

Ammoniakemissie op de Marke

Onderzoek en resultaten van 1994 tot 2001

rapport 32
december 2003



Ammoniakemissie op de Marke

Onderzoek en resultaten van 1994 tot 2001

G.J. Koskamp	CLM
A. Kool	CLM
N. Middelkoop	CLM
J.F.M. Huijsmans	Imag
J.M.G. Hol	Imag
M.C.J. Smits	Imag
J.W.H. Huis in 't Veld	Imag

**Rapport 32
December 2003
CLM 593 – 2003**

Voorwoord

Dit rapport is met medewerking van onderzoekers van verschillende instellingen tot stand gekomen. Het doel is om de totale ammoniakemissie van het proefbedrijf voor melkveehouderij en milieu De Marke in beeld te brengen en te spiegelen aan overheidsnormen. Er zijn veel data verzameld, geanalyseerd en gebruikt om uiteindelijk tot heldere cijfers te komen, uitgedrukt in kilogrammen stikstof per hectare.

De conclusies beschreven in dit rapport laten zien dat er veel mogelijk is. Een reductie tot 70% is mogelijk. De Marke heeft maatregelen genomen in de stal die de ammoniakemissie beperken, rekening houdend met het welzijn van de dieren. Ook heeft De Marke bij het rantsoen van de dieren gestreeft naar een goede benutting van het eiwit en op het land gelet op een goede aanwending van mest. Met name aanpassingen zoals de sleufvloer of een andere uitvoering van een 'dichte' vloer drukken door in de kostprijs (zie daarvoor de economische studies uitgevoerd voor De Marke).

De Marke geeft haar bevindingen weer in dit rapport. Ik dank iedereen die daarin een bijdrage heeft gehad en bedank Gerjan Hilhorst in het bijzonder.

Gerjo Koskamp

Inhoud

Voorwoord

Samenvatting

1	Inleiding	1
2	Bronnen van ammoniakemissie in Nederland	3
	2.1 Ammoniakemissies in Nederland	3
	2.2 Ammoniakemissies op melkveebedrijven	4
	2.3 Wetgeving en emissiefactoren voor stallen	5
3	Ammoniakdoelen van De Marke	7
	3.1 Prognose	7
	3.2 Bedrijfskenmerken	8
4	Metingen op stalniveau	11
	4.1 Meetmethode	11
	4.2 Resultaten stalmetingen	12
	4.2.1 Analyse van de variabelen	13
	4.2.2 Resultaten in vergelijking met de doelstelling voor de stal	18
	4.3 Vergelijkingen van tracergasmethoden; CO ₂ vs SF ₆	20
	4.3.1 Beschrijving meetsysteem SF ₆ tracergas methode	20
	4.3.2 Resultaten	21
	4.4 Discussie stalemissie	24
	4.5 Conclusies stalemissies	27
5	Veldemissie	29
	5.1 Ammoniakemissie bij beweiding	29
	5.2 Ammoniakemissie bij bemesting	30
	5.2.1 Onderzoek naar ammoniakemissie bij mestaanwending	30
	5.2.2 Emissiemetingen op De Marke	30
	5.3 Resultaten	32
	5.4 Conclusies	34
6	Ammoniak totaal: de emissie van het bedrijf	35
	6.1 De totale ammoniakemissie in vergelijking met de doelstelling	35
	6.2 Conclusies en aanbevelingen	36
	Bronnen	39
	Bijlage	43

Samenvatting

Strengere doelstelling gehaald

Voor ammoniak is de landelijke norm een reductie van 70% ten opzichte van 1980. Dit is in het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP3) vastgelegd en door De Marke overgenomen. Vertaald naar bedrijfsniveau betekent dit dat de totale ammoniakemissie teruggebracht moet worden van 149 naar 44 kg N per ha, waarvan 30 kg N uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest. Inmiddels is het NMP4 opgesteld en is de landelijke norm aangescherpt naar 19 kg N per ha. Vertaald naar emissie uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest is dit 13 kg N per ha.

De Marke heeft haar doel ruimschoots gehaald. De ammoniakemissie uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest is in 1999 en 2000 respectievelijk 21,7 en 19,7 kg N/ha terwijl de norm 30 kg N/ha is. Dit is een onderschrijding van ongeveer 31%. Echter de norm die uit NMP4 af te leiden is wordt daarmee nog niet gerealiseerd. De vraag is hoe hieraan te voldoen. Wellicht behoort een langere beweidingsperiode tot de mogelijkheden hoewel dit op gespannen voet kan staan met de nitraatproblematiek. Andere opties zijn terug naar zodeninjectie in plaats van zodenbemesting en een kleinere mestgift per bemestingsronde; beide maatregelen hebben een negatief effect op de economie. Om aan de norm afgeleid uit NMP4 te kunnen voldoen zijn dit soort aanpassingen of nieuwe innovaties noodzakelijk. In onderliggend onderzoeksrapport gaan de onderzoekers uitgebreid in op de verschillende onderdelen van het bedrijf.

Stalemissie

In 2002 is nieuwe wetgeving met betrekking tot ammoniakemissie in de veehouderij ingevoerd met de Wet Ammoniak en Veehouderij (WAV) en de AMvB Huisvesting. Aanvullend op de WAV en de AMvB Huisvesting is er de Regeling Ammoniak en Veehouderij. Deze ministeriële regeling bevat de emissiefactoren die nodig zijn ter beoordeling van de ammoniakemissie op veehouderijbedrijven. Deze emissiefactoren zijn gebaseerd op onderzoek naar de stalemissie gedurende het gehele jaar bij melkvee dat wordt geweid dan wel permanent op stal wordt gehouden (Monteny ea, 2001). De emissiefactoren liggen bij beweiding lager dan bij jaarrond opstallen. Zo zijn de emissiefactoren voor een melkveestal met sleufvloer en mest-schuif, het vloertype dat vanaf september 1997 op De Marke wordt toegepast 7,7 en 9,2 kg NH₃ per dierplaats voor resp. beweiden en jaarrond opstallen. Het Centrum voor Landbouw en Milieu heeft de stalemissie gemeten van 1994 tot 2000. De gemeten stalemissie op De Marke bedraagt 7,8 kg NH₃ per dierplaats. Vertaald naar hectares verliest De Marke 10,5 kg N per hectare.

Veldemissie

De weide-emissie van De Marke is berekend door het Imag uitgaande van onderzoek dat elders heeft plaatsgevonden en op basis van weidegegevens van De Marke. De emissie bedraagt in 1999 3,1 kg en in 2000 0,7 kg N per hectare. Imag heeft in 1999 en 2000 metingen vericht bij de mestaanwending. De emissie bij mestaanwending ligt fors hoger dan de prognose. Dit is vrijwel volledig toe te schrijven aan de hogere emissie bij zodenbemester ten opzichte van de emissie bij injectie waar de prognose van uitgaat. De Marke verliest gemiddeld 7 kg N per hectare bij de aanwending van drijfmest.

Het totaal

Bij de prognose is een theoretische emissie uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest van 17 kg N/ha bepaald. Praktisch is ruim 20 kg N/ha gerealiseerd terwijl de norm, die De Marke zich gesteld heeft, op 30 kg N/ha ligt.

De gemeten (en berekende) ammoniakemissie op De Marke vergeleken met de prognose (kg N/ha).

	Prognose ¹	Gemeten en berekend		
		'94-'96 ¹	1999	2000
Stal	8,0 ⁵	9,1	10,5	10,5 ⁴
Opslag	2,1	0,7	0,7 ²	0,7 ²
Aanwending drijfmest grasland	1,4	8,7	6,4	6,1
Aanwending drijfmest bouwland				
- maisland (injectie)	0,2	0,3	0,2	0,2
- graanland (zodebemesting)		-	-	0,9
Kunstmest	1,0	0,9	0,8 ³	0,6 ³
Beweiding	4,1	5,3	3,1	0,7
Totaal	16,6	25,0	21,7	19,7

¹ Schans ea, 1999

² 0% uit de mest silo en 0,7 kg N/ha uit opslag van mest van jongvee (Schans ea, 1999).

³ Geen metingen; daarom uitgaan van de prognose: 1% N uit kunstmest-N vervluchtigd als NH₃.

⁴ Gelijk gesteld aan het voorgaande dan wel opvolgende jaar.

⁵ De emissie uit melkvee en jongveestal samen is 8 kg N/ha; alleen melkveestal 7,4 kg N/ha.

1 Inleiding

Op proefbedrijf De Marke wordt sinds 1992 een bedrijfssysteem voor grondgebonden melkveehouderij ontwikkeld dat voldoet aan de te verwachten toekomstige stringente milieunormen ten aanzien van mineralen en systeemvreemde stoffen, met een zo rendabel mogelijke bedrijfsvoering, met behoud van bodemvruchtbaarheid en rekening houdend met andere maatschappelijke doelen.

Voor ammoniak is deze stringente norm een reductie van 70% ten opzichte van 1980.

Om na te gaan of De Marke aan deze doelstelling voldoet is deze landelijke norm eerst vertaald naar een bedrijfsnorm voor De Marke, van waaruit doelen voor de verschillende emissiebronnen op het bedrijf zijn gesteld.

Met het opstellen van deze prognose voor ammoniakemissies zijn we er echter nog niet. We zullen ook moeten aantonen dat met het ontwikkelde bedrijfssysteem deze doelen ook werkelijk gehaald worden. Daarom is op verschillende plaatsen de ammoniakemissie op het bedrijf gemeten.

Voordat we op de metingen ingaan geven we in H2 eerst kort aan wat de belangrijkste emissiebronnen in Nederland zijn, wat de bijdrage van de rundveehouderij is en waar in een melkveehouderijbedrijf de ammoniakemissie plaats vindt.

In H3 geven we de doelstellingen voor ammoniakemissie van De Marke en werken dit uit tot doelstellingen voor de ammoniakemissie uit de ligboxenstal.

In H4 bespreken we de metingen die we aan de ammoniakemissie van de ligboxenstal hebben gedaan. In H5 rapporteren we de veldemissie. Het Imag onderzocht bij bemesting de emissie en berekende de emissie bij beweiding. In H6 behandelen we de totale NH₃ emissie en evalueren we de resultaten. De conclusies van het onderzoek en aanbevelingen voor aanpassingen in de bedrijfsvoering om de emissie nog verder te reduceren vermelden we in H7.

2 Bronnen van ammoniakemissie in Nederland

In dit hoofdstuk kijken we eerst naar de verschillende bronnen van ammoniak in Nederland. Daarna kijken we meer gedetailleerd naar de ammoniakemissie op het melkveebedrijf. De overheid hanteert emissiefactoren voor melkkoeien en jongvee, die afhankelijk zijn van het staltype. Die emissiefactoren bespreken we aan het einde van dit hoofdstuk.

2.1 Ammoniakemissies in Nederland

Ammoniakemissie (NH₃) levert een substantiële bijdrage aan de eutrofiëring en de verzuring van de bodem. Ammoniakemissie veroorzaakt bijna de helft van de totale depositie in Nederland. In sommige gebieden kan dit oplopen tot wel 75% (Lekkerkerk e.a. 1995). De landbouw is de grootste bron van ammoniakemissie: 90% van de ammoniakemissie vindt plaats in de landbouw. Daarvan is 95% afkomstig uit dierlijke mest en 5% uit kunstmest, zie tabel 1.

De rundveesector was in 1996 verantwoordelijk voor 60% van de ammoniakuitstoot uit dierlijke mest, de varkenshouderij voor 30% en de pluimveehouderij voor 10% (Steenvoorden e.a. 1999).

Tabel 1 Ammoniakemissie in Nederland in 1980 en 1996 (milj. kg NH₃)

Bron	1980	1996
Dierlijke mest	224	127,5
- Stal en opslag	82	87,7
- Beweiding	31	14,6
- Mestaanwending	111	25,2
Kunstmestaanwending	10	13,0
Industrie	10	4,0
Huishoudens	10	6,8
Totaal	254	151,3

(Bron: Lekkerkerk e.a. 1995; Steenvoorden e.a. 1999; Van Harmelen e.a. 1999)

Deze gegevens laten duidelijk zien waar de meeste emissiebeperking heeft plaats gevonden: bij de aanwending en bij de beweiding. Bij de aanwending komt dit door de emissiearme aanwendingsmethoden. De ammoniakemissie uit stallen daarentegen nam juist iets toe. Een toename van het aantal dieren in de intensieve veehouderij veroorzaakte dit. De jaren na 1996 is het aantal dieren gedaald en zal de emissie naar verwachting ook dalen. De emissie uit de stal is nu de grootste post.

De gegevens over dierlijke mest van 1996 zijn gebaseerd op het rapport van Van Steenvoorden e.a. Deze rapportage is gemaakt om het gat te verklaren tussen de depositie berekent op basis van emissieberekeningen en op basis van depositiementingen. Steenvoorden e.a. doen aanbevelingen voor verbeteringen van de uitgangspunten bij de berekening van de ammoniakemissie. In Van Harmelen e.a. zijn deze voorstellen overgenomen. De opnieuw berekende emissie voor Nederland bedraagt dan 188 miljoen kg NH₃. Dit is een reductie van 25% ten opzichte van 1980 (Steenvoorden e.a. 1999).

2.2 Ammoniakemissies op melkveebedrijven

Op een melkveebedrijf komt ammoniak op verschillende plaatsen vrij:

- In de stal, op de vloer en uit de mestkelder;
- In de mestopslag buiten de stal;
- Bij toediening van drijfmest;
- Bij toediening van kunstmest;
- Bij beweiding;
- In de ruwvoeropslag;
- Bij stofwisseling van dier en plant.

Tabel 2 Berekende ammoniakemissie van gemiddelde gespecialiseerde melkveebedrijven op zandgrond medio jaren '80 (kg N/ha).

	1983-1986
Stal	13
Opslag	16
Aanwending drijfmest	47
Aanwending kunstmest	5
Beweiding	22
Ruwvoeropslag*	17
Stofwisseling dier en gewas*	29
Totaal	149

(Bron: Biewinga e.a. 1992)

* De grootte van deze bronnen is niet nauwkeurig bekend.

Gewasemissie mogelijk meer dan 7 kg N/ha (Steenvoorden e.a. 1999)

In tabel 2 staan van gespecialiseerde melkveebedrijven in de jaren 1983 tot 1986 de verschillende bronnen van ammoniakemissie vermeld (Biewinga e.a. 1992). Over de ammoniakemissie uit de ruwvoeropslag en bij stofwisseling van dier en gewas weten we nog weinig, want onderzoek hiernaar ontbreekt. De hier genoemde getallen voor 1983-1986 baseren we op de gemiddelde verliezen in droge stof en VEM bij conservering en bewaring van ruwvoer (PR 1988). We gaan er hier van uit dat alle stikstof in dergelijke verliezen als ammoniak verloren gaat. De verwachting is echter dat de emissie bij de huidige inkuil- en oogsttechnieken beduidend lager ligt (mondelijke mededeling Imag, 2003).

2.3 Wetgeving en emissiefactoren voor stallen

In de Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij (1994) zijn emissiefactoren voor de emissie vanuit de stal vastgesteld. Deze regeling is inmiddels vervangen maar wordt in dit rapport nog gebruikt om de resultaten aan te spiegelen. Voor melkkoeien in een ligboxenstal met roostervloer was de emissiefactor gesteld op 8,8 kg NH₃ per dierplaats per jaar, waarbij de emissie betrekking heeft op een stalperiode van oktober tot mei (190 dagen).

Stallen met een Groen Label, hebben voor melkkoeien een emissiefactor van 4,4 kg NH₃ per dierplaats per jaar of minder. Voor vrouwelijk jongvee tot 2 jaar is de emissiefactor 3,9 kg NH₃ per dierplaats per jaar, ongeacht het stalsysteem.

In 2002 is nieuwe wetgeving met betrekking tot ammoniakemissie in de veehouderij ingevoerd met de Wet Ammoniak en Veehouderij (WAV) en de AMvB Huisvesting. Met deze nieuwe wetgeving richt het beleid zich meer op de emissie ipv de depositie van ammoniak. In hoofdlijnen betekent het dat veehouderijbedrijven emissiebeperkende maatregelen moeten nemen en dat er aanvullend beleid is voor veehouderijbedrijven in (voor ammoniakdepositie) kwetsbare gebieden (Infomill, 2002). Voor de melkveehouderij gelden alleen emissie-eisen indien een bedrijf zich in een kwetsbaar gebied of in een zone van 250 m daarom heen bevindt. Voor melkveehouderijbedrijven buiten dergelijke gebieden gelden vooralsnog geen emissiebeperkende maatregelen. Ter aanvulling op deze regelgeving is een voorschrift in ontwikkeling om met managementmaatregelen als voeding (met als afgeleide het ureumgehalte van de melk) en beweiding de ammoniakemissie op melkveebedrijven te beperken.

Aanvullend op de WAV en de AMvB Huisvesting is er de Regeling Ammoniak en Veehouderij. Deze ministeriële regeling bevat de emissiefactoren die nodig zijn ter beoordeling van de ammoniakemissie op veehouderijbedrijven. Deze regeling vervangt de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (UAV) (1994). In tegenstelling tot de UAV bevat de Regeling Ammoniak en Veehouderij voor de melkveehouderij emissiefactoren voor het gehele jaar. Deze emissiefactoren zijn gebaseerd op onderzoek naar de stalemissie gedurende het gehele jaar bij melkvee dat wordt geweid dan wel permanent op stal wordt gehouden (Monteny ea, 2001), hierin zijn ook de metingen uitgevoerd op De Marke meegenomen. Monteny ea (2001) concluderen dat vanuit melkveestallen waar de koeien zomers weiden beduidend minder ammoniak vrij komt dan vanuit stallen waar de koeien het gehele jaar verblijven. Dit heeft geresulteerd in emissiefactoren in de Regeling ammoniak en veehouderij die bij beweiding lager liggen dan bij jaarrond opstallen. Zo zijn de emissiefactoren voor een melkveestal met sleufvloer en mestschuif (dit vloertype wordt vanaf september 1997 op De Marke toegepast) 7,7 en 9,2 kg NH₃ per dierplaats voor resp. beweiden en jaarrond opstallen (Regeling ammoniak en veehouderij, 2002).

Voor de hellende vloer met giergoot die tot september 1997 op De Marke werd gebruikt geeft de Regeling ammoniak en veehouderij emissiefactoren van 7,5 en 8,6 kg NH₃ per dierplaats voor resp. beweiden en jaarrond opstallen.

3 Ammoniakdoelen van De Marke

De Marke baseert haar doelstellingen op de overheidsdoelstellingen voor het jaar 2000 zoals verwoord in het Nationaal Milieubeleidsplan (Min. VROM e.a. 1989). Daarin stelt het ministerie dat de ammoniakemissie in 2000 met 50% moet worden gereduceerd en dat alle inspanningen er op gericht moeten zijn op 70% reductie te realiseren ten opzichte van 1980. De Marke heeft zich daarom als doel gesteld om de ammoniakemissie te reduceren met 70%. Hierbij is een uitsplitsing gemaakt tussen emissie uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest en emissie uit andere posten, zoals uit gewassen. Beide groepen moeten een reductie van 70% realiseren. Vertaald naar bedrijfsniveau betekent dit dat de totale ammoniakemissie teruggebracht moet worden naar 44 kg N per ha, waarvan 30 kg N uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest (tabel 3). Inmiddels is het NMP4 opgesteld en is de landelijke norm aangescherpt naar 19 kg N per ha. Vertaald naar emissie uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest is dit 13 kg N per ha.

Tabel 3 Doelstelling De Marke voor de ammoniakemissie van het bedrijf en uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest, uitgedrukt in kg N/ha/jaar.

	kg N/ha/jaar
Totale ammoniakemissie	44
waarvan emissie uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest	30

3.1 Prognose

Om bovenstaande doelstellingen te realiseren probeert De Marke een economisch optimale combinatie van maatregelen te nemen.

De emissiereductie in de stal vraagt duurdere maatregelen dan emissiearme aanwending van dierlijke mest. De ammoniakemissie van weidende koeien is nog moeilijker te reduceren. Daarom is uitgegaan van een sterke reductie van de emissie bij de aanwending en een geringere reductie in de stal en bij de beweiding. In tabel 4 vermelden we de verwachte ammoniakemissie uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest uit de verschillende bronnen op De Marke.

Tabel 4 Berekende ammoniakemissie uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest van De Marke (kg N/ha)

	prognose
Stal	8
Opslag	2
Aanwending drijfmest	2
Aanwending kunstmest	1
Beweiding	4
Totaal	17

(Bron: Biewinga e.a. 1992)

Bij de opzet van De Marke is berekend welke ammoniakemissie uit de ligboxenstal verwacht mag worden (Biewinga e.a. 1992). Uit die berekening volgt dat de verwachte ammoniakemissie uit de ligboxenstal 7,2 kg N/ha/jaar is. Dit is een reductie van 60% ten opzichte van een roostervloer met kelder. Dit houdt impliciet in dat de reductie van een andere bron meer dan 70% moet bedragen.

Om vergelijking met ander onderzoek en met emissiefactoren mogelijk te maken hebben we de emissie uit de melkveestal ook uitgedrukt in kg NH₃/koe/jaar. De verwachte emissie uit de ligboxenstal is op die wijze berekend 5,2 kg NH₃/koe/jaar. Hierbij is uitgegaan van 80 melkkoeien en 22 stuks jongvee van 1 tot 2 jaar. Dit komt overeen met 92,7 'standaardkoe-eenheden'. De omrekening van jongvee naar koe is gebaseerd op de stikstofuitscheiding van de dieren (Scherphof 1996). We zijn niet uitgegaan van het aantal dierplaatsen (105), omdat het nooit de bedoeling is geweest om de stal volledig te bezetten.

3.2 Bedrijfskenmerken

Het stalontwerp, het bedrijfsmanagement en de ligging van het bedrijf zijn van invloed op de ammoniakemissie. Deze bedrijfskenmerken zijn gedurende de onderzoeksperiode regelmatig aangepast. Dat is niet optimaal voor het onderzoek, maar onontkoombaar voor systeemonderzoek. We beschrijven de kenmerken en de aanpassingen hier.

De ligging van het bedrijf

Het bedrijf ligt in een beboste omgeving. Vooral aan de NW- tot NO-kant liggen bossen. De stal zelf heeft de richting NNW (voorkant) – ZZO (achterkant). Aan de voorkant is het kantoor en de jongveestal. Aan de oostzijde liggen de maïs- en bietenkuilen en aan de achterzijde de graskuilen. Ten zuiden van de stal ligt de mestsilos. De huiskavels liggen aan de achter- en westzijde.

Het stalontwerp

Het stalontwerp heeft uiteraard invloed op de ventilatie en daarmee op de ammoniakemissie. De stal is ruim, met een steile dakhelling en spaceboarding aan de zijkant. Aan de voor- en achterkant zijn grote staldeuren aanwezig; aan de achterkant is bovendien een deur waar de koeien de stal uitkunnen. Deze deuren staan soms dicht en soms open. Tot juli 1997 is van een vast regiem van open/dicht van deze deuren uitgegaan, daarna zijn deurmeters aangebracht die signaleren of de deuren open of dicht zijn. De nok was tot juni 1996 een koepelnok, tijdelijk zijn er toen sleuven in de koepel gezaagd. In maart 1997 is de koepelnok vervangen door een tafelnok. In de zomer van 2000 is de spaceboarding (halfopen houten zijinlaat) verwijderd en is de zijinlaat vergroot. Hierbij is een zeil aangebracht dat afhankelijk van het weer verder open dan wel dicht kan.

De mestgang

De vloer van de mestgang was bij de bouw een dichte hellende vloer met in het midden een giergoot. De gier wordt afgevoerd naar de mestkelder, waar het bij de mest komt. Er is dus geen gescheiden opvang van mest en urine. De mest wordt afgevoerd met een mestschuif, met afstorten in het midden en aan het eind van de mestgang. Regelmatig is de werking van de mestschuif geoptimaliseerd. Ook is een sproei-installatie boven de mestgang aangebracht en is in de zomer de vloer gesproeid om gladheid te voorkomen. In september 1997 is de dichte hellende vloer vervangen door een sleufvloer; een dichte vloer, met bovenin sleuven om de dieren meer grip te geven. De platen liggen niet onder een helling. De urine wordt afgevoerd via gaatjes in de betonplaten. De mest wordt weggeschoven met een getande mestschuif.

Voordat besloten werd de dichte vloer te vervangen door de sleufvloer is nagegaan wat het effect op de ammoniakemissie is (interne notitie).

Veestapel

In de stal staan zowel melkkoeien als jongvee vanaf een jaar. Het aantal dieren is elke dag geregistreerd; het varieerde over de jaren. Soms waren kleine gedeelten van de stal niet in gebruik. In de weideperiode gaan de melkkoeien overdag naar buiten, meestal volgens het siëstasysteem, waarbij de koeien 's morgens en 's avonds buiten lopen. Het jongvee liep tijdens de meetperiode in de zomer dag en nacht buiten. De droogstaande koeien blijven dag en nacht op stal.

Voeding

De voeding is steeds geoptimaliseerd om een zo goed mogelijke stikstofefficiëntie te bereiken. In de beginjaren zijn er naast krachtvoer, gras en maïs ook voederbieten gevoerd. Vanaf 1996 is daarmee gestopt en is meer MKS gevoerd.

In tabel 5 zijn globaal de kenmerken van het bedrijf die mogelijk invloed hebben op de ammoniakemissie uit de stal vermeld. Bij het siëstasysteem staan de dieren 's nachts en 's middags op stal en zijn 's morgens en 's avonds in de wei. In totaal is de weidegang 10 uur, net zoveel als bij beperkt weiden overdag het geval is.

Tabel 5 Bedrijfskenmerken van De Marke die mogelijk van invloed zijn op de ammoniakemissie uit de melkveestal ten tijde van de metingen

Ligging:	Omgeven door graslandpercelen en bos; Op het erf jongveestal, mestsilos en enkele andere gebouwen.
Stalgruimte:	Stal voor 92 melkkoeien en 27 stuks jongvee (ouder dan 12 maanden);
Stalinrichting:	Dichte hellende vloer met urinegoot en mestschuif en later de sleufvloer met mestschuif; Mestkelder onder de mestgang, 1,5 m diep (400 m ³ opslag); 3 mestgangen, waarvan twee 3 m breed en één 2,2 m breed; Mestgangoppervlak 412 m ² (3,8 m ² per dierplaats); Totaal bevuild oppervlak 446 m ² (4,1 m ² per dierplaats).
Veestapel:	weideperiode: 83 melkkoeien en 8 stuks jongvee stalperiode: 77 melkkoeien en 21 stuks jongvee melkproductie: 8000 kg/koe/jaar
Management:	Ieder uur schuiven met de mestschuif;
Siëstasysteem:	's morgens en 's avonds beweiding, totaal 10 uur per dag; Voeding met 40% maïs, voeren op de norm voor VEM en DVE. Voersoorten: Gras, maïs, MKS en krachtvoer.

De emissiefactoren, voor traditionele stallen en Groen Label stallen zijn geen uitgangspunt geweest bij de opzet van De Marke en de bouw van de ligboxenstal. De doelstellingen van De Marke zijn primair gebaseerd op de milieukwaliteitsdoelstellingen van de overheid. Bovendien bestond Groen Label bij de opzet van De Marke nog niet. Toch maken we een vergelijking met de emissiefactoren, omdat dit waarden zijn die ten tijde van de metingen met betrekking tot ammoniakemissie van stallen veel betekenis hadden.

4 Metingen op stalniveau

In dit hoofdstuk bespreken we de metingen van de ammoniakemissie uit de ligboxenstal. Allereerst beschrijven we de meetmethode die hiervoor gebruikt is. Daarna bespreken we de resultaten van de metingen. We presenteren de resultaten van de gehele onderzoeksperiode (1995 t/m 2000).

4.1 Meetmethode

Om de ammoniakemissie van de stal te kunnen bepalen moet de hoeveelheid uitstromende lucht, (het ventilatiedebiet) en de concentratie van de ammoniak hierin bekend zijn. Voor beide posten zijn verschillende meetmethoden mogelijk. Ouwerkerk (1993) beschrijft in zijn rapport 'Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen' deze meetmethoden. In de rapportage over de resultaten van het eerste meetjaar (Van der Schans e.a. 1999) is uitgebreid beschreven welke meetmethoden beschikbaar zijn en welke uiteindelijk op de Marke is toegepast.

Op De Marke is gekozen voor de CO₂-methode. De CO₂-methode is niet bruikbaar als de dieren niet in de stal zijn. Voor die momenten is een computermodel gebruikt dat de ventilatie berekent, Natvent genoemd (Van der Schans e.a. 1999). Met de CO₂-methode wordt de ammoniak- en CO₂-concentratie iedere tien minuten gemeten, gedurende de gehele dag en alle dagen. Aan het eind van het onderzoek, in december 1999 is ook enkele weken gemeten met het tracersgas SF₆. Er is toen gelijktijdig met de CO₂-methode gemeten, zodat een vergelijking van beide methoden mogelijk is. Die vergelijking bespreken we in paragraaf 4.3. Vanaf december 1999 zijn de emissiemetingen overgenomen door het Imag. Het CO₂-systeem is in 2000 ontmanteld en de evaluatie van het systeem is in een interne notitie beschreven ('Evaluatierapport CO₂ methode', 1999. CLM intern verslag).

Meetperiode

De meetperiode loopt van januari 1995 tot en met december 1999. In principe is continu gemeten, alle dagen van de week, het gehele jaar. Door onderhoudswerkzaamheden en storingen is het aantal bruikbare meetdagen de helft van het totaal aantal dagen in de meetperiode (zie tabel 6).

Preventief onderhoud vindt tweemaal per jaar plaats, aan het begin en einde van de weideperiode. Een onderhoudsperiode duurt twee tot drie weken, afhankelijk van benodigde werkzaamheden. Storingen traden op door mankementen aan de NO_x- en CO₂-monitor, pompen en stroomvoorziening, waardoor apparatuur uitviel of meetwaarden niet betrouwbaar waren. Daarnaast zijn er meetdagen geweest waarbij de meetwaarden onwaarschijnlijk laag waren, zonder dat dit aan foutief werkende apparatuur kan worden toegeschreven. Mogelijk is dit opgetreden door vocht in leidingen. Ook deze waarnemingen zijn niet gebruikt.

Wekelijks wordt de apparatuur gekalibreerd, waardoor het meetsysteem enkele uren stilligt. Op die dagen is de ammoniakemissie van die dag bepaald op basis van de resterende uren, waarin reguliere metingen verricht zijn.

In april en mei 1995 zijn de concentratiemetingen verricht met de infraroodmonitor (Bruel en Kjaer). In onderstaande tabel zijn de meetdagen vermeld.

Tabel 6 Meetperiode en aantal meetdagen

meetperiode: jan. 1995 t/m december 1999	
aantal meetdagen	944
aantal dagen in stalperiode	555
aantal dagen in weideperiode	389
aantal dagen infrarood	19

Statistische verwerking meetdata

Voor de statistische verwerking van de meetdata is gebruikt gemaakt van het programma Genstat 5 release 3.0 (Genstat 5 committe 1993). Het effect van factoren op de ammoniakemissie is onderzocht met tijdreeksanalyse. Tijdreeksanalyse wordt toegepast als de metingen niet onafhankelijk zijn, zoals is te verwachten als metingen in de tijd zijn verricht. Voorwaarde voor analyse met tijdreeksanalyse is dat er een aansluitende tijdreeks aanwezig is. Omdat er perioden waren dat er niet is gemeten was het niet mogelijk een analyse uit te voeren op dagbasis. Daarom is er voor gekozen om de metingen te aggregeren tot waarnemingen per week en gewogen tijdreeksanalyse uit te voeren met als weging het aantal waarnemingen per week.

De gehele dataset is geanalyseerd voor:

1. schatting van de klimaatsfactoren (temperatuur, windsnelheid en -richting)
2. aanpassingen aan de stal (vloer en ventilatiesysteem)
3. beweidingssysteem (siësta of beperkt)
4. OEB en ureumgehalte in de melk

Voor het analyseren van het effect van OEB en de relatie met ureumgehalte in de melk is een deel van de dataset gebruikt, omdat die factoren niet over de hele dataset bekend waren.

Bij de analyse wordt een model opgesteld waarin de variabelen waarvan we de invloed willen onderzoeken zijn opgenomen. In tweede instantie zijn niet significante klimaatsvariabelen weer uit het model verwijderd.

4.2 Resultaten stalmetingen

(N. Middelkoop)

We gaan eerst na welke factoren van invloed zijn op de stalemissie. Daarna berekenen we de stalemissie per ha cultuurgrond, per kilogram uitgescheiden stikstof door de dieren en per periode. Deze waarden vergelijken we met de doelstelling van De Marke zelf en met emissiefactoren voor stallen zoals die vastgelegd zijn in de Uitvoeringsregeling (1996).

De metingen resulteren in waarden voor de ammoniakemissie voor iedere meetdag. Deze waarden zijn in die vorm moeilijk vergelijkbaar met de doelstellingen van De Marke en met emissiefactoren en ander onderzoek.

Daarvoor is het nodig de meetwaarden om te rekenen naar de juiste eenheden.

We doorlopen de volgende stappen:

1. analyse van de variatie in de metingen;
2. berekening van de gemiddelde emissie per periode.

4.2.1 Analyse van de variabelen

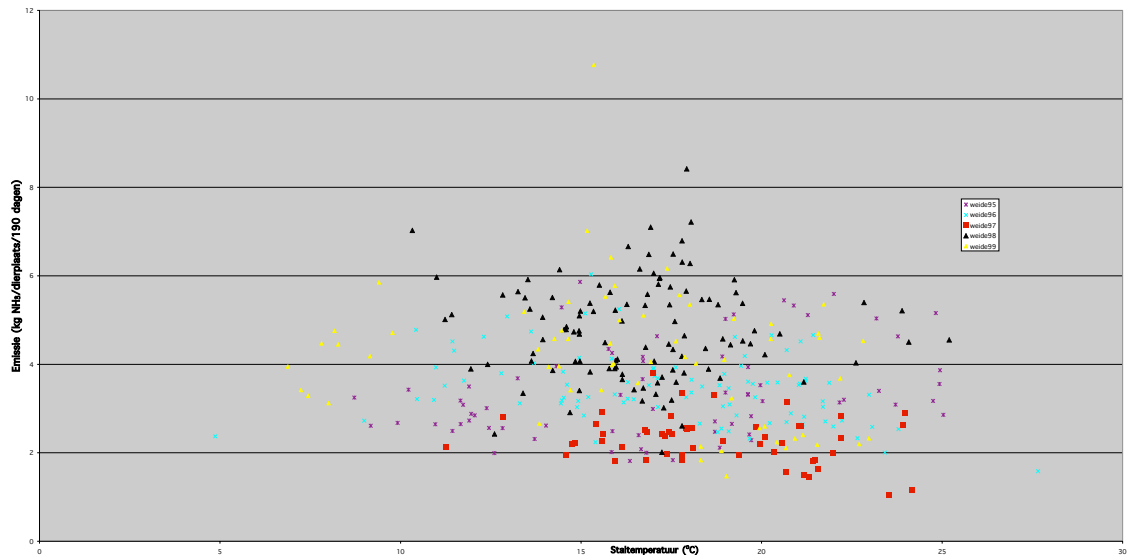
Voor bedrijfsfactoren (voeding, beweiding e.d.) en niet beïnvloedbare factoren als wind en temperatuur is het belangrijk om te achterhalen of ze invloed hebben op de ammoniakemissie uit de stal. Wanneer blijkt dat bedrijfsfactoren de ammoniakemissie beïnvloeden dan kan de stalemissie mogelijk gereduceerd worden door aanpassing van het bedrijfsmanagement. De invloed van factoren als windsnelheid en temperatuur moeten we vaststellen om een goede vergelijking te kunnen maken tussen verschillende perioden en met ander onderzoek. Als er een duidelijk verband aanwezig is kan gecorrigeerd worden voor deze factor. Bij iedere factor zullen we de ammoniakemissie grafisch uitzetten tegen deze factor. Daaruit is mogelijk al een effect zichtbaar. Maar omdat de ammoniakemissie ook afhankelijk is van andere factoren is niet met zekerheid te zeggen of dit effect er ook werkelijk is; ogenschijnlijk is er dan een effect echter dit kan bepaald worden door andere factoren. Andersom is ook mogelijk, dat er grafisch geen effect zichtbaar is, doordat het gemaskeerd wordt door het effect van een andere factor. Vandaar dat er een aanvullende statistische analyse is uitgevoerd door Praktijkonderzoek Veehouderij (G. André, interne notitie). Hiermee kunnen we naast het zichtbaar maken van trends ook aangeven of er een significant effect van de factor is aangetoond.

We analyseren de volgende variabelen:

- Temperatuur
- Windsnelheid
- Windrichting
- Voeding (OEB)
- Ureumgehalte in de melk
- Dierplaatsen of aanwezige dieren
- Ventilatie.

Temperatuureffect

Verwacht mag worden dat de temperatuur van invloed is op de ammoniakemissie. In figuur 1 is dat ook te zien voor de metingen in de stalperiode. We zien een toename van de emissie met de staltemperatuur. In de weideperiode zien we dat echter niet. In dat geval zien we geen effect van de temperatuur op de ammoniakemissie. Bij de statistische analyse hebben we de temperatuur eerst met een lineaire en kwadratische term voor temperatuur uitgevoerd. Er blijkt dan een significant temperatuureffect te zijn. Tot elf graden Celcius is er een positief effect en boven deze temperatuur verandert dit in een negatief effect.

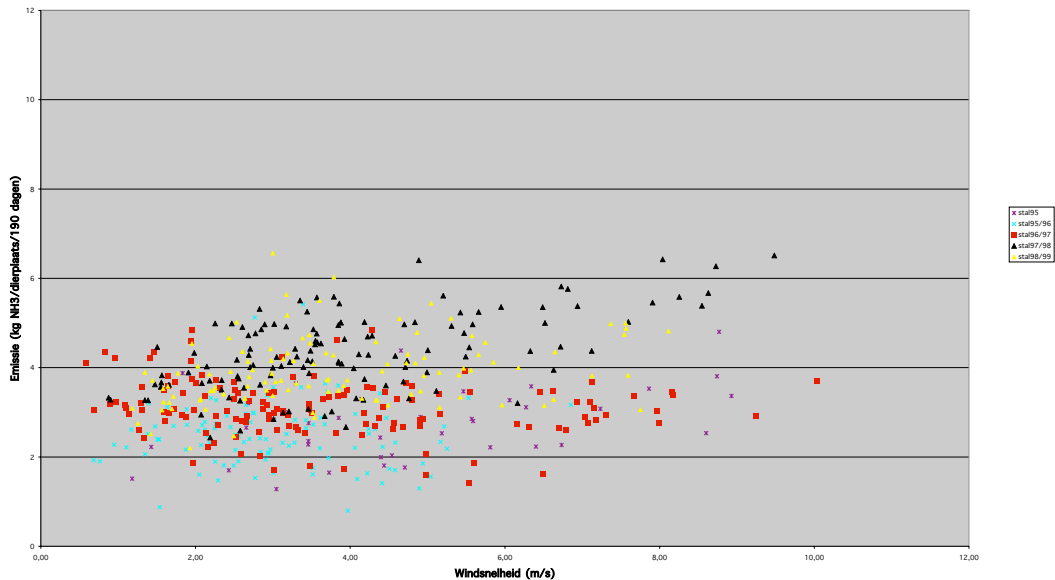


Figuur 1a en b De ammoniakemissie (g NH₃/koe/dag) als functie van de staltemperatuur (°C) voor de weide- en stalperioden

Windsnelheidseffect

De windsnelheid over de mestgang zal invloed hebben op de ammoniakemissie. Op die plaats is het echter moeilijk om de windsnelheid te meten. Wel is de windsnelheid bij de meteomast gemeten, op 10 meter hoogte, 200 m Z-O van de stal. Daarom gebruiken we die windsnelheid om te onderzoeken of er een verband met de ammoniakemissie uit de stal is.

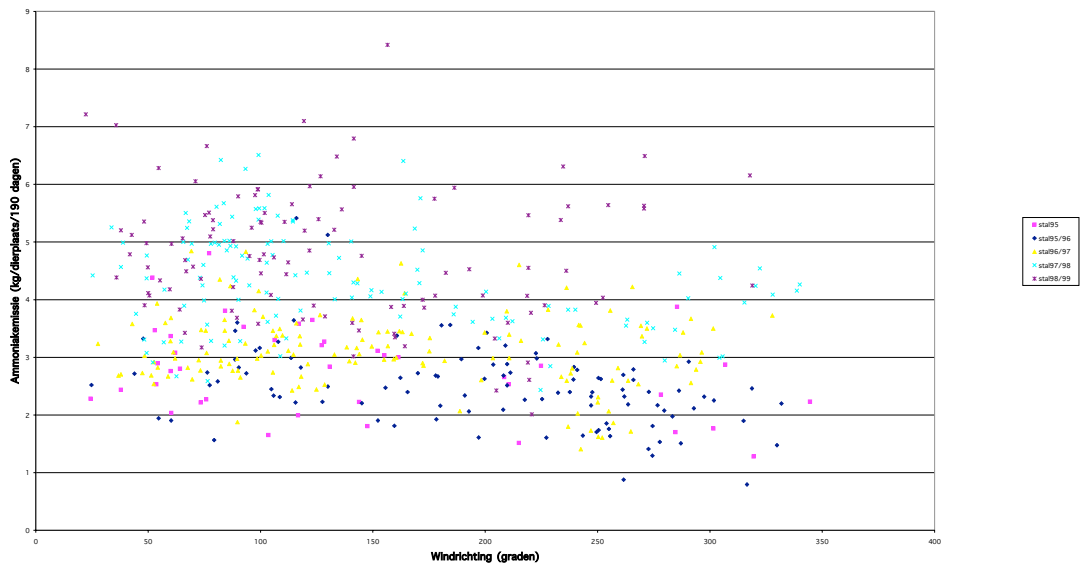
In figuur 2 is de ammoniakemissie uitgezet tegen de windsnelheid voor de stalperiode. Er lijkt een licht positief verband aanwezig te zijn, dit geldt ook voor de weideperiode. Met zekerheid is dit op basis van de figuur niet te zeggen, omdat andere variabelen het windeffect kunnen verdoezelen. Dat is bijvoorbeeld het geval als hoge windsnelheden gepaard gaan met lage temperaturen. In de statistische analyse is daar rekening meegehouden. Die analyse geeft inderdaad een significant positief lineair verband aan tussen ammoniakemissie en windsnelheid (toename van de windsnelheid met 1 m/s geeft 4% toename van de ammoniakemissie). De kwadratische term bleek niet significant te zijn.



Figuur 2 De ammoniakemissie (g NH3/koe/dag) als functie van de daggemiddelde windsnelheid (in m/s) voor de stalperiode

Windrichtingseffect

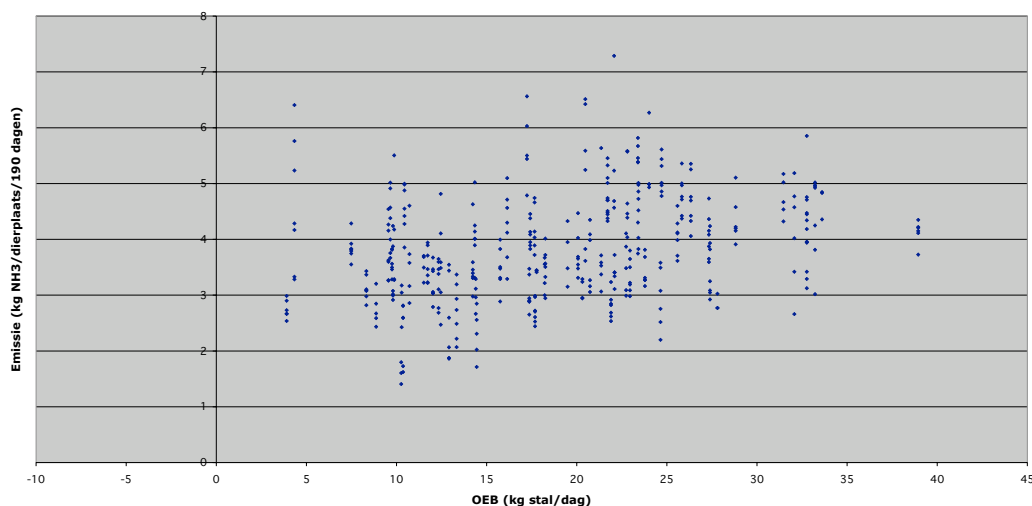
In figuur 3 is de ammoniakemissie tegen de windrichting uitgezet voor de stalperiode. Er lijkt geen duidelijk verband aanwezig tussen windrichting en ammoniakemissie. Uit de statistische analyse blijkt dat er toch een verband aanwezig is. Bij de windrichting 150 graden is de emissie het hoogst. Dit is als de wind op de achtergevel staat. De emissie is het laagst als de wind schuin op de gevel staat aan de kant van de melkstal (260).



Figuur 3 De ammoniakemissie (g NH3/koe/dag) als functie van de daggemiddelde windrichting (in graden) voor de stalperiode

Voedingseffect

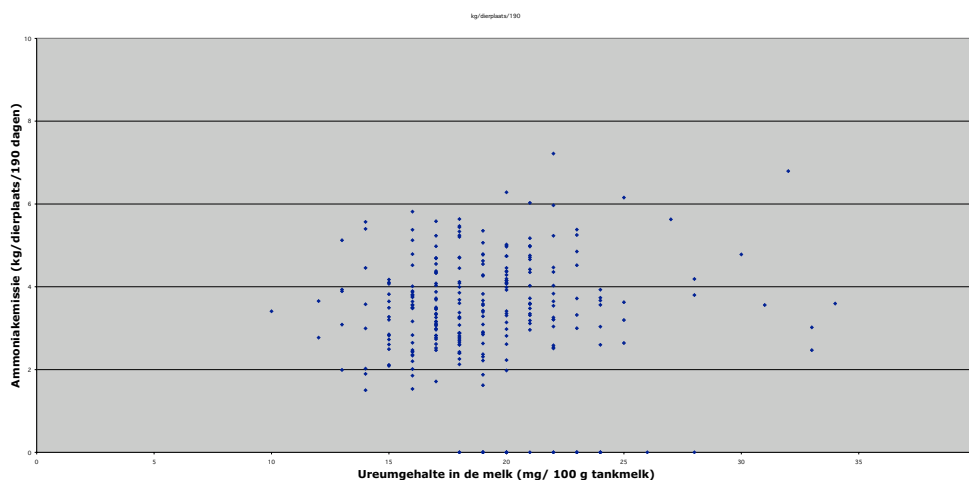
In figuur 4 is de ammoniakemissie uitgezet tegen de OEB van de dieren in de stal. De OEB is niet per dag, maar alleen per week bekend. Voor de grafische weergave is aangenomen dat binnen de week de OEB ongewijzigd blijft. Dit is ook wel te herkennen in de figuren. In de stalperiode lijkt er een licht positief verband te zijn tussen OEB en ammoniakemissie. In de weideperiode is dit niet zichtbaar. Statistisch hebben we geen effect van OEB kunnen aantonen; er is vrijwel geen variatie in het rantsoen, de OEB wordt zo laag mogelijk gehouden juist als maatregel om de ammoniakemissie te beperken.



Figuur 4 De ammoniakemissie (g NH₃/koe/dag) als functie van de OEB van de melkkoeien

Ureumgehalte in de melk

In figuur 5 is de ammoniakemissie tegen het ureumgehalte van de melk uitgezet. Het ureumgehalte is in de melk uit de tank bepaald. Het betreft hier alle metingen in de weide- en de stalperiode vanaf januari 1996. Er is een toename van de emissie te zien als het ureumgehalte toeneemt. Statistisch blijkt die toename significant te zijn, de emissie stijgt met 2,5% als het ureumgehalte met één eenheid toeneemt.

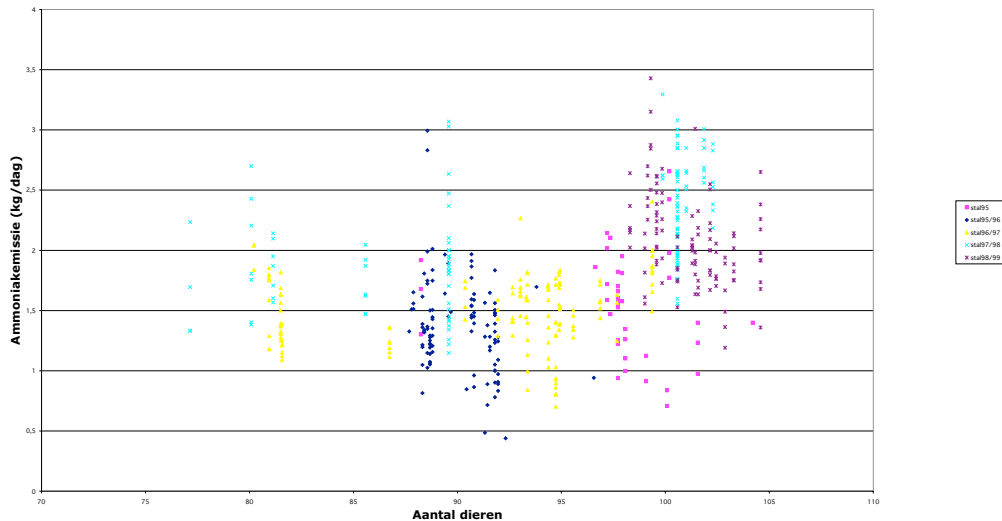


Figuur 5 De ammoniakemissie (g NH₃/koe/dag) als functie van het ureumgehalte van de melk

Dierplaatsen of aanwezige dieren

In figuur 6 is de ammoniakemissie uitgezet tegen het aantal dieren in de stal. De emissie is per dierplaats aangegeven. Het aantal dierplaatsen is een vaste waarde, 105. De ammoniakemissie is volgens de figuur onafhankelijk van het aantal aanwezige dieren. Dit is niet statistisch getoetst. Bij alle andere statistische toetsen is gerekend met de ammoniakemissie per dierplaats.

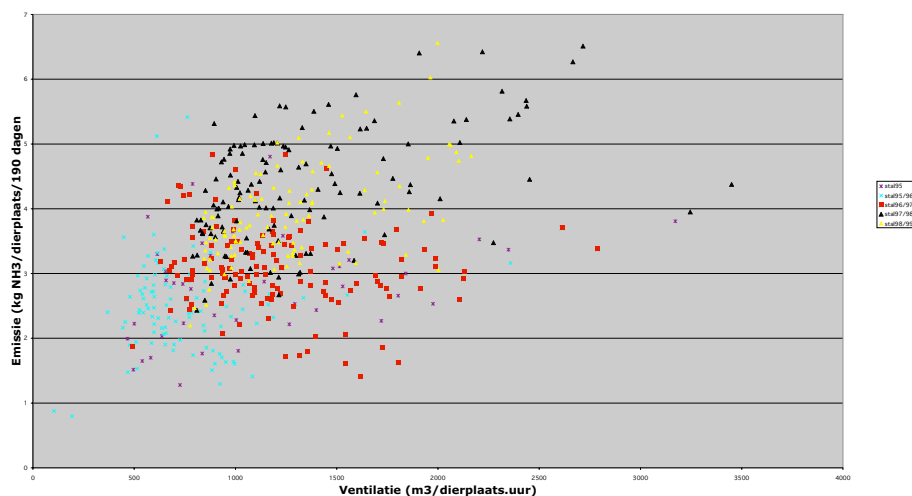
Je zou verwachten dat de ammoniakemissie toeneemt met het aantal dieren. Dit is hier echter niet het geval (zie figuur 6). dit komt omdat het bevuild vloeroppervlak niet verandert als de hoeveelheid dieren in de stal wijzigt; althans binnen de grenzen die op De Marke worden toegepast.



Figuur 6 De ammoniakemissie (kg NH₃/dag) als functie van het aantal dieren in de stal

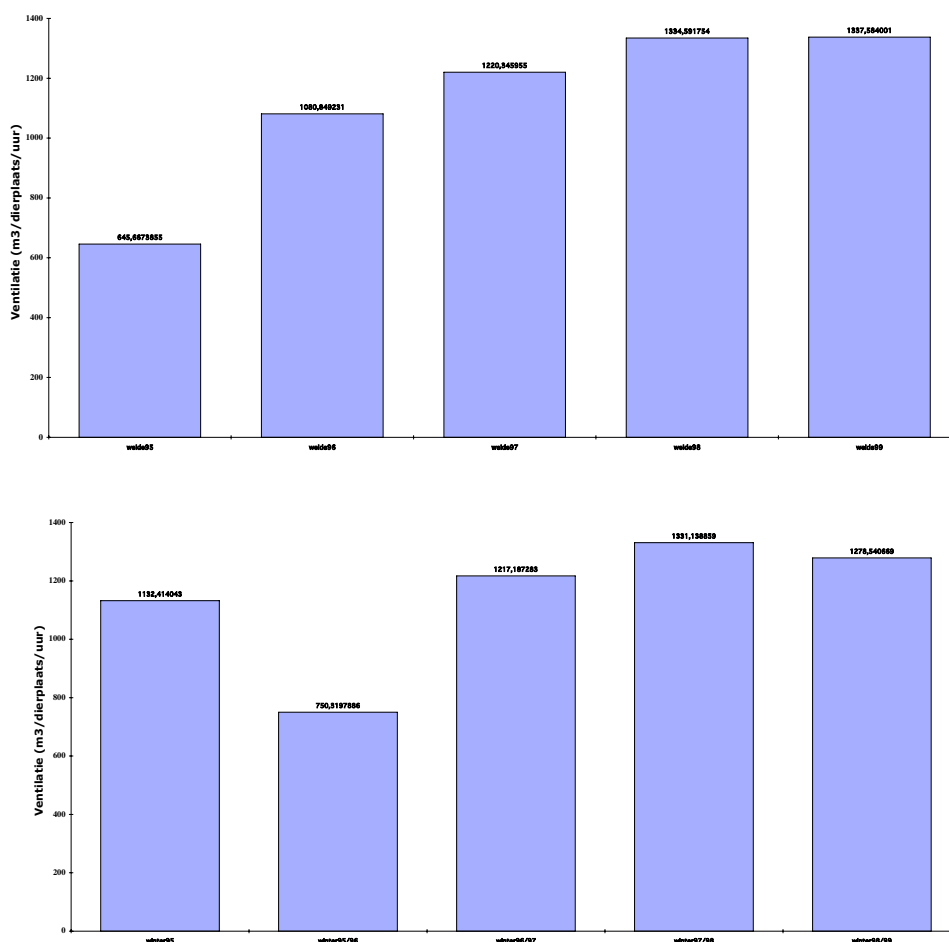
Ventilatie

Als de ammoniakemissie wordt uitgezet tegen de ventilatie van de stal is er een positief verband aanwezig tussen deze twee. Dit heeft als reden dat de emissie wordt berekend door de ventilatie te vermenigvuldigen met de ammoniakconcentratie. Statistisch is dit verband niet onderzocht, omdat de variabelen niet onafhankelijk zijn.



Figuur 7 De ammoniakemissie (kg NH₃/dag) als functie van de ventilatie (m³/dierplaats/uur) van de stal

In juni 1996 zijn sleuven in de nok gezaagd om de ventilatie te vergroten. In maart 1997 is vervolgens de koepelnok vervangen door een tafelnok. In figuur 8 is de ventilatie van de stal per periode uitgezet en in figuur 9 de windsnelheid.



Figuur 8 De ventilatie (m3/dierplaats/uur) van de stal per periode

In stalperiode 95 was de windsnelheid erg hoog. Dat is ook terug te zien in de hoge ventilatie in vergelijking met stalperiode 95/96. In weideperiode 96 en later is de ventilatie een stuk hoger dan in de weideperiode van 95. Dat kan niet veroorzaakt zijn door een toegenomen windsnelheid, want die verschilt in alle weideperioden niet veel. Dat zou er op kunnen wijzen dat dit in eerste instantie veroorzaakt wordt door de sleuven die in de koepelnok gezaagd zijn en daarna door de nieuwe tafelnok.

4.2.2 Resultaten in vergelijking met de doelstelling voor de stal

Om de resultaten te kunnen vergelijken met de doelstellingen van De Marke en met emissiefactoren en ander onderzoek zullen we de gegevens splitsen in weide- en stalperioden. De doelstellingen van De Marke zijn uitgewerkt tot emissies in beide perioden, maar zijn ook voor een geheel jaar geformuleerd.

Tabel 7 Gemiddelde ammoniakemissie uit de ligboxenstal in de verschillende perioden, uitgedrukt per ha, per koe en als percentage van de uitgescheiden stikstof

	kg N/ha		kg NH ₃ /koe in de mest		% emissie van N	
	Prognose	Gemeten	Prognose	Gemeten	Prognose	Gemeten
stal 94/95	4,7	4,3	3,4	3,0	5,2	4,1
weide 95	2,7	4,7	1,9	3,8	5,2	7,0
stal 95/96	4,7	4,2	3,4	3,2	5,2	3,8
weide 96	2,7	4,3	1,9	3,5	5,2	5,9
stal 96/97	4,7	5,3	3,4	4,0	5,2	4,1
weide 97	2,7	2,9	1,9	2,6	5,2	6,2
stal 97/98	4,7	7,6	3,4	5,4	5,2	6,9
weide 98	2,7	6,2	1,9	5,0	5,2	10,0
stal 98/99	4,7	6,9	3,4	4,5	5,2	6,0
weide 99	2,7	5,6	1,9	4,2	5,2	10,5
<u>gemiddelde</u>						
weide	2,7	4,8	1,9	3,8	5,2	7,5
stal	<u>4,7±</u>	<u>5,7±</u>	<u>3,4±</u>	<u>4,0±</u>	5,2	5,0
jaar	7,4	10,5	5,3	7,8	5,2	5,9

De mestproductie en de daarin aanwezige stikstof is gemeten door de hoeveelheid en het N-gehalte van de mest te bepalen (Hilhorst 1997). Omdat we de ammoniakemissie willen relateren aan de uitgescheiden stikstof is de hoeveelheid gemeten stikstof in de mestopslagen vermeerderd met de gemeten ammoniakemissie.

Bij de opzet van De Marke is een prognose opgesteld voor de ammoniakemissie uit de melkveestal. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen de stal- en weideperiode, maar is over het hele jaar één vervluchtigingspercentage van de stikstof in de mest verondersteld (van 5,2%). Op basis van dit percentage en de stikstofproductie in de mest die op stal belandt, waarvan wel een prognose voor de beide perioden is opgesteld, is de verwachte ammoniakemissie in de stal- en weideperiode berekend (tabel 7).

In tabel 7 zijn ook de gemeten waarden omgerekend naar de desbetreffende perioden.

Uit de getallen in tabel 7 blijkt dat de gemeten emissie uitgedrukt als percentage van de N in de mest in de weideperiode hoger is dan in de stalperiode; 7,5% versus 5,0%. Hiervoor is al duidelijk gemaakt dat de temperatuur van invloed is op de ammoniakemissie.

Gemiddeld over het gehele jaar blijkt dat de ammoniakemissie als percentage van de uitgescheiden stikstof in de mest iets hoger is dan de prognose; 5,9 versus 5,2%.

De emissie per ha en per koe is gemiddeld over het hele jaar ruim hoger dan de prognose.

4.3 Vergelijkingen van tracergasmethoden; CO₂ vs SF₆

(J.W.H. Huis in 't Veld)

In deze paragraaf vergelijken we twee continue tracergas-metingen in de ligboxenstal van De Marke. In december 1999 is gedurende 17 dagen de ammoniakemissie uit de stal gemeten met twee methoden. Bij de ene methode werd als tracergas gebruik gemaakt van het door de dieren geproduceerde CO₂ (paragraaf 4.1), bij de andere methode werd een vaste hoeveelheid tracergas, in dit geval SF₆, in de stal gedoseerd (4.3.1).

4.3.1 Beschrijving meetsysteem SF₆ tracergas methode

Gedurende de meetperiode zijn, naast het klimaat, de volgende variabelen continu gemeten: de NH₃-concentratie van de gemiddelde stallucht die de stal via de nok verliet en de achtergrondconcentraties, de SF₆-concentratie van de gemiddelde stallucht en de achtergrondconcentratie en tot slot de dosering van SF₆ tracergas in de stal.

Concentratiemetingen

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Advanced Pollution Instrumentation Inc., model 200A). Het meetprincipe van de monitor staat beschreven in Scholtens (1993). Iedere week werd de monitor gekalibreerd met een gecertificeerd ijkgas. Volgens het gebruikte meetprincipe was het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie.

Voor de bepaling van het SF₆ tracergas werd gebruik gemaakt van een ander analyse-apparaat namelijk een gaschromatograaf (Fisons Instruments, model 8000). Ook dit apparaat werd wekelijks gekalibreerd met een gecertificeerd ijkgas van SF₆.

De stallucht werd bemonsterd via een 1/2" polyethyleen verzamelleiding. Deze verwarmde en geïsoleerde leiding hing in de lengte van de stal en in het midden onder de nok op circa 3 à 4 meter hoogte. Verdeeld over de lengte van de stal werd op 6 plaatsen stallucht aangezogen. Op ieder aanzuigpunt was een kritisch capillair aangebracht zodat de aangezogen hoeveelheid stallucht op ieder punt circa 600 ml/min was. Bij de CO₂ methode werd de stallucht via een andere leiding bemonsterd, namelijk op ruim 2 meter hoogte boven de looppaden.

De buitenluchtconcentraties werden op vier plaatsen, rondom de stal, bemonsterd op 2 à 3 meter hoogte. Ook deze PE-leidingen werden verwarmd en geïsoleerd.

De meetapparatuur was geïnstalleerd in een mobiele meetwagen. De meetopstelling was geautomatiseerd door middel van PC gestuurde data acquisitie-apparatuur. De ammoniakconcentraties werden continu gemeten en per 5 minuten opgeslagen. Van het tracergas werd iedere 5 minuten één monster aangeboden, geanalyseerd en werd het resultaat opgeslagen. Dit was afwisselend een stal- of achtergrondmonster.

Dosering tracergas

In de meetwagen werd met behulp van twee thermische Mass Flow controllers (MFC) zuiver SF₆-gas (zwavel hexafluoride) en perslucht met elkaar gemengd. De dosering van het tracergas werd ingesteld op een vaste waarde, waarbij een redelijke concentratie in de stal kon worden gemeten. De dosering werd continu geregistreerd. Wekelijks werd de dosering gecontroleerd met een zogenaamde zeepvliesmeter. Het tracergasmengsel werd op verschillende plaatsen verdeeld in de melkveestal, via ½" polyethyleenslangen (PE) gedoseerd. De doseerpunten bevonden zich zo dicht mogelijk bij de ammoniakbron (sleufvloer) in de stal. Ieder doseerpunt in de stal was voorzien van een orifice. Dit is een roestvrijstalen plaatje met een zeer kleine opening. Doordat de gelijke openingen in de orifice, werd de dosering van het tracergas gelijkmatig over de stal verdeeld.

Dataverwerking en emissies

Ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de converters en de monitor- kalibraties. De tracergasconcentraties werden gecorrigeerd voor de gaschromatograaf kalibraties. Missende waarnemingen (als gevolg van kalibraties en storings van de apparatuur) van gasconcentraties werden niet geïnterpoleerd.

Bij deze tracergasmethode wordt uitgegaan van de aanname dat het tracergas (SF₆) en het gas waarvan de bronsterkte bepaald moet worden (NH₃), zich op dezelfde wijze vanaf het bronniveau (sleufvloer en eventueel kelder) door de stal verdelen (Scholtens en Huis in 't Veld, 1997). In dat geval is de verhouding van de bronsterktes van beide gassen af te leiden uit de verhouding van de gemeten gasconcentraties. Indien sprake is van dwarsventilatie dan verlaat een groot deel van de stallucht via ventilatieopeningen de stal in plaats van via de nok. De verdeling van NH₃ en SF₆ in de stal raakt hierdoor verstoord waardoor bij de nok geen representatief stalluchtmonster wordt verzameld.

Randvoorwaarden voor de bronsterktetracer-methode zijn dat:

- een goede menging plaatsvindt tussen het tracergas en ammoniak;
- het tracergas bij de ammoniakbron wordt geïnjecteerd;
- een representatief luchtmonster wordt genomen daar waar de meeste lucht de stal verlaat.

Voor de omrekening naar de emissie verwijzen we naar de vergelijking in publicatie Scholtens en Huis in 't Veld (1997).

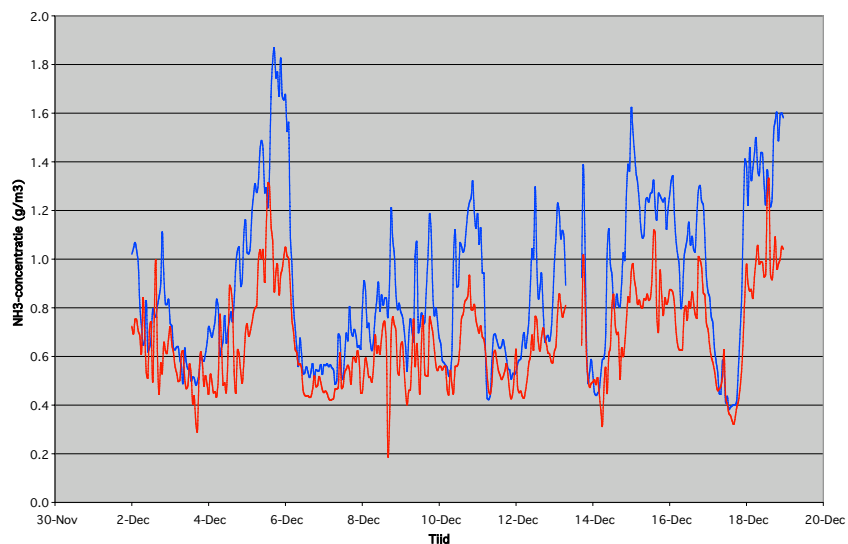
4.3.2 Resultaten

Bij vergelijking tussen de twee meetmethoden kunnen we onderscheiden:

1. de gemeten NH₃ concentraties;
2. de berekende ventilatie (op basis van de gemeten SF₆ concentratie en SF₆ dosering cq. gemeten CO₂ concentratie en berekende CO₂ productie);
3. de ammoniakemissie als product van concentratie en ventilatie.

Het grote onderscheidt tussen de twee methoden ligt bij het berekenen van de ventilatie (mengfactor). Indien de NH₃ concentratie op dezelfde manier en met dezelfde apparatuur zou worden gemeten dan zal hierin geen onderscheid zijn. Het procentuele verschil in berekende mengfactor zal bepalend zijn in het procentuele verschil in ammoniakemissie.

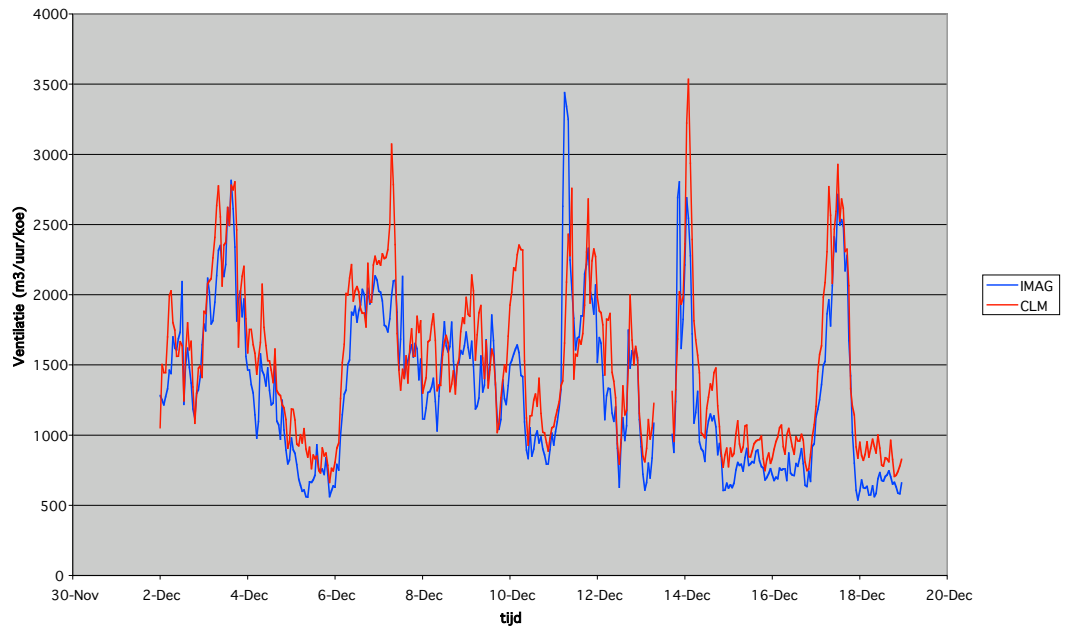
De ammoniakconcentratie werd bij de SF₆ methode gemeten met een NO_x-monitor waarbij de stallucht werd verzameld met een verzamelleiding centraal in de stal onder de nok. Bij de CO₂ methode werd ook een NO_x-monitor gebruikt om de concentratie te meten en de stallucht werd verzameld via een ringleiding boven de looppaden van de dieren. De gemeten concentraties hadden een redelijke correlatie ($R^2=0,70$), maar de waarde van de CO₂ methode lag gemiddeld 26% lager.



Figuur 9 Ammoniakconcentratie (mg/m³) gemeten tijdens de SF₆ methode (IMAG) en de CO₂ methode (CLM)

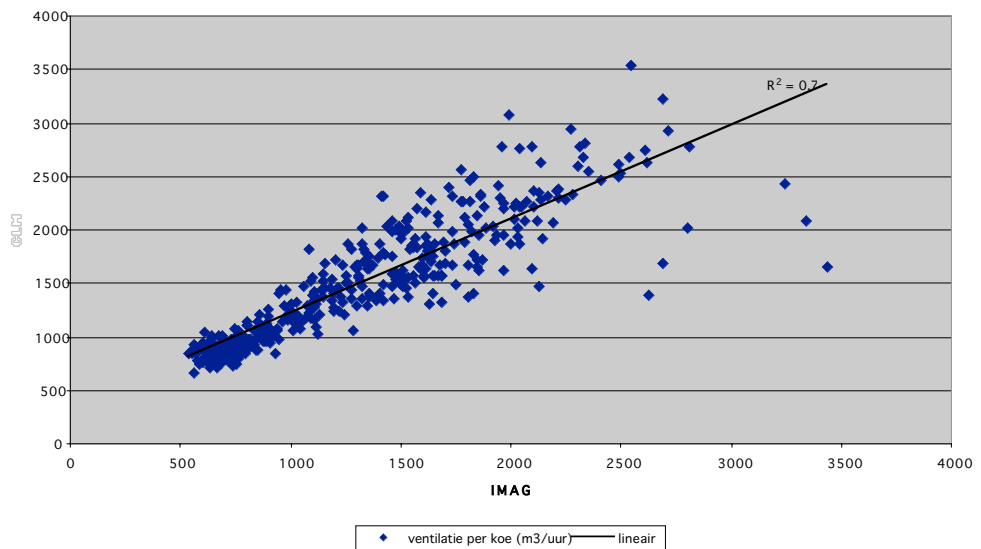
De oorzaak voor het grote verschil zou kunnen liggen in de gebruikte apparaten. Dit verschil is niet getest. Ook zou de plaats waar de stallucht werd bemonsterd een verklaring kunnen zijn. Gezien het feit dat bij de CO₂ methode bijna continu een lagere concentratie werd gemeten, ondanks het feit dat de monsternamen dicht bij de bron plaatsvond, zou de invloed van de binnenkomende buitenlucht hier groot kunnen zijn. Op de plaats van monsternamen was de menging van "schone" buitenlucht met ammoniak van de sleufvloer blijkbaar nog niet volledig.

Met de SF₆ methode werd per N-equivalente koe een gemiddelde ventilatie bepaald van 1325 m³/uur. Bij de CO₂ methode kwam de gemiddelde ventilatie per N-equivalente koe 13% hoger uit met 1502 m³/uur. In figuur 10 zijn beide ventilatiedebieten weergegeven ($R^2=0,77$). Het ventilatiepatroon bepaald met beide methoden komt zeer goed met elkaar overeen.



Figuur 10 Ventilatie per N-equivalente koe (m³/uur) bepaald volgens de SF₆ methode (IMAG) en de CO₂ methode (CLM)

Figuur 11 geeft aan dat de ventilatiedebieten met name tot circa 1500 m³/uur per koe, goed met elkaar overeen komen. Bij hogere ventilatiedebieten wordt het verschil groter. De zeer hoge debieten (> 2500 m³/uur) komen eigenlijk alleen voor als de grote deuren openstaan in combinatie met ongunstige windrichtingen en -snelheden.



Figuur 11 Ventilatie per N-equivalente koe (m³/uur) volgens de SF₆ methode (IMAG) en de CO₂ methode (CLM) tegen elkaar uitgezet

Tijdens de meetperiode werd met de SF₆ methode een ammoniakemissie gemeten van 4,71 kg NH₃/koe/190 dagen. Over dezelfde periode werd met de CO₂ methode een emissie gemeten van 4,18 NH₃/koe/190 dagen, dit is 11% lager. Met de CO₂ methode werd echter een lagere NH₃ concentratie gemeten en een hoger ventilatiedebiet. Het product van deze twee zorgt ervoor dat de ammoniakemissie redelijk in de buurt komt van de emissie gemeten met de SF₆ methode. Met andere woorden: het verschil van het ene heft het verschil van het andere deels op waardoor het resultaat enigszins wordt verbloemd.

Bij vergelijking van de beide methoden zou alleen de berekende ventilatie de maatstaf moeten zijn. Tijdens de meetperiode van 17 dagen bleek de ventilatie bepaald met de CO₂ methode 13% hoger te zijn dan de ventilatie bepaald met de SF₆ methode.

4.4 Discussie stalemissie

In deze paragraaf bediscussiëren we de resultaten en vergelijken ze met ander onderzoek.

Temperatuureffect

De statistische analyse geeft aan dat de emissie beneden 11 graden Celsius toeneemt met de temperatuur en daarboven afneemt. Dat de emissie toeneemt met toenemende temperatuur is vrij logisch. De afname boven 11 graden Celsius die in de statistische analyse zichtbaar is is waarschijnlijk geen temperatuureffect, maar komt door een verschil in emissie tussen stal- en weideperiode. In de weideperiode staan de koeien acht uur minder op stal en is het rantsoen heel anders. Het temperatuureffect op de ammoniakemissie is op De Marke ongeveer drie procent. Dit effect is lager dan in ander onderzoek is gevonden. In onderzoekingen van IMAG werden temperatuureffecten van 4,4 tot 8,4% vastgesteld (Elzing e.a. 1992, Bleijenberg e.a. 1995) De onderzoekingen van IMAG vonden plaats in een mechanisch geventileerde stal. Daardoor zullen de luchtstromingen mogelijk anders zijn dan in de ligboxenstal van De Marke. Ook de voeding van de dieren zal niet gelijk geweest zijn aan die van de dieren van De Marke. Mogelijk dat daardoor het verschil in temperatuureffect kan worden verklaard.

Wind

Het is vrij logisch dat de windsnelheid (gemeten in het open veld) invloed heeft op de ammoniakemissie in een natuurlijk geventileerde stal. De windsnelheid in de stal is vooral afhankelijk van de bouw en geometrie van de stal, maar deels wordt deze door management beïnvloed doordat op windere dagen de staldeuren dicht zitten en op windstille dagen de achterdeur open wordt gezet.

De windrichting heeft invloed op de ventilatie en daarmee ook invloed op de stalemissie. Uit de statistische analyse blijkt dat de richting en inrichting van de stal invloed hebben op de stalemissie. Staat de wind op de achtergevel dan is de emissie het hoogst en staat de wind op de melkstal dan is de emissie het laagst. Ook in onderzoek van het IMAG in een natuurlijk geventileerde stal waren deze invloeden zichtbaar (Scholtens en Huis in 't Veld, 1997). De windrichting, op 10 m hoogte in het vrije veld, is uiteraard niet te beïnvloeden, maar bij de bouw kan wel rekening gehouden worden met de meest voorkomende windrichting. Dit gebeurt nu soms al voor een optimale ventilatie van de stal, maar zonder rekening te houden met de ammoniakemissie. Behalve de richting van de stal hebben ook andere objecten, zoals andere gebouwen of beplanting en ventilatiekleppen invloed op de ventilatie

en daarmee op de emissie. Mogelijk is de ammoniakemissie te verminderen door met deze objecten de ventilatie te optimaliseren.

Voeding

In dit onderzoek konden we statistisch geen significant effect van de OEB aantonen. We moeten hierbij wel opmerken dat de OEB in de weideperiode moeilijk nauwkeurig is te berekenen. En bovendien is de range van de OEB erg klein omdat het voermanagement daar juist op gericht is.

Smits e.a. (1995) vinden wel een positief verband van de OEB met de ammoniakemissie. Zij hadden hun onderzoek wel opgezet om de invloed van OEB te onderzoeken. In dat onderzoek werden rantsoenen toegepast met 0 en 1000 OEB, terwijl andere rantsoenenkenmerken (kVEM en DVE) zoveel mogelijk gelijk werden gehouden. Hier werd een emissiereductie van 39% bereikt.

Ureumgehalte in de melk

Het ureumgehalte in de melk heeft wel een significant effect op de ammoniakemissie. Dat is mooi, want het ureumgehalte in de melk is een parameter die makkelijk is te meten. Door met aanpassingen van de voeding te sturen op een laag ureumgehalte in de melk kan de ammoniakemissie worden verminderd. Het is goed mogelijk om met rantsoenaanpassingen het ureumgehalte te verminderen van 35 naar 20. Dit zou dan resulteren in een vermindering van de ammoniakemissie van 37,5%. Dit is in dezelfde orde grootte als Smit e.a. (1995) in hun voedingsonderzoek vonden. Ook recenter onderzoek toont een duidelijke relatie aan tussen melkureum en ammoniakemissie. Het betreft hier een 2-jarig onderzoek in een natuurlijk geventileerde stal met roostervloer (Smits et al, 2002). Op De Marke ligt het ureumgehalte in de melk reeds op gemiddeld 18.

Een belangrijke factor die niet is onderzocht is het stikstofgehalte in de urine of drijfmest. Hier zijn te weinig waarnemingen van. Uit ander onderzoek blijkt dat de ammoniakemissie toeneemt met de stikstofconcentratie in de urine of drijfmest, ook als de hoeveelheid stikstof in de urine of drijfmest gelijk is.

Op De Marke heeft de drijfmest een laag drogestofgehalte en daarmee een laag stikstofgehalte (Hilhorst 1997).

Ventilatie

Omdat de meetmethode gebruik maakt van de ventilatiemeting is het statistisch niet aantoonbaar dat de ventilatie invloed heeft op de ammoniakemissie. Toch is het goed voorstelbaar – en aan de figuren zichtbaar – dat een toename van de ventilatie zorgt voor een toename van de ammoniakemissie. Onderzoek elders toont dat ook aan.

De toegenomen ventilatie door de sleuven in de koepelnok en de nieuwe tafelnok kan mogelijk de ammoniakemissie verhogen. Statistisch heeft het zagen van sleuven in de koepelhok een niet-significant verhogend effect op de ammoniakemissie, maar het plaatsen van een nieuwe tafelnok juist een significant verlagend effect op de ammoniakemissie. Of deze effecten echt geheel aan de nieuwe nok zijn toe te schrijven is de vraag, omdat vrijwel tegelijkertijd de dichte vloer is vervangen door de sleufvloer.

Dieren en dierplaatsen

Bij de berekening van de ammoniakemissie op een bedrijf moet worden uitgegaan van het aantal dierplaatsen van een stal en niet van het aantal aanwezige dieren. De hier gepresenteerde resultaten laten zien dat dit terecht is; de ammoniakemissie is -binnen grenzen- onafhankelijk van de stalbezetting. Verandert het besmeurd oppervlak als de veebezetting verandert dan heeft dit waarschijnlijk wel invloed op de ammoniakemissie.

Emissiepercentage van de uitgescheiden stikstof

De stal heeft redelijk aan de verwachtingen voldaan, want gemeten is een vervluchtigingspercentage van 5,0% van de uitgescheiden stikstof in de stalperiode, terwijl bij de prognose was uitgegaan van een vervluchtigingspercentage van 5,2% (zie tabel 7). In de weideperiode ligt dit percentage hoger, op 7,5% en op jaarbasis is 5,9%. Een vervluchtiging in de stalperiode van 5,0% is een reductie van 62% ten opzichte van het vervluchtigingspercentage in een traditionele stal met roosters, dat 13% is (Monteny 1991). In recenter onderzoek heeft men echter ook bij stallen met roostervloer en kelder een lager vervluchtigingspercentage gevonden, van 8 à 10% bij ongeveer 10 °C (Kroodsma 1995). Steenvoorden e.a. (1999) adviseren dan ook het officiële vervluchtigingspercentage voor traditionele melkveestallen terug te brengen naar 10%. Ook in vergelijking met die onderzoeken is het vervluchtigingspercentage van de stal van De Marke laag. Dat het vervluchtigingspercentage van de uitgescheiden stikstof 62% lager was dan van een traditionele stal duidt er wel op dat het stalsysteem in combinatie met rantsoen (zie ureum effect) de emissie sterk reduceert.

Met een vervluchtigingspercentage van 5,0% in de stalperiode (en 5,9% over het hele jaar) scoort De Marke ook goed in vergelijking van andere emissiearme stallen. Bij onderzoek van IMAG zijn bij onderzoek aan emissiearme stallen vervluchtigingspercentages van 5,6 tot 10,5% gevonden (Steenvoorden e.a., 1999). De laagste waarde werd gevonden bij een V-vormige vloer, afgewerkt met een epoximortel-laag en een rantsoen met een laag OEB-gehalte.

Hilhorst (1997) geeft aan dat het drogestofgehalte van de drijfmest op De Marke lager is dan van het landelijk gemiddelde. Ook het stikstofgehalte in de mest is lager dan gemiddeld. Dit is waarschijnlijk ook een reden voor het lage vervluchtigingspercentage dat op De Marke is gemeten.

Het emissiepercentage is in de weideperiode hoger dan in de stalperiode. Dit leidt er toe dat de ammoniakemissie per dier per dag in de weideperiode niet of nauwelijks lager is dan in de stalperiode, ondanks dat de dieren 8 à 10 uur per dag buiten lopen in de weideperiode. De hogere temperatuur in de weideperiode kan dit maar voor een deel verklaren. Andere oorzaken kunnen zijn het andere rantsoen in de weideperiode, met een hogere OEB en de lagere veebezetting in de weideperiode, waardoor mogelijk de emissie uit de stal niet minder wordt, maar de emissie per kg N wel toeneemt.

Emissie in kg NH₃ per dierplaats

Met een emissie van respectievelijk 4,0 en 3,8 kg NH₃/dierplaats/190 dagen in de stalperiode en weideperiode voldoet De Marke aan de oude Groen Label norm, die stelt dat de ammoniakemissie met minimaal 50% moet worden gereduceerd. Scholtens e.a. (1996) komen in hun onderzoek tot een emissie van 4 kg NH₃/koe/190 dagen, dus een reductie van 55%. Dat strookt goed met de resultaten van het onderzoek op De Marke. Bij het onderzoek van Scholtens is een ander type dichte vloer onderzocht (de vloer helt naar één kant, zodat de urine een langere weg moet afleggen) en de voeding bevatte waarschijnlijk meer stikstof. Daardoor is een hogere emissie te verwachten. Daar staat tegenover dat in het onderzoek van Scholtens de vloer met 15 l/koe/dag werd gespoeld, terwijl De Marke de vloer niet spoelt. Sproeien met 14 l/koe/dag reduceert de ammoniakemissie met 19% (Bleijenberg e.a. 1995).

Sleufvloer versus dichte hellende vloer

Moeilijkheid bij de vergelijking tussen de sleufvloer en de dichte vloer is dat de meting niet simultaan plaats vond, maar eerst twee jaren met de dichte vloer en toen twee jaren met de sleufvloer. Bovendien is een half jaar voordat de sleufvloer

geplaatst werd ook de nok vervangen. Dat maakt het moeilijk aan te tonen of veranderingen het gevolg zijn van de nieuwe vloer of de nieuwe nok.

In ons onderzoek zien we een iets hoger ammoniakemissie op de sleufvloer in vergelijking met de dichte hellende vloer (in de stalperiode respectievelijk 4,5 en 3,2 kg NH₃/koe/190 dagen), maar dit is nog steeds een reductie van 49% t.o.v. een roostervloer. Dit komt goed overeen met ander onderzoek. Bij onderzoek van IMAG zijn emissiereducties gemeten van 46 tot 50% ten opzichte van een roostervloer (Huis in 't Veld en Scholtens, 1998).

Emissie uit de stal

De ammoniakemissie uit de stal is hoger (41%) dan de prognose was bij de opzet van De Marke. Dit wordt deels veroorzaakt doordat iets meer stikstof werd uitgescheiden dan was verwacht (Hilhorst 1997). Van der Schans (1997) geeft aan dat de dieren meer stikstof hebben geconsumeerd dan bij de opzet van De Marke was voorzien. Ook in latere jaren is de stikstofconsumptie niet verminderd; gemiddeld over 1993 t/m 1999 is per jaar 188 kg N/ha door de dieren op stal uitgescheiden (Hilhorst en Oenema, 2000) terwijl de prognose 148 kg N/ha was. Dit verklaart 27%. Het andere deel kan verklaard worden doordat in de prognose het vervluchtigingspercentage in de weideperiode gelijkgesteld is aan dat van de stalperiode, terwijl het in de werkelijkheid 44% hoger ligt. Omdat een derde van de mest in de weideperiode geproduceerd wordt zorgt dit voor 14% meer emissie.

Of het in de praktijk nog mogelijk is de stikstofuitscheiding te verlagen naar het niveau van de prognose bij de opzet van De Marke is de vraag. In de prognose is waarschijnlijk ten onrechte voor de weideperiode een zelfde vervluchtigingspercentage gehanteerd als in de stalperiode.

4.5 Conclusies stalemissies

- De totale ammoniakemissie uit de stal is 41% groter dan de prognose was bij de opzet van De Marke. De prognose van 7,4 kg N/ha wordt dus niet gehaald.
- De te hoge emissie uit de stal wordt veroorzaakt door een stikstofuitscheiding van de dieren die 27% hoger is dan de prognose en hoger vervluchtigingspercentage in de weideperiode dan verondersteld bij de prognose.
- Het emissiepercentage van de uitgescheiden stikstof (5,0%) in de stalperiode is iets lager dan de prognose (5,2%) . De stal functioneert met betrekking tot reductie van de ammoniakemissie goed.
- De ammoniakemissie uit de stal is in de stalperiode 4 kg NH₃/koe/190 dagen. Dit is een reductie van 55% in vergelijking met een traditionele stal.
- De ammoniakemissie per dierplaats komt met 7,8 kg NH₃ goed overeen met de emissiefactor die in de Regeling Ammoniak en Veehouderij die is vastgesteld op 7,7 kg NH₃/dierplaats voor een zelfde melkveestal met beweiding.
- De sleufvloer emitteert iets meer ammoniak dan de dichte hellende vloer.
- Ondanks dat de dieren in de weideperiode 8 à 10 uur buiten lopen is de ammoniakemissie uit de stal per dier per dag nauwelijks lager dan in de stalperiode. De verklaring ligt onder anderen in de factoren temperatuur en rantsoen.
- De ammoniakemissie neemt per graad temperatuur stijging toe met 3% tot 11 graden celcius.
- Windsnelheid en -richting hebben invloed op de ammoniakemissie uit de stal. Wind op de achterzijde van de stal heeft een emissieverhogend effect.

- Het ureumgehalte in de melk is een goed bruikbare parameter om de ammoniakemissie te verlagen. Een laag ureumgehalte is een aanduiding voor een lage ammoniakemissie. Door een uitgekiende voeding is een laag ureumgehalte in de melk te bereiken.
- Het effect van ventilatie op de ammoniakemissie wordt niet duidelijk in dit onderzoek. Sleuven aangebracht in de koepelnok verhoogde de emissie en de tafelnok verlaagde de emissie, terwijl beiden zorgden voor een toegenomen ventilatie.
- Een beperkte wijziging van het aantal dieren in de stal is niet van invloed op de ammoniakemissie van de stal als de loopruimte van de dieren niet wordt aangepast.
- De beide tracergasmethode's zijn goed vergelijkbaar.

5 Veldemissie

5.1 Ammoniakemissie bij beweiding

(M.C.J. Smits)

Voor het weideseizoen 1999 en 2000 zijn de emissies van ammoniak die ontstaan bij het weiden van het vee op De Marke berekend met behulp van een methode die eerder is toegepast door Smits et al. (1998 & 2000). De methode is ontleend aan het proefschrift van Bussink (1996). In Smits et al. (2002) is beschreven hoe de ammoniakemissie van melkvee door voermaatregelen substantieel verminderd kan worden. De weide-emissie kan verlaagd worden door het eiwitgehalte in het rantsoen en de totale N-opname te verlagen (uitgebalanceerde voeding naar behoefte voor eiwit en energie). Het eiwitgehalte van het opgenomen verse gras wordt mede bepaald door de bemesting van het grasland. Voor de emissie per hectare grasland speelt uiteraard de beweidingsintensiteit een rol: het aantal weidedagen en -uren per hectare, per jaar (zie paragraaf 2.1.2 en 2.1.5 in Smits et al. 2002).

Bussink (1996) heeft de ammoniakemissie gemeten in relatie tot de bemesting en de N-opname bij weidegang op kleigrond. Hij heeft daartoe volveldse emissiemetingen verricht op intensief beweide, hoogproductief grasland in Flevoland.

De gemeten weide-emissies, uitgedrukt in kg ammoniak per hectare grasland per jaar, werden door hem beschreven in een regressievergelijking.

De weide-emissie van De Marke is berekend uitgaande van deze regressievergelijking en op basis van weidegegevens die in bijlage 1 zijn weergegeven.

Omdat het bodemtype op De Marke zandgrond is, werd de berekende emissie (regressie gebaseerd op kleigrond) gecorrigeerd door vermenigvuldiging met een factor 1,75. Ook deze correctiefactor is ontleend aan Bussink (1996).

De berekende weide-emissies voor 1999 en 2000 zijn weergegeven in tabel 8a en b.

Tabel 8a Berekende ammoniakemissies van beweide grasland op De Marke in weideseizoen 1999

1999	Per dier kg N/jr	Weide- dagen	aantal dieren	Per diergroep kg N/jaar	Weidepercelen kg N/ ha ¹	Bedrijfsopp ² kg N/ha
Melkvee	0,49	165	70	34,5		
Jongvee>1	4,26	185	25	106,4		
Jongvee<1	1,65	94	19	31,3		
Totaal				172	7,4	3,1

¹ Uitgaande van in totaal 23,26 hectare beweide grasland,

² Totale bedrijfsoppervlakte in 2000 is 54,86 ha.

Tabel 8b Berekende ammoniakemissies bij beweiding op De Marke in weideseizoenen 2000

2000	Per dier kg N/jr	Weide- dagen	aantal dieren	Per dier- groep kg N/jaar	Weidepercelen kg N/ha ¹	Bedrijfsopp ² kg N/ha
Melkvee	0,26	150	68	18,0		
Jongvee>1	1,80	100	12	21,6		
Totaal				39,6	2,0	0,7

¹ Uitgaande van in totaal 20 hectare beweide grasland,

² Totale bedrijfsoppervlakte in 2000 is 54,86 ha.

De weide-emissie van het melkvee is in 2000 laag doordat er slechts een beperkt aantal uren geweid werd en het rantsoen slechts 15% RE bevatte. De N-excretie in de urine en faeces is daarbij laag doordat de benutting hoog is: circa 30% van de opgenomen N werd omgezet in melkeiwit.

De weide-emissie van het jongvee is vooral in 1999 hoog in vergelijking met die van de melkkoeien omdat het jongvee 24 uur per dag geweid werd en het rantsoen ruim 21% RE bevatte. De N-excretie is daarbij relatief hoog omdat naar schatting slechts 5% van de opgenomen N in dierlijk eiwit (groei) wordt omgezet.

5.2 Ammoniakemissie bij bemesting

5.2.1 Onderzoek naar ammoniakemissie bij mestaanwending

In 1999 is het IMAG een onderzoek gestart met als doel de te bereiken en gerealiseerde vermindering van de NH₃-emissie vast te stellen bij emissiearme mesttoediening in de praktijk in relatie tot de kritische succesfactoren: afstelling machines, kwaliteit van het werk, mestgift en weersomstandigheden op het tijdstip van mesttoediening. Op basis hiervan wordt het mogelijk om huidig beleid op dat gebied te evalueren en eventueel bij te stellen, alsmede om richtlijnen voor de praktijk te ontwikkelen die een optimale inzet en NH₃-reductie kunnen ondersteunen c.q. bevorderen.

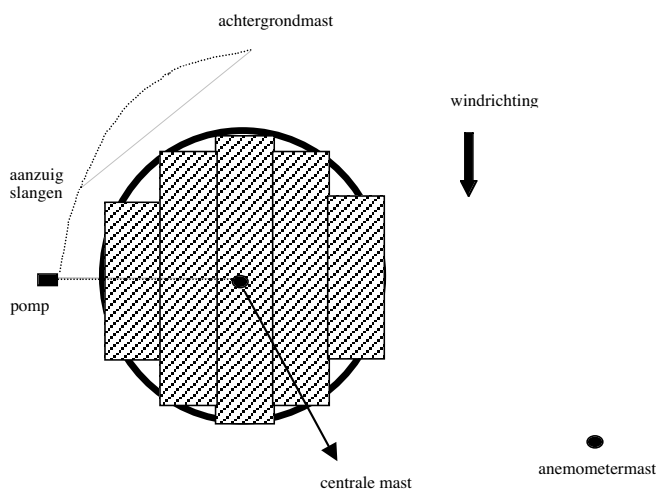
5.2.2 Emissiemetingen op De Marke

In de bemestingsseizoenen 1999 en 2000 werden op 11 tijdstippen emissiemetingen na zodenbemesting op grasland uitgevoerd op De Marke. De proeven waren bedoeld om het effect van het seizoen (weersomstandigheden) bij twee praktijk mestgiften te bepalen. In Tabel 1 is een overzicht van de meetweken gegeven. Per meetweek werden twee proefvelden aangelegd, waarbij op het eerste proefveld ca. 15 m³/ha en op het tweede proefveld ca. 30 m³/ha mest werd toegediend. De uitgereden mest in de proeven was afkomstig uit de opslag van het bedrijf. De dag voor het uitrijden werd de mest gemixt. De mest werd toegediend met een zodenbemester, die dusdanig was afgesteld dat het gewicht van de machine en de zachtheid (draagkracht) van de bodem de diepte van de sleuven bepaalden (huidige praktijk).

Tabel 9. Overzicht meetweken met gemiddelde windsnelheid op 2,4 m hoogte (wind), temperatuur (T) en relatieve luchtvochtigheid (RV) gedurende de eerste 9 uur na toedienen van de mest en de hoeveelheid neerslag (mm) gedurende de gehele meetperiode

Weeknr	Jaar	Wind (m/s)	T (°C)	RV (%)	Neerslag (mm)
8	2000	2,6	4,7	84	0,6
9	2000	3,4	11,2	76	0,6
11	2000	3,9	8,8	93	1,8
12	2000	1,5	13,6	52	0
19	2000	4,4	22,0	46	0
19	1999	3,2	15,0	84	0
22	1999	1,5	19,6	51	0
26	1999	4,5	21,4	87	0,2
27	1999	2,3	23,9	77	0
30	1999	3,9	23,1	59	0
35	1999	2,2	21,0	-	0

De metingen van de ammoniakemissie werden uitgevoerd volgens de micrometeorologische massabalans methode. Deze methode berust op de vergelijking van de 'binnenkomende' ammoniakstroom (flux) met de 'uitgaande' ammoniakstroom. Beide fluxen worden gemeten in een denkbeeldig verticaal vlak dat loodrecht staat op de gemiddelde windrichting. Bij deze meetmethode wordt een cirkelvormig bemest proefveld aangelegd, waarbij de meetmast die de uitgaande ammoniakflux meet in het midden van de cirkel wordt geplaatst (centrale mast). De binnenkomende ammoniakflux wordt gemeten met een mast die bovenwinds aan de rand van de cirkel staat (achtergrond mast). Figuur 9 toont een overzicht van de opstelling van een meting. Bij de centrale mast werden op 7 verschillende hoogtes (logaritmisch verdeeld) de bemonsteringspunten geplaatst. Bij de achtergrondmast waren dit 4 meetpunten. De monsternamapunten bestonden uit een impinger in gaswasflessen gevuld absorptievloeistof. Met de impingers werd door middel van een pomp en aanzuigslangen lucht door de absorptievloeistof geleid. De emissiemetingen werden uitgevoerd gedurende circa 96 uur na het tijdstip van de mesttoediening.



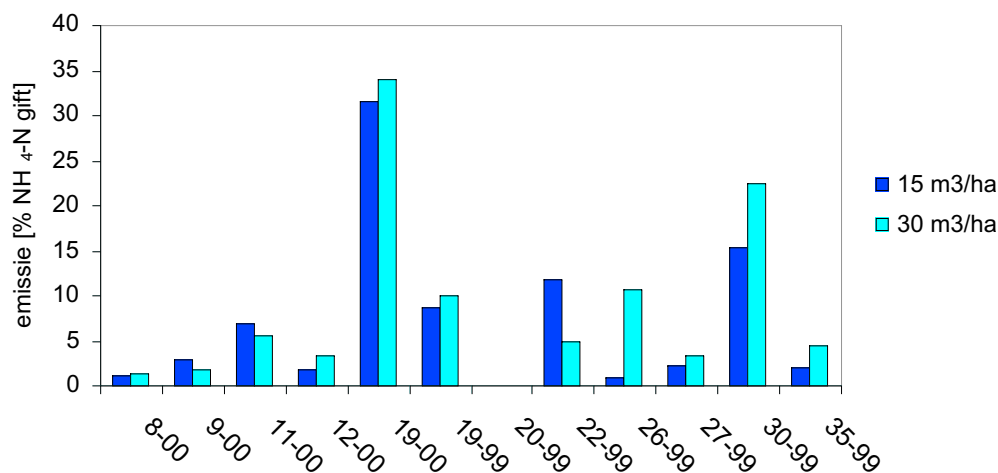
Figuur 9. Opbouw van een proefveld voor metingen volgens de micro meteorologische massabalansmethode

De bemeste proefvelden hadden een oppervlakte van ca. 0,15 ha en waren bij benadering rond, zodat bij verschillende windrichtingen de aanstroomb lengtes tot de centrale mast vrijwel gelijk bleven. Een cirkelvormig veld werd verkregen door de mest in banen uit te rijden. Om de emissie van een proefveld te kunnen berekenen werd naast de ammoniakconcentratie, de windsnelheid en de windrichting bepaald en per proefveld de hoeveelheid toediende mest en mestsamenstelling. Ook werden de grashoogte, het vochtgehalte van de bodem, de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht en de hoeveelheid neerslag geregistreerd per experiment.

In tabel 9 staan de weeromstandigheden gedurende de eerste uren na de mesttoediening samengevat en de neerslag gedurende de gehele meetperiode. De gemiddeld gerealiseerde lage en hoge mestgift waren respectievelijk 13,3 en 25,8 m³/ha. Het ammoniumgehalte van de bemonsterde mest was gemiddeld 1,89 g/kg en het drogestofgehalte was gemiddeld 7,4%. Het vochtgehalte van de bodem lag tussen 13,1 en 26,3%. De grashoogte varieerde van 4,8 cm tot 14,1 cm. De hoogte van het gras was afhankelijk van een voorafgaande bewerking en het tijdstip dat deze bewerking werd beëindigd. De proeven voor week 19 vonden plaats op een graszode waarop alleen kunstmest gestrooid was en waarop sinds oktober geen andere bewerking op plaats had gevonden. In week 19 werden de proeven aangelegd na de eerste maaisnede. Bij de overige proeven was het perceel wisselend beweoid of gemaaid voorafgaand aan de experimenten. Voor beide proefvelden in week 22-1999 varieerde de gemeten sleufdiepte van 1,0 tot 4,5 cm. De gemiddelde sleufdiepte was 3,1 cm diep.

5.3 Resultaten

In Figuur 12 worden de resultaten van de uitgevoerde experimenten weergegeven als cumulatieve emissie ca. 94 uur na toedienen van de mest. Bij 2 meetweken werden de experimenten voortijdig beëindigd als gevolg van nachtvorst (week 8-2000, 8 uur gemeten) of een storing (week 9-2000 48 uur gemeten). De emissie varieerde van 1 tot 34% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Uit het emissieverloop per proefveld per meetweek bleek dat bij bijna alle experimenten de emissie snel op gang kwam en dat ca. 9 uur na toedienen van de mest de emissie nauwelijks meer toenam. In week 26-1999 kwam de emissie niet op gang op het proefveld met de lage mestgift, terwijl het proefveld met de hogere mestgift wel een emissieverloop gaf. De gemiddelde emissie over alle meetweken (excl. week 8 en 9 2000) was 9% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof bij de lage mestgift en 11% bij de hoge mestgift.



Figuur 12. Cumulatieve emissie (%-ammonium-N) ca 94 uur na uitrijden van de mest op de verschillende tijdstippen (weeknummers) als % van de opgebrachte ammoniumstikstof (week 8-00 meetperiode 8 uur, week 9-00 meetperiode 48 uur)

In het verleden is slechts vier keer de emissie bij zodebemesting op zandgrond gemeten. De gemiddelde gemeten emissie was hoger dan de destijds gemeten emissies. De meetweken 19-2000 en 30-1999 gaven een duidelijk hogere emissie ten opzichte van de overige metingen. Een statistische analyse dient nog uitgevoerd te worden om de belangrijkste invloedsfactoren op de emissie te identificeren. Weersinvloeden lijken een rol te spelen bij de hoogte van de emissie. De resultaten geven geen duidelijk onderscheid in emissie tussen de mestgiftten.

De gemiddelde ammoniakemissie bij aanwending in het voorjaar (t/m week 12) is 3,2 en 3,0% N van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof bij resp. lage en hoge mestgift en bij aanwending in de zomer (week 19 t/m 35) 10,3 en 12,8% bij resp. lage en hoge mestgift. Met deze emissiefactoren is de ammoniakemissie bij zodenbemesting op grasland berekend bij toediening in het voorjaar en in de zomer voor 1999 en 2000. Hierbij is afhankelijk van de omvang van de mestgift een emissiefactor gekoppeld aan de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof.

In 2000 is in triticale ook met zodenbemesting in het voorjaar en in de zomer mest toegediend. Voor dit gewas gebruiken we vooralsnog dezelfde emissiefactoren voor berekening van de ammoniakemissie bij zodenbemesting als voor gras omdat geen specifieke factoren bepaald zijn. Omdat triticale een wat minder gesloten bodembedekking heeft dan gras is een hogere emissiefactor echter niet uit te sluiten.

Op De Marke resteerd dan nog het areaal bouwland waar door middel van bouwlandinjectie dierlijke mest is toegediend. Hieraan zijn in 1999 en 2000 geen metingen verricht. Daarom gaan we voor deze mesttoediening uit van de gemeten emissie voor mestinjectie op bouwland beschreven in het eerste onderzoek naar ammoniakemissie op De Marke (Schans ea, 1999). Deze factor is een ammoniakemissie van 1,7% N van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De resultaten van deze berekeningen staan in tabel 10. In 2000 is per ha meer ammoniak geëmitteerd dan in 1999 ondanks dat de gemiddelde emissiefactor in 1999 iets hoger lag dan in 2000. Deze hogere ammoniakemissie in 2000 komt geheel voor rekening van een hogere toediening van ammoniumstikstof in 2000 t.o.v. 1999.

Tabel 10. De ammoniakemissie bij aanwending van drijfmest op gras- en bouwland in 1999 en 2000

		emissie% ¹	Nmin toege- diend (kg N)	NH3 emissie (kg N-NH3)	NH3 emissie (kg N-NH3/ha ²)
1999					
gras	voorjaar zodebemesting	3,0	1656	50	1,0
gras	zomer zodebemesting	11,7	2414	282	5,4
bouwland	Voorjaar bouwlandinjectie	1,7	645	11	0,2
totaal bedrijf		7,3	4715	342	6,6
2000					
gras	voorjaar zodebemesting	3,0	1557	47	0,9
gras	zomer zodebemesting	11,4	2493	285	5,2
triticale	voorjaar zodebemesting	3,0	336	10	0,2
triticale	zomer zodebemesting	10,9	349	38	0,7
bouwland	Voorjaar bouwlandinjectie	1,7	793	13	0,2
totaal bedrijf		7,1	5529	393	7,2

¹ % N van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof.

² voor de totale bedrijfsoppervlakte, in 1999 51,87 ha en in 2000 54,86 ha.

5.4 Conclusies

- De weide-emissie in 2000 van het melkvee en jongvee samen bedraagt slechts 0,7 kg N per hectare. In 1999 lag deze op 3,1 kg N per hectare. Die van het melkvee is laag doordat er slechts een beperkt aantal uren geweid werd en het rantsoen slechts 15% RE bevatte. Die van het jongvee ligt hoger omdat deze 24 uur per dag buiten liepen en het rantsoen een hoger RE-gehalte bevatte.
- In 1999 is de weide-emissie aanmerkelijk hoger dan in 2000 doordat zowel het aantal stuks jongvee dat weidegang heeft gehad als het aantal dagen weidegang beduidend groter is. Anderzijds doordat het melkvee meer weidegang (15 dagen meer en 3 uren per dag meer) heeft gehad en het ruweiwitgehalte in het opgenomen voer 4 g/kg ds hoger was.
- De gemiddelde ammoniakemissie bij aanwending van drijfmest in het voorjaar is 3,2 en 3,0% N van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof bij respectievelijk lage (15 m³ per ha) en hoge mestgift (30 m³ per ha) en bij aanwending in de zomer (week 19 tm 35) 10,3 en 12,8% bij resp. lage en hoge mestgift
- De gemiddelde emissie over alle meetweken was 9% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof bij de lage mestgift (15 m³ per ha) en 11% bij de hoge mestgift (30 m³ per ha).
- In 2000 is bij mestaanwending per ha meer ammoniak geëmitteerd dan in 1999 ondanks dat de gemiddelde emissiefactor in 1999 iets hoger lag dan in 2000. Deze hogere ammoniakemissie in 2000 komt geheel voor rekening van een hogere toediening van ammoniumstikstof in 2000 t.o.v. 1999.

6 Ammoniak totaal: de emissie van het bedrijf

6.1 De totale ammoniakemissie in vergelijking met de doelstelling

De Marke heeft zich ten doel gesteld om een 70% lagere ammoniakemissie te realiseren dan het gemiddelde ammoniakemissie niveau in 1980. Zoals omschreven in hoofdstuk 3 is dat vertaald naar een doelstelling voor de ammoniakemissie uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest van 30 kg N/ha (afgeleid van een fictief bedrijf medio jaren '80, zie tabel 2).

In de hoofdstukken 4 en 5 van dit rapport beschrijven we de metingen en berekeningen die zijn verricht aan de ammoniakemissie vanuit de stal, bij aanwending van drijfmest en bij beweiding. Om te toetsen of het bedrijf voldoet aan de norm van 30 kg N/ha dienen we ook de ammoniakemissie uit de mestopslag en aanwending van kunstmest mee te nemen. Aan deze twee posten zijn geen metingen verricht.

Voor deze posten gaan we daarom uit van de gegevens omschreven door Schans ea (1999): een emissiefactor van 0% uit de mestsilos en 0,7 kg N/ha uit opslag van mest van jongvee. Voor de ammoniakemissie uit kunstmest gebruiken Schans ea (1999) een emissiefactor van 1% (1% N uit kunstmest-N vervluchtigd als NH₃). Bij een kunstmestaanwending van 81 en 60 kg N/ha in resp. 1999 en 2000 is dit een ammoniakemissie uit kunstmestaanwending van resp. 0,8 en 0,6 kg N/ha. De emissie bij beweiding is berekend voor het weideseizoen van 1999 en 2000. Een overzicht van de ammoniakemissie uit de verschillende posten staan in tabel 11.

De stalemissie is bepaald voor 1999. Als we er van uitgaan dat de stalemissie van 1999 ook bruikbaar is voor 2000 dan komen we uit op een totale ammoniakemissie van 21,7 en 19,7 kg N/ha in resp. 1999 en 2000. In 2000 heeft De Marke voor de eerste keer triticale geteeld. Op triticale-land is zodenbemesting toegepast i.p.v. mestinjectie wat normaal op bouwland toegepast wordt. Er is op dit graanland 40 m³ mest per hectare als voorjaarsbemesting gegeven (inmiddels verlaagd naar 30 m³ per ha).

Tabel 11. De gemeten (en berekende) ammoniakemissie op De Marke vergeleken met de prognose (kg N per hectare)

	Prognose ¹	Gemeten en berekend		
		'94-'96 ¹	1999	2000
Stal	8,0 ⁵	9,1	10,5	10,5 ⁴
Opslag	2,1	0,7	0,7 ²	0,7 ²
Aanwending drijfmest grasland	1,4	8,7	6,4	6,1
Aanwending drijfmest bouwland				
- maisland (injectie)	0,2	0,3	0,2	0,2
- graanland (zodembemesting)		-	-	0,9
Kunstmest	1,0	0,9	0,8 ³	0,6 ³
Beweiding	4,1	5,3	3,1	0,7
Totaal	16,6	25,0	21,7	19,7

¹ Schans ea, 1999.

² 0% uit de mest silo en 0,7 kg N/ha uit opslag van mest van jongvee (Schans ea, 1999).

³ Geen metingen; daarom uitgaan van de prognose: 1% N uit kunstmest-N vervluchtigd als NH₃.

⁴ Gelijk gesteld aan het voorgaande dan wel opvolgende jaar.

⁵ De emissie uit melkvee en jongveestal samen is 8 kg N/ha; alleen melkveestal 7,4 kg N/ha.

6.2 Conclusies en aanbevelingen

- De doelstelling van 70% reductie in ammoniakemissie uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest wordt op De Marke ruimschoots gehaald. De ammoniakemissie is over 1999 en 2000 gemiddeld 20,7 kg N/ha terwijl de norm 30 kg N/ha is. Dit is een onderschrijding van 31%.
- De ammoniakemissie uit de stal ligt ruimschoots hoger dan de prognose. Deze prognose is ook al hoger dan de doelstelling van 70% reductie. Dit ligt voornamelijk aan een hogere stikstofuitscheiding in de stal en een hogere emissie in de zomerperiode dan verondersteld in de prognose.
- Bij de aanwending van drijfmest op grasland emitteert veel meer ammoniak dan veronderstelt in de prognose. Schans ea (1999) geven aan dat bij de prognose is uitgegaan van meetgegevens van eind jaren '80. Meetgegevens uit de jaren '90 tonen aan dat de emissie op een veel hoger niveau ligt. De meest recente meetgegevens die zijn gebruikt voor bepaling van de emissie in 1999 en 2000 liggen 4-5 keer zo hoog als de gegevens uit eind jaren '80. Bij de start van De Marke werd grasland bemest met een injecteur in plaats van de zodenbemester. De zodenbemester verving al vrij snel de injecteur, hierdoor nam ook de emissie toe.
- De overige posten (beweiding, opslag en kunstmest) hebben een lagere ammoniakemissie dan de prognose. Dit compenseert gedeeltelijk de hogere emissie vanuit de stal en bij mestaanwending.
- De ammoniakemissie is in 1999/2000 ± 25% hoger dan de prognose van 16,6 kg N/ha.
- In vergelijking met de ammoniakemissie bepaald voor '94-'96 (Schans ea, 1999) is de emissie in 1999/2000 gedaald met 17%.
- De daling in de emissie in 1999/2000 ten opzichte van '94-'96 komt voornamelijk door een lagere emissie bij beweiding, mestaanwending op grasland en kunstmest. De stal emitteert meer ammoniak in 1999/2000 ten opzichte van '94-'96. De aanwending van drijfmest op het bouwland in 2000 ligt hoger dan in '94-'96.

- Aan de emissie met kunstmest en de drijfmestopslag zijn in 1999 en 2000 geen metingen verricht. In het kader van het mestvergistingsonderzoek op De Marke worden bij het schrijven van dit rapport metingen verricht aan de emissie van broeikasgassen en ammoniak vanuit de mestopslag. Definitieve gegevens konden in dit rapport nog niet worden meegenomen. Zodra deze bekend zijn dienen die te worden meegenomen. Het gebruik van kunstmest op De Marke zal in de toekomst zoveel mogelijk worden beperkt. Nader onderzoek naar de ammoniakemissie uit deze relatief beperkte post is dan niet zinvol.
- Vanaf februari 2003 wordt de mest op De Marke vergist. Het gehalte minerale stikstof in de mest neemt hierdoor toe en daardoor ook de aanwending van minerale stikstof op gras- en bouwland. Dit betekent dat bij gelijkblijvende emissiefactoren (zie hoofdstuk 5) de ammoniakemissie bij mestaanwending toe zou kunnen nemen. Nader onderzoek naar de ammoniakemissie en mogelijke reducties bij aanwending van vergiste mest is gewenst.
- Inmiddels is het NMP4 opgesteld en is de landelijke norm aangescherpt naar 19 kg N per ha. Vertaald naar emissie uit dierlijke mest, beweiding en kunstmest is dit 13 kg N per ha. De vraag is hoe hieraan te voldoen. Wellicht behoort een langere beweidingsperiode tot de mogelijkheden hoewel dit op gespannen voet kan staan met de nitraatproblematiek. Andere opties zijn terug naar zodeinjectie in plaats van zodebemesting op grasland en/of een kleinere mestgift per bemestingsronde; beide maatregelen hebben naar verwachting een negatief effect op de economie. Om aan de norm afgeleid uit NMP4 te kunnen voldoen zijn dit soort aanpassingen of zijn nieuwe innovaties echter noodzaak.

Bronnen

Biewinga, E.E., H.F.M. Aarts & R.A. Donker 1992. *Melkveehouderij bij stringente milieunormen - Bedrijfs- en onderzoeksplan van het Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu*. De Marke, Hengelo / Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht / DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, Wageningen / Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad.

Bleijenberg R., W. Kroodsma & N.W.M. Ogink 1995. *Beperking van de ammoniakemissie uit een ligboxenstal met een zelfrijdende sproeischiif over een hellende betonvloer*. DLO-Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen.

Boomaerts, J., S.-J. Hiemstra, G. van Eck, & L. Mulder 1995. *Ammoniakemissie op het melkveebedrijf*. Informatie en Kennis Centrum Landbouw, Lelystad.

Bussink, D.W. 1996. *Ammonia volatilization from intensively managed dairy pastures*. PhD-thesis, Agricultural University Wageningen, Netherlands.

Elzing, A., W. Kroodsma, R. Scholtens & G.H. Uenk 1992. *Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal: Theoretische beschouwingen*. DLO-Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen.

Geurts, P.J.W.M. & A. van 't Ooster 1996. *Handleiding ammoniakemissiemeetsysteem Proefbedrijf voor melkveehouderij en milieu De Marke*. Vakgroep Agrotechniek & -fysica Landbouwwuniversiteit, Wageningen.

Hilhorst G.J. & J. Oenema 2000. *Stikstofbeheer op 'De Marke'; bedrijfssysteem, doelen en resultaten*. In: *Duurzame melkveehouderij en stikstofmanagement*. Themadag 2000: Stikstofbeheer en grondwaterkwaliteit op proefbedrijf 'De Marke' H. van Keulen (ed.). Plant Research International B.V., Wageningen.

Kant, P.P.H. & N. Middelkoop 1994. *Afwerklaag op hellende vloer vermindert ammoniakemissie*. In: *Praktijkonderzoek*, jg. 7, nr. 1, p. 15-18.

Kant, P.P.H. & N. Middelkoop 1994. *Een kwart minder in de stal. Afwerklaag op hellende vloer vermindert ammoniakemissie*. In: *Landbouwmechanisatie*, jg. 45, nr. 5, p. 38-39.

Kroodsma W., J.W.H. Huis in 't Veld & N.W.M. Ogink 1995. *Ammoniakemissie uit een ligboxenstal voor melkvee: emissieniveau en temperatuureffect*. DLO-Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen.

Lekkerkerk, L.J.A., G.J. Heij & M.J.M. Hootsmans 1995. *Ammoniak: de feiten*. Dutch priority programme on acidification. Informatie en Kennis Centrum Landbouw, Ede / Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu, Bilthoven.

Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Economische Zaken, Landbouw en Visserij & Verkeer en Waterstaat, 1989. *Nationaal Milieubeleidsplan*. Tweede Kamer 1988/89, 21137, nrs, 1-2. Den Haag.

Monteny, G.J. 1991. *Stand van zaken onderzoek vermindering NH₃-emissie: perspectieven voor de toekomst*. In: H.A.C. Verkerk (red.). *Mest & Milieu in 2000: visie vanuit het land-*

bouwkundig onderzoek. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 13. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen. p. 91-113.

Ouwerkerk van E.N.J. 1993. *Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16*. dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen.

PR, 1988. *Handboek voor de Rundveehouderij 1988*. Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad.

Schans, F.C. van der, G.J. Hilhorst, N. Middelkoop, E. Biewinga, T. van der putten en J. Kete-laars 1999. *Ammoniakemissie op De Marke: Overzicht en perspectieven*. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad; CLM, Utrecht ; AB-DLO, Wageningen.

Scherphof, W. 1996. *Omrekening jongvee/melkvee. Notitie voor Werkgroep Emissiefactoren. (persoonlijke mededeling)*. Informatie en Kennis Centrum Landbouw, Ede.

Scholtens, R., J.J.C. van der Heiden-de Vos & J.W.H. Huis in 't veld 1996. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen. Natuurlijk geventileerde ligboxenstal voor melkvee met hellende dichte vloer en zelfrijdende sproeischuiven*. DLO-Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen.

Scholtens, R, & J.W.H. Huis in't Veld 1997. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stalleen XXXVI. Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee*. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen.

Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyser. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): *Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16*, DLO, Wageningen, p. 19-22.

Smits, M.C.J., H. Valk, A. Elzing & A. Keen 1995. *Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle*. In: *Livestock Production Science*. jg 44, p. 147-156.

Smits, M.C.J., G.J. Monteny en H. Valk. 1998 - *Effecten van bijvoeding, N-bemesting en beweiding op ammoniakemissie van melkkoeien*. Een deskstudie. Wageningen, IMAG-DLO rapport 98-07.

Smits, M.C.J., G.J. Monteny & H. Valk. 2000 - *Lagere emissie bij weidegang. Bijvoeding en N-bemesting beïnvloeden ammoniakemissie*. *Veeteelt* 17 (2), p.38-39.

Smits, M.C.J., G. van Duinkerken & G.J. Monteny, 2002. *Mogelijkheden van ammoniakemissie beperkende voermaatregelen in de melkveehouderij*. Wageningen, gezamenlijke rapportage van IMAG en PV, IMAG-nota P 2002-36, 37p.

Swierstra, D., J.W.H. Huis in't Veld, W. Kroodasma & M.C.J. Smits 1994. *Ammoniakemissie en stroefheid van roostervloeren en dichte vloeren in ligboxenstallen voor rundvee*. DLO-Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen.

Tamminga, S. A.W. Jongbloed, M.M. van Eerdt, H.F.M. Aarts, F. Mandersloot, N.J.P. Hoogervorst en H. Westbroek, 2000. *De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren*. Rapport ID Lelystad 00-2040R, 2000.

Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij, 1994. *Interimwet ammoniak en veehouderij*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, St. crt. 162, Den Haag.

Waest, R.C., M.J. Astle and W.H. Beyer, 1986. Handbook of chemistry and physics, 67th Edition. Florida, CRC Press Inc.

Bijlage

Weidegegevens seizoen 1999 en 2000

Gegevens verstrekt door De Marke (G.J. Hilhorst, persoonlijke med.):

2000: Vanaf 19 april hebben gedurende 150 dagen 68 melkkoeien 5 uur per dag buiten gelopen. Deze dieren hebben gemiddeld 4,2 kg ds/dier/dag aan weidegras opgenomen en 17,6 kg ds/dier/dag aan overig voer op stal. Het rantsoen bevatte gemiddeld 149 gr RE/kg ds (Incl. weidegras).

De melkkoeien produceerden 29,1 kg melk per dag met 3,38 % eiwit.

Gemiddeld hebben er 12 pinken gedurende 100 dagen buiten gelopen gedurende 24 uur per dag. De weidegrasopname is 7,8 kg ds/dier/dag en het rantsoen bevatte 211 gr RE/kg ds.

De droogstaande koeien en het jongvee (excl. de 12 pinken) hebben geen weidegang gehad. Voor de beweiding is 20 ha grasland gebruikt. Dit betekent dat gemiddeld 7,5 dagen per ha met melkkoeien is beweid.

Het rantsoen van de melkkoeien zag er tijdens de weideperiode 2000 als volgt uit (in kg ds/koe/dag):

weidegras	4,2
graskuil	3,2
mais	6,9
gps	0,7
mks	2,9
krv/mineralen	4,0

De weidegrasopname is gebaseerd op de grasproductie. Voor het inscharen en direkt na het uitscharen wordt de grashoeveelheid geschat. Met deze gegevens en met de bijgroei in de periode dat het vee in het land loopt wordt de grasopname en grasproductie berekend. De schattingen worden "geijkt" aan de hand van het uitmaaien van proefstroken en het exact bepalen van de opbrengst op deze stroken. Het org.stof gehalte van de graslandpercelen (0-10 cm) is 4,9%.

Gegevens weideperiode De Marke 1999

Melkkoeien

aantal weidende koeien	70
begindatum beweiding	15-apr-99
aantal dagen beweiding	165
aantal weide uren/dag	8
kg melk/koe/dag	29,1
% eiwit	3,41
Voeropname (kg ds/koe/dag)	
weidegras	4,90
graskuil	1,46
maïskuil	8,06
hooi en stro	0,15
mks	0,68
bierbostel	1,21
krachtvoer	4,10
mineralen	0,12
totaal	20,68
gr RE/kg ds	153
aantal ha beweiding	23,26

Pinken

aantal weidende pinken	25
aantal dagen beweiding	185
aantal weide uren/dag	24
gr RE/kg ds	228
weidegrasopname (kg ds/dier/dag)	7,1

Kalveren

aantal weidende kalveren	19
aantal dagen beweiding	94
aantal weide uren/dag	24
gr RE/kg ds	228
weidegrasopname (kg ds/dier/dag)	5,8