaal (kton N)	258	236	236	241	258	258	258	258	258	258
%weide	0.28	0.20	0.20	0.20	0.20	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
weide (kton N)	71	47	47	48	52	71	71	71	71	71
stal (kton N)	187	189	189	193	206	187	187	187	187	187
N-verlies (kton N)	19	16	16	16	17	16	16	16	19	19
uit te rijden (kton N)	167	173	173	177	189	171	171	171	167	167
ammoniak										
VP weide	0.097	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.042	0.097	0.097	0.097
VP stal	0.127	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.127	0.127
VP uitrijden	0.118	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.118
weide (kton NH ₃)	6.9	1.1	1.1	1.2	1.2	1.7	3.0	6.9	6.9	6.9
stal (kton NH ₃)	23.6	19.2	19.2	19.6	20.9	19.0	19.0	19.0	23.6	23.6
uitrij (kton NH ₃)	19.7	16.6	16.6	17.0	18.1	16.4	16.4	16.4	16.1	19.7
kunstmest (kton NH ₃)	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
totaal (kton NH ₃)	50.2	40.4	36.9	37.7	40.3	37.1	38.4	42.3	46.6	50.2
toename (NH ₃)			-3.4	0.7	2.7	-3.2	1.3	3.9	4.3	3.6

Wot-onderzoek

Verschenen documenten in de reeks Rapporten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wot-rapporten zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu te Wageningen. T 0317 – 47 78 44; F 0317 – 41 90 00; E info.wnm@wur.nl

Wot-rapporten zijn ook te downloaden via de Wot-website www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

- 1 *Wamelink, G.W.W., J.G.M. van der Gref-van Rossum & R. Jochem (2005).* Gevoeligheid van LARCH op vegetatieverandering gesimuleerd door SUMO
- 2 *Broek, J.A. van den (2005).* Sturing van stikstof- en fosforverliezen in de Nederlandse landbouw: een nieuw mestbeleid voor 2030
- 3 *Schrijver, R.A.M., R.A. Groeneveld, T.J. de Koeijer & P.B.M. Berentsen (2005).* Potenties bij melkveebedrijven voor deelname aan de Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer
- 4 *Henkens, R.J.H.G., S. de Vries, R. Jochem, R. Pouwels & M.J.S.M. Reijnen, (2005).* Effect van recreatie op broedvogels op landelijk niveau; Ontwikkeling van het recreatiemodel FORVISITS 2.0 en koppeling met LARCH 4.1
- 5 *Ehlert, P.A.I. (2005).*Toepassing van de basisvruchtbenadering op fosfaat van compost; Advies
- 6 *Veeneklaas, F.R., J.L.M. Donders & I.E. Salverda (2006).*Verrommeling in Nederland
- 7 *Kistenkas, F.H. & W. Kuindersma (2005).* Soorten en gebieden; Het groene milieurecht in 2005
- 8 *Wamelink, G.W.W. & J.J. de Jong (2005).* Kansen voor natuur in het veenweidegebied; Een modeltoepassing van SMART2-SUMO2, MOVE3 en BIODIV
- 9 *Runhaar, J., J. Clement, P.C. Jansen, S.M. Hennekens, E.J. Weeda, W. Wamelink, E.P.A.G. Schouwenberg (2005).* Hotspots floristische biodiversiteit
- 10 *Cate, B. ten, H.Houweling, J. Tersteeg & I. Versteegen (Samenstelling) (2005).* Krijgt het landschap de ruimte? – Over ontwikkelen en identiteit
- 11 *Selnes, T.A., F.G. Boonstra & M.J. Bogaardt (2005).* Congruentie van natuurbeleid tussen bestuurslagen
- 12 *Leneman, H., J. Vader, E. J. Bos en M.A.H.J. van Bavel (2006).* Groene initiatieven in de aanbidding. Kansen en knelpunten van publieke en private financiering
- 13 *Kros, J. P. Groenendijk, J.P. Mol-Dijkstra, H.P. Oosterom, G.W.W. Wamelink (2005).* Vergelijking van SMART2SUMO en STONE in relatie tot de modellering van de effecten van landgebruikverandering op de nutriëntenbeschikbaarheid
- 14 *Brouwer, F.M, H. Leneman & R.G. Groeneveld (2007).* The international policy dimension of sustainability in Dutch agriculture
- 15 *Vreke, J., R.I. van Dam & F.H. Kistenkas (2005).* Provinciaal instrumentarium voor groenrealisatie
- 16 *Dobben, H.F. van, G.W.W. Wamelink & R.M.A. Wegman (2005).* Schatting van de beschikbaarheid van nutriënten uit de productie en soortensamenstelling van de vegetatie. Een verkennende studie
- 17 *Groeneveld, R.A. & D.A.E. Dirks (2006).* Bedrijfseconomische effecten van agrarisch natuurbeheer op melkveebedrijven; Perceptie van deelnemers aan de Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer
- 18 *Hubeek, F.B., F.A. Geerling-Eiff, S.M.A. van der Kroon, J. Vader & A.E.J. Wals (2006).* Van adoptiekip tot duurzame stadswijk; Natuur- en milieueducatie in de praktijk
- 19 *Kuindersma, W., F.G. Boonstra, S. de Boer, A.L. Gerritsen, M. Pleijte & T.A. Selnes (2006).* Evalueren in interactie. De mogelijkheden van lerende evaluaties voor het Milieu- en Natuurplanbureau
- 20 *Koeijer, T.J. de, K.H.M. van Bommel, M.L.P. van Esbroek, R.A. Groeneveld, A. van Hinsberg, M.J.S.M. Reijnen & M.N. van Wijk (2006).* Methodiekontwikkeling kosteneffectiviteit van het natuurbeleid. De realisatie van het natuurdoel 'Natte Heide'
- 21 *Bommel, S. van, N.A. Aarts & E. Turnhout (2006).* Over betrokkenheid van burgers en hun perspectieven op natuur
- 22 *Vries, S. de & Boer, T.A. de, (2006).* Toegankelijkheid agrarisch gebied voor recreatie: bepaling en belang. Veldinventarisatie en onderzoek onder in- en omwonenden in acht gebieden
- 23 *Pouwels, R., H. Sierdsema & W.K.R.E. van Wingerden (2006).* Aanpassing LARCH; maatwerk in soortmodellen
- 24 *Buijs, A.E., F. Langers & S. de Vries (2006).* Een andere kijk op groen; beleving van natuur en landschap in Nederland door allochtonen en jongeren
- 25 *Neven, M.G.G., E. Turnhout, M.J. Bogaardt, F.H. Kistenkas & M.W. van der Zouwen (2006).* Richtingen voor Richtlijnen; implementatie Europese Milieuriichtlijnen, en interacties tussen Nederland en de Europese Commissie
- 26 *Hoogland, T. & J. Runhaar (2006).* Neerschaling van de freatische grondwaterstand uit modelresultaten en de Gt-kaart
- 27 *Voskuilen, M.J. & T.J. de Koeijer (2006).* Profiel deelnemers agrarisch natuurbeheer
- 28 *Langeveld, J.W.A. & P. Henstra (2006).* Waar een wil is, is een weg; succesvolle initiatieven in de transitie naar duurzame landbouw
- 29 *Kolk, J.W.H. van der, H. Korevaar, W.J.H. Meulenkamp, M. Boekhoff, A.A. van der Maas, R.J.W. Oude Loohuis & P.J. Rijk (2007).* Verkenningen duurzame landbouw. Doorwerking van wereldbeelden in vier Nederlandse regio's
- 30 *Vreke, J., M. Pleijte, R.C. van Apeldoorn, A. Corporaal, R.I. van Dam & M. van Wijk (2006).* Meerwaarde door gebiedsgerichte samenwerking in natuurbeheer?

- 31 *Groeneveld, R.A., R.A.M. Schrijver & D.P. Rudrum (2006).* Natuurbeheer op veebedrijven: uitbreiding van het bedrijfsmodel FIONA voor de Subsidieregeling Natuurbeheer
- 32 *Nieuwenhuizen, W., M. Pleijte, R.P. Kranendonk & W.J. de Regt (2007).* Ruimte voor bouwen in het buitengebied; de uitvoering van de Wet op de Ruimtelijke Ordening in de praktijk
- 33 *Boonstra, F.G., W.W. Buunk & M. Pleijte (2006).* Governance of nature. De invloed van institutionele veranderingen in natuurbeleid op de betekenisverlening aan natuur in het Drents-Friese Wold en de Cotswolds
- 34 *Koomen, A.J.M., G.J. Maas & T.J. Weijtschede (2007).* Veranderingen in lijnvormige cultuurhistorische landschapselementen; Resultaten van een steekproef over de periode 1900-2003
- 35 *Vader, J. & H. Leneman (redactie) (2006).* Draggers landelijk gebied; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 36 *Bont, C.J.A.M. de, C. van Bruchem, J.F.M. Helming, H. Leneman & R.A.M. Schrijver (2007).* Schaalvergroting en verbreding in de Nederlandse landbouw in relatie tot natuur en landschap
- 37 *Gerritsen, A.L., A.J.M. Koomen & J. Kruit (2007).* Landschap ontwikkelen met kwaliteit; een methode voor het evalueren van de rijksbijdrage aan een beleidsstrategie
- 38 *Luijt, J. (2007).* Strategisch gedrag grondeigenaren; Van belang voor de realisatie van natuurdoelen.
- 39 *Smits, M.J.W. & F.A.N. van Alebeek, (2007).* Biodiversiteit en kleine landschapselementen in de biologische landbouw; Een literatuurstudie.
- 40 *Goossen, C.M. & J. Vreke. (2007).* De recreatieve en economische betekenis van het Zuiderpark in Den Haag en het Nationaal Park De Hoge Veluwe
- 41 *Cotteleer, G., Luijt, J., Kuhlman, J.W. & C. Gardebroek, (2007).* Oorzaken van verschillen in grondprijzen. Een hedonische prijsanalyse van de agrarische grondmarkt
- 42 *Ens B.J., N.M.J.A. Dankers, M.F. Leopold, H.J. Lindeboom, C.J. Smit, S. van Breukelen & J.W. van der Schans (2007).* International comparison of fisheries management with respect to nature conservation
- 43 *Janssen, J.A.M. & A.H.P. Stumpel (red.) (2007).* Internationaal belang van de nationale natuur; Ecosystemen, Vaatplanten, Mossen, Zoogdieren, Reptielen, Amfibieën en Vissen
- 44 *Borgstein, M.H., H. Leneman, L. Bos-Gorter, E.A. Brassler, A.M.E. Groot & M.F. van de Kerkhof (2007).* Dialogen over verduurzaming van de Nederlandse landbouw. Ambities en aanbevelingen vanuit de sector
- 45 *Groot, A.M.E., M.H. Borgstein, H. Leneman, M.F. van de Kerkhof, L. Bos-Gorter & E.A. Brassler (2007).* Dialogen over verduurzaming van de Nederlandse landbouw. Gestructureerde sectorialogen als onderdeel van een monitoringsmethodiek
- 46 *Rijn, J.F.A.T. van & W.A. Rienks (2007).* Blijven boeren in de achtertuin van de stedeling; Essays over de duurzaamheid van het platteland onder stedelijke druk: Zuidoost-Engeland versus de provincie Parma
- 47 *Bakker, H.C.M. de, C.S.A. van Koppen & J. Vader (2007).* Het groene hart van burgers; Het maatschappelijk draagvlak voor natuur en natuurbeleid
- 48 *Reinhard, A.J., N.B.P. Polman, R. Michels & H. Smit (2007).* Baten van de Kaderrichtlijn Water in het Friese Merengebied; Een interactieve MKBA vingeroefening
- 49 *Ozinga, W.A., M. Bakkenes & J.H.J. Schaminée (2007).* Sensitivity of Dutch vascular plants to climate change and habitat fragmentation; A preliminary assessment based on plant traits in relation to past trends and future projections
- 50 *Woltjer, G.B. (met bijdragen van R.A. Jongeneel & H.L.F. de Groot) (2007).* Betekenis van macro-economische ontwikkelingen voor natuur en landschap. Een eerste oriëntatie van het veld
- 51 *Corporaal, A., A.H.F. Stortelder, J.H.J. Schaminée en H.P.J. Huijskes (2007).* Klimaatverandering, een nieuwe crisis voor onze landschappen ?
- 52 *Oerlemans, N., J.A. Guldemond & A. Visser (2007).* Meerwaarde agrarische natuurverenigingen voor de ecologische effectiviteit van Programma Beheer; Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer: Achtergrondrapport 3
- 53 *Leneman, H., J.J. van Dijk, W.P. Daamen & J. Geelen (2007).* Marktonderzoek onder grondeigenaren over natuuraanleg: methoden, resultaten en implicaties voor beleid. Achtergronddocument bij 'Evaluatie omslag natuurbeleid'
- 54 *Velthof, G.L. & B. Fraters (2007).* Nitraatuitspoeling in duinzand en lössgronden.
- 55 *Broek, J.A. van den, G. van Hofwegen, W. Beekman & M. Woittiez (2007).* Options for increasing nutrient use efficiency in Dutch dairy and arable farming towards 2030; an exploration of cost-effective measures at farm and regional levels
- 56 *Melman, Th.C.P., C. Grashof-Bokdam, H.P.J. Huijskes, W. Bijkerk, J.E. Plantinga, Th. Jager, R. Haveman & A. Corporaal (2007).* Veldonderzoek effectiviteit natuurgericht beheer van graslanden. Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer: Achtergrondrapport 2
- 57 *Massop, H.Th.L., J.G. Kroes, J. Hoogewoud, R. Pastoors, T. Kroon & P.J.T. van Bakel (2007).* Actualisatie Hydrologie voor STONE 2.3. Aanpassing randvoorwaarden en parameters, koppeling tussen NAGROM en SWAP, en plausibiliteitstoets
- 58 *Brus, D.J. & G.B.M. Heuvelink (2007).* Towards a Soil Information System with quantified accuracy. Three approaches for stochastic simulation of soil maps
- 59 *Verburg, R.W. H. Leneman, B. de Knegt & J. Vader (2007).* Beleid voor particulier natuurbeheer bij provincies. Achtergronddocument bij 'Evaluatie omslag natuurbeleid'
- 60 *Groenestein, C.M., C. van Bruggen, P. Hoeksma, A.W. Jongbloed & G.L. Velthof (2008).* Nadere beschouwing van stalbalansen en gasvormige stikstofverliezen uit de intensieve veehouderij
- 61 *Dirkx, G.H.P., F.J.P. van den Bosch & A.L. Gerritsen (2007).* De weerbarstige werkelijkheid van ruimtelijke ordening. Casuïstiek Natuurbalans 2007
- 62 *Kamphorst, D.A. & T. Selnes (2007).* Investeringsbudget Landelijk Gebied in natuurbeleid. Achtergrond-document bij Natuurbalans 2007
- 63 *Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, L. Sebek, M.C.J. Smits, J. Oenema (2007).* De ammoniakemissie van de Nederlandse melkveehouderij bij een management gelijk aan dat van de deelnemers aan 'Koeien & Kansen'
- 64 *Vries, S. de, T.A. de Boer, C.M. Goossen & N.Y. van der Wulp (2008).* De beleving van grote wateren; de invloed van een aantal 'man-made' elementen onderzocht
- 65 *Overbeek, M.M.M., B.N. Somers & J. Vader (2008).* Landschap en burgerparticipatie.



W O t

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

