



De Marke

Proefbedrijf voor
Melkveehouderij en Milieu



AB-DLO

Ammoniakemissie op De Marke: Overzicht en perspectieven

(samenbundeling rapporten van themadag “Van voer tot ammoniak”)

F. van der Schans (PR)
G.J. Hilhorst (De Marke)
N. Middelkoop (CLM)
E. Biewinga (CLM)
T. van der Putten (AB-DLO)
J. Ketelaars (AB-DLO)

Rapport no. 24
September 1999

Adressen betrokken instellingen:

- De Marke, zie binnenzijde omslag
- . AB-DL0
Bornsesteeg 65
Postbus 14, 6700 AA Wageningen
tel. 0317-475700, fax 0317-423110
- . CLM
Amsterdamsestraatweg 877
Postbus 10015, 3505 AA Utrecht
tel. 030-2441301, fax 030-2441318
- . PR
Rundetweg 6
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
tel. 0320-293211, fax 0320-241584

Voorwoord

Op de themadag "Van voer tot ammoniak" in 1997 is een overzicht gegeven van het ammoniakonderzoek op de Marke en is een perspectief geschetst voor verdere reductie.

De resultaten die tijdens die dag gepresenteerd zijn worden in dit rapport weergegeven. De stikstofstroom van voer tot en met de aanwending van mest wordt in beeld gebracht. De verliezen van stikstof door vervluchtiging van ammoniak worden gekwantificeerd. Hiervoor zijn metingen in de stal en op het veld gedaan. Na de themadag is aanvullend onderzoek gedaan naar de emissie in het veld. In overleg met deskundigen is de tekst, die tijdens de themadag gepresenteerd is, aangepast. Door de afwijkende uitkomsten van de veldemissiemetingen kon het gezamenlijke rapport niet tijdig uitgebracht worden. Met name het laatste hoofdstuk met een totaaloverzicht en perspectieven kon pas geschreven worden toen er meer duidelijkheid was over de veldmetingen.

Het belang en de mogelijkheden om de stikstofverliezen op de Marke verder te beperken door vermindering van de ammoniakemissie kunt u in dit rapport nagaan. Het rapport bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Inleiding
2. Stal en mest
3. Ammoniakemissie uit de stal
4. Vervluchtiging van ammoniak in het veld
5. Voederveorziening de Marke
6. Ammoniakemissie op de Marke: overzicht en perspectieven

Door recente personele wisselingen bij CLM en PR hebben ondergetekenden gezorgd voor afronding van het rapport. De inhoudelijke bijdragen komen van F. van der Schans, G.J. Hilhorst, N. Middelkoop, E. Biewinga, T. van der Putten en J. Ketelaars.

G. Koskamp (CLM)

P. Galama (PR, projectcoördinator de Marke)

Inhoudsopgave

1	inleiding.....	(groene pagina)
2	Mestproductie en -opslag.....	(gele pagina)
3	Ammoniakemissie uit de stal.....	(blauwe pagina)
4	Vervluchting van ammoniak in het veld.....	(roze pagina)
5	Voederverzorging.....	(rode pagina)
6	Ammoniakemissie op De Marke: overzicht en perspectieven.....	(oranje pagina)

1 Inleiding

Inhoudsopgave

1.1 Beschrijving bedrijfssysteem De Marke	1
1.2 Verwachte stikstofkringloop De Marke	1
1.3 Overzicht rapport	2

1.1 Beschrijving bedrijfssysteem De Marke

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.

Het bedrijfssysteem heeft een oppervlakte van ongeveer 55 ha droge zandgrond met een melkquotum van circa 655.000 kg melk, 12.000 kg melk per ha. De quotumintensiteit komt overeen met het gemiddelde van de melkveebedrijven op zandgrond in het begin van de jaren '90. Bij de opzet is uitgegaan van een gemiddelde melkproductie van ruim 8000 kg per koe per jaar en een vervangingspercentage van 25%. De veestapel bestaat zodoende uit 80 melkkoeien en bijna 50 stuks jongvee.

Op De Marke werden drie verschillende gewassen verbouwd: gras, maïs en voederbieten. De circa 31 ha grasland bestaat uit 1/3 blijvend en 2/3 tijdelijk grasland. Tijdelijk grasland wisselt af met bouwland waarop 18 ha maïs en 6 ha voederbieten wordt verbouwd. Een deel van de maïs wordt als maïskolvensilage (MKS) geogst. De afgelopen jaren is het areaal voederbieten geleidelijk teruggelopen ten gunste van maïs. Vanaf 1996 worden geen voederbieten meer verbouwd.

Het niveau van bemesting ligt veel lager dan in de praktijk. De basisniveaus voor de stikstofbemesting zijn voor gras 250 kg per ha, voor maïs 100 kg per ha en voor voederbieten 150 kg per ha. De fosfaatbemesting wordt volledig ingevuld met dierlijke mest en is derhalve sterk gerelateerd aan de mogelijke drijfmestgift. Bij de bemesting wordt nadrukkelijk rekening gehouden met het vochtleverend vermogen van de grond, de fosfaattoestand van het perceel en het vrijkomen van stikstof uit oude zoden en groenbemester.

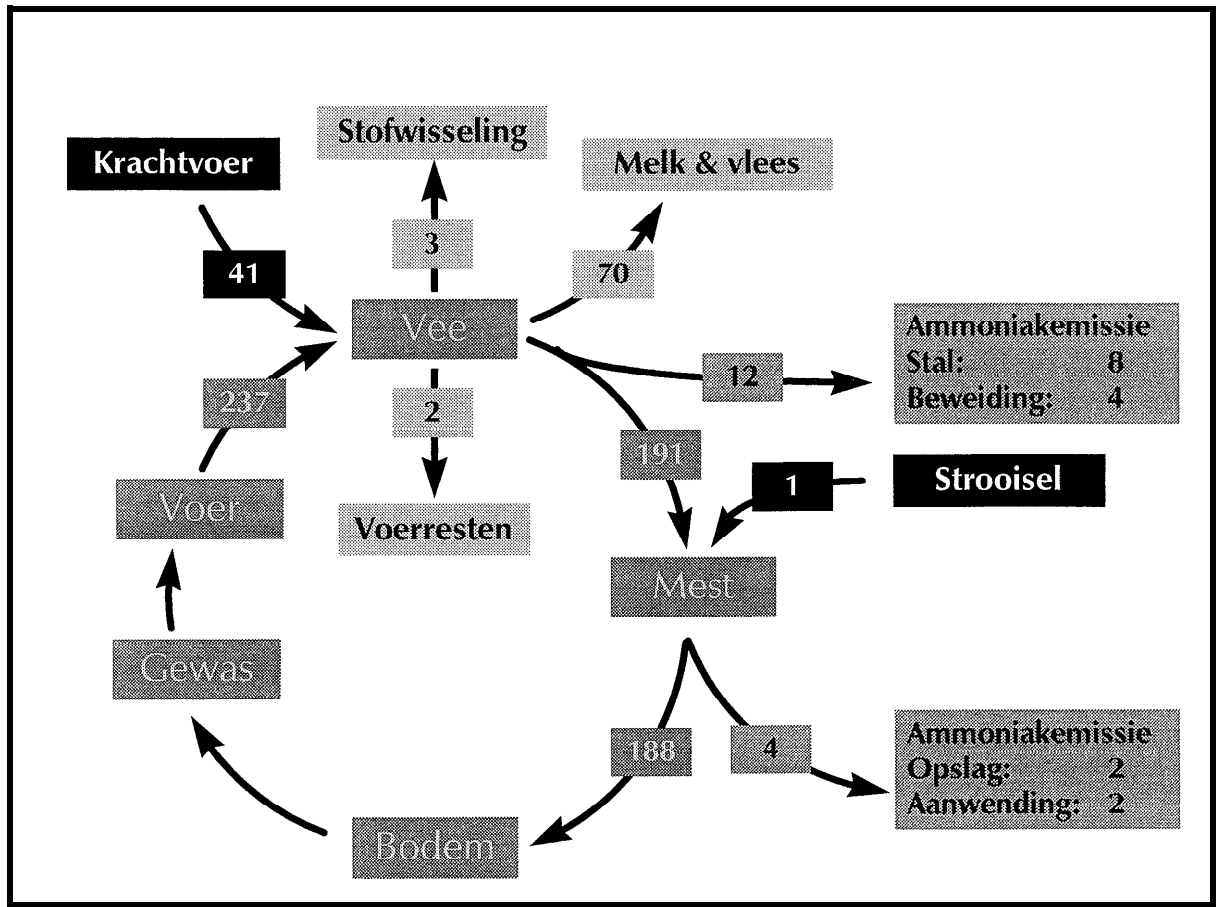
De melkkoeien weiden in de zomer gedurende ongeveer 5 maanden. De eerste jaren is beperkte beweiding toegepast, vanaf 1993 siëstabeweiding. Bij dit systeem weiden de koeien 's ochtends en 's avonds na het melken vier tot vijf uur. Daarna worden de koeien tot de volgende melkbeurt op stal bijgevoerd met maïs, eventueel kuilgras en krachtvoer. De siëstabeweiding van de melkgevende koeien is gericht op het verhogen van de eiwitbenutting door een betere afstemming van het eiwitrijke weidegras en de eiwitarme snijmaïs. Door de korte weideperiode, de dieren worden per 1 oktober opgesteld, wordt de uitspoeling van stikstof verminderd. Ter voorkoming van met name stofwisselingsstoornissen worden de droge koeien het gehele jaar op stal gehouden. De pinken weiden op het grasland tot eind oktober en mogen in het na- en/of voorjaar het vanggewas op de maïspercelen beweiden. De kalveren weiden in de zomer slechts enkele maanden.

Er zijn verschillende maatregelen getroffen om de emissie van ammoniak te verminderen. Allereerst wordt normvoeding bij alle dieren nagestreefd. Met name voor een beperking van de ammoniakemissie is een evenwichtige eiwitvoeding van belang. Daarnaast worden de melkkoeien en het jongvee ouder dan 1 jaar gehuisvest in een ligboxenstal met een dichte, hellende vloer. Op deze vloer worden faeces en urine direct gescheiden en wordt de emissie van ammoniak in de stal sterk verminderd. De mestopslag buiten de stal is gasdicht afgedekt met een betonnen kap. Alle drijfmest wordt emissiearm aangewend middels zodenbemesting (op grasland) of mestinjectie (op bouwland).

1.2 Verwachte stikstofkringloop De Marke

Om inzicht te krijgen in de mineralenverliezen op de verschillende plaatsen in het bedrijfssysteem zijn de voor De Marke verwachte kringlopen voor stikstof, fosfaat en kalium in beeld gebracht. Dit rapport beperkt zich tot de stikstofkringloop en wel het gedeelte van voer tot en met de aanwending van mest. Daarom is dit deel van de stikstofkringloop in figuur 1 in detail weergegeven.

Figuur 1 Gedeeltelijke stikstofkringloop voor De Marke, prognose in kg N per ha



Volgens de prognose wordt door de gehele veestapel 278 kg N per ha voer opgenomen. Hiervan komt bijna 85% van het eigen bedrijf. Van de 278 kg N per ha gaat 2 kg per ha verloren als voerresten en 3 kg per ha bij de stofwisseling van het vee. In de vorm van melk en vlees verdwijnt er 70 kg N per ha van het bedrijf. Hiermee is de stikstofbenutting van de gehele veestapel ruim 25%. Na uitscheiding van urine en faeces wordt in de stal en bij beweiding 12 kg stikstof per ha in de vorm van ammoniak geëmitteerd. Ook tijdens de opslag en bij het uitrijden van de mest verdwijnt er nog 4 kg stikstof per ha door ammoniakemissie. De totale emissie van ammoniak in dit gedeelte van de stikstofkringloop komt daarmee op 16 kg.

1.3 Overzicht rapport

In dit rapport wordt de stikstofstroom van voer tot en met de aanwending van mest in beeld gebracht. De mestproductie van de gehele veestapel, zowel kwantitatief als kwalitatief, van 1992 tot 1996 is in hoofdstuk 2 weergegeven. De gemeten mestproductie wordt vergeleken met de uit de voeropname berekende mestproductie en de verwachte mestproductie. Ook de effecten van siëstabeweiding op de mestproductie worden behandeld. Tenslotte worden de kosten van het stalsysteem, dichte hellende vloer, op basis van de werkelijke uitgaven van de afgelopen jaren, berekend.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de ammoniakemissie in de stal. De methode waarmee de ammoniakemissie wordt gemeten is beschreven. Metingen van de ammoniakemissie van de ligboxenstal vanaf winter 1995 zijn verricht. Naast een vergelijking van het resultaat met de prognose worden de resultaten vergeleken met de eisen die aan Groen Label gesteld worden. Ingegaan wordt op de effecten van verschillende factoren, zoals weersgesteldheid en voeding, op de ammoniakemissie. Ook worden in dit hoofdstuk de resultaten van emissiemetingen aan de verschillende afwerklagen, die op de dichte hellende vloer zijn aangebracht, weergegeven.

Hoofdstuk 4 geeft resultaten van ammoniakemissiemetingen in het veld weer. Hiervoor hebben naast metingen in het veld ook enige metingen in het laboratorium plaats gevonden. Zowel de ammoniakemissie bij beweiding als bij mestaanwending, op gras- en bouwland, is in beeld gebracht. Een vergelijking van deze resultaten met de prognose geeft aanleiding voor een discussie over de emissiebeperking van de verschillende methode van mestaanwending.

In hoofdstuk 5 komt de gehele veevoeding aan bod. Er wordt ingegaan op de voeropname van de verschillende diergroepen, melkgevende en droogstaande koeien, pinken en kalveren, gedurende de periode 1992 tot en met 1996. Daarnaast is de werkelijk opgenomen hoeveelheid stikstof is vergeleken met de prognose en zijn suggesties gedaan om het verschil te verminderen.

In het laatste hoofdstuk 6 worden consequenties van de gevonden resultaten op het bedrijfssysteem De Marke weergegeven. Een samenvatting van de effecten van de verschillende maatregelen op de ammoniakemissie worden beschreven. Kort wordt hierbij ook ingegaan op de ammoniakemissie uit de mestopslag buiten de stal. Een beschrijving wordt gegeven over de effectiviteit, kosten versus reductie ammoniakemissie, van een aantal milieumaatregelen die op De Marke getroffen zijn. Uiteindelijk worden een aantal suggesties gedaan voor een verdere optimalisatie van het bedrijfssysteem.



2 Mestproductie en -opslag

**G.J. Hilhorst
De Marke**

Inhoudsopgave

2.1 Inleiding	1
2.2 Bedrijfsuitrusting en waarnemingen	1
2.2.1 Mestopslag.....	1
2.2.1.1 Beschrijving van het systeem	1
2.2.1.2 Mestbemonstering..	2
2.2.1.3 Mesthoeveelheidsmeting	2
2.2.2 Mestafvoersysteem	3
2.2.2.1 Beschrijving van het systeem	3
2.3 Resultaten	3
2.3.1 Mestproductie en -samenstelling	3
2.3.1.1 Overzicht gerealiseerde waarden	3
2.3.1.2 Afvalwater in de mest..	5
2.3.1.3 Vergelijking berekende en gemeten mestproductie..	6
2.3.1.4 Weidemestproductie melkkoeien	7
2.3.1.5 Mestproductie per koe per dag	8
2.3.1.6 Vergelijking met de verwachting	9
2.3.1.7 Vergelijking met praktijkcijfers	9
2.3.2 Mestafvoersysteem	10
2.3.2.1 Ervaringen, problemen en oplossingen	10
2.3.2.2 Kosten	12
2.4 Conclusies	14
2.5 Literatuurlijst	15

2.1 Inleiding

De Marke streeft naar een hoge benutting van stikstof, fosfaat en kalium. Mest is een belangrijke schakel in de mineralenkringloop van een melkveebedrijf. De mineralen die in de mest terecht komen zijn voor het dier verloren maar voor het bedrijf niet. Ze kunnen als meststof dienen voor bodem en gewassen en zo in de kringloop blijven en opnieuw worden benut. De dierlijke mest vormt dus de koppeling tussen dierlijke en plantaardige productie als basis voor de bemesting. Maar ook vormen de door het dier uitgescheiden mineralen (vooral stikstof) een belangrijke bron van mineralenverlies. Het is voor De Marke dus zaak de door het vee uitgescheiden mineralen zoveel mogelijk te benutten. Hiervoor zijn maatregelen in de stal, mestopslag en management genomen (Biewinga, e.a., 1992).

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de opslag, metingen van de mesthoeveelheid en bemonstering van de mest. Verder wordt berekend hoeveel afvalwater jaarlijks in de mest terecht komt en wat de mestproductie en -samenstelling de laatste jaren is geweest. De gemeten mestproductie en -samenstelling worden vergeleken met verwachtingen vanuit de voeropname, met verwachtingen bij de start van het bedrijf en met praktijkgemiddelden.

Om verliezen in de stal te beperken is gekozen voor een mestafvoersysteem dat de urine snel afvoert naar een afgesloten opslag. Een beschrijving van dit systeem, de ervaringen hiermee en de jaarlijkse kosten ervan komen eveneens in dit hoofdstuk aan de orde.

2.2 Bedrijfsuitrusting en waarnemingen

2.2.1 Mestopslag

2.2.1.1 Beschrijving van het systeem

Onder de mestgangen van de ligboxenstal is een mestkelder aanwezig waar de mest van de melkkoeien, droogstaande koeien en het oudste jongvee (ouder dan 1 jaar) in komt. De inhoud hiervan is 490 m³. Een gedeelte van de stal en ook een gedeelte van de mestkelder is afgescheiden voor waarnemingen aan voeropname en mestproductie van een proefgroep. In deze kelder komt geen spoelwater en/of perssap. De inhoud van deze proefgroepkelder is 90 m³.

Buiten de stal is een gesloten betonnen meststilo aanwezig waarin 1400 m³ mest kan worden opgeslagen. Alle geproduceerde mest komt voordat deze wordt aangewend in de meststilo. In de meststilo is de mest goed te mixen en te bemonsteren. Om onderzoeksredenen is gekozen voor een gesloten mestopslag i.p.v. een afgedekte opslag.

Bij nieuwbouw van een emissiearme stal zoals op De Marke, met een dichte vloer, is mestopslag buiten de stal goedkoper dan mestopslag onder de stal. Bij de bouw van het bedrijf waren er nog maar weinig typen emissie-armestallen beschikbaar en was weinig bekend over emissie en praktische bruikbaarheid. Om hiermee op De Marke flexibel om te kunnen gaan is gekozen voor een beperkte mestopslag onder de stal. Het doel hiervan is om bij eventuele vervanging van de dichte hellende stalvloer door een stalvloer waarbij een onderliggende kelder noodzakelijk is geen hoge verbouwkosten te krijgen.

Onder de jongveestal zijn drie mestkelders aanwezig met een gezamenlijke inhoud van 100 m³. De totale opslagcapaciteit bedraagt ruim 2000 m³ en daarmee voldoet de mestopslag aan de eis om de mest van half juli tot maart te kunnen opslaan. Bij de bouw zijn eisen gesteld aan het mest- en waterdicht maken van de mestopslagen. Daarmee wordt ook voorkomen dat er grondwater kan toetreden en mest wegloopt.

In de mestkelder onder de melkveestal wordt het water opgevangen dat wordt gebruikt voor het schoonspuiten van de melkstal, de afkalf- en ziekenstal. Daarnaast komt er sporadisch water in de mestkelder wanneer delen van de stal worden schoongemaakt. In de mestkelder van de jongveestal wordt water opgevangen dat gebruikt wordt voor het schoonspuiten van deze stal en voor het dagelijks

reinigen van melkemmern etc. In paragraaf 2.3.1.2 wordt nader ingegaan op de hoeveelheden water in de mest.

Naast de opslag van de drijfmest is er ook een mestvaalt op De Marke aanwezig. De jongste kalveren (tot ± 5 maand) zijn gehuisvest in een potstal. De strorijke mest uit deze stal komt op de mestvaalt. Van deze groep dieren wordt de vaste mestproductie niet gemeten en omdat van deze groep ook geen voeropname gemeten wordt blijft deze groep in dit rapport buiten beschouwing.

2.2.1.2 Mestbemonstering

Voordat een opslageenheid wordt bemonsterd wordt de mest goed gemixed. In de mestsilos gaat dat goed omdat de silo rond is en de elektrisch aangedreven mixer in hoogte versteld kan worden. Ook kan het mixen redelijk goed gecontroleerd worden. De mest in de mestsilos wordt elke keer bemonsterd wanneer er mest wordt uitgereden, aan het begin en einde van de weide- en stalperiode en nadat mest overgepompt is vanuit andere opslageenheden.

De kelder in de ligboxenstal is slecht te mixen omdat een groot gedeelte van de mest via de eindafstorten van de dichte vloer in de kelder komt. Deze mest komt dan juist in de 'dode' hoeken van de kelder te liggen en wordt daarom onvoldoende meegenomen in de meststroom. Het mixen gaat het beste bij een halfvolle mestkelder omdat dan de meststroom het snelste rondgaat. Het bemonsteren van de mest kan in de mixerput en onder de vier afstortroosters. De mest onder de jongveeafdeling van de ligboxenstal kan niet apart worden bemonsterd. Bij het mixen wordt deze mest gemengd met de mest van de melkkoeien. Er wordt aangenomen dat na mixen de mest in de gehele mestkelder van dezelfde kwaliteit is. Bij het ontwerpen van de stal blijkt onvoldoende rekening gehouden met de gestelde eis dat de mest goed te mixen en de mestproducties en mestsamenstellingen goed te meten moeten zijn. De mest in de proefgroepkelder is met een elektrische stationaire mixer goed te mixen. De bemonstering kan alleen plaatsvinden in de mixerput. Deze kelder wordt evenals de andere kelder onder de ligboxenstal aan het begin en einde van weide- en stalperiode bemonsterd en soms tussentijds. De drie mestkelders onder de jongveestal zijn niet te mixen. Dit betekent dat het nemen van betrouwbare mestmonsters van deze kelders moeilijk is. Gelukkig betreft het kleine opslageenheden welke maar twee keer per jaar worden bemonsterd (begin en einde weide- en stalperiode). Bij elke keer bemonsteren wordt een duplo monster genomen.

2.2.7.3 Mesthoeveelheidsmeting

De mesthoeveelheden worden met een peilstok gemeten. Van alle opslageenheden is bekend welke hoeveelheid bij elk mestniveau behoort. Het peilen gebeurt na het mixen omdat dan het mestniveau overal gelijk is.

Het juist aflezen van het mestniveau is moeilijk en secuur werk. In de mestsilos is elke cm mest 2.8 m^3 . In de ligboxenstal kan alleen gepeild worden in de mixerput en onder de vier afstortroosters. Hier wordt alle vaste mest met de mestschuif naartoe geschoven en vindt een ophoping van mest plaats. Dit betekent dat de kelder pas betrouwbaar gepeild kan worden als de mest goed gemixed is en het mestniveau zich gestabiliseerd heeft.

Omdat in de jongveestal de mestkelders niet gemixed kunnen worden is daar de hoeveelheidsmeting weinig betrouwbaar.

2.2.2 Mestafvoersysteem

Eén van de methoden om stalemissie te beperken is het aanpassen van het mestafvoersysteem en de mestopslag. Bij de start van het bedrijf waren nog maar weinig praktijkrijpe systemen beschikbaar (nu zes jaar later nog steeds niet veel). Op basis van kort vooronderzoek aan een dichte vloer is voor het huidige systeem ge kozen.

2.2.2.1 Beschrijving van het systeem

Om de stalemissie te beperken is in de melkveestal een dichte vloer aangelegd. De vloer bestaat uit prefabbetonelementen die met een helling van 3% naar het midden aflopen. De urine stroomt snel af naar de giergoot die in het midden van de vloer ligt en wordt afgevoerd naar een kelder onder de mestgang. De mest wordt door een mestschuif afgevoerd naar dezelfde kelder. De mestschuif wordt verplaatst door een ketting en gaat 29 keer per dag over de mestgang. Uit vooronderzoek is gebleken dat een dichte, hellende, betonnen vloer met giergoot en schuif een ammoniakemissiereductie geeft van 50 tot 60% t.o.v. een combinatie roostervloer met kelder (Biewinga, e.a., 1992).

Vanwege de flexibiliteit voor het onderzoek is ervoor gekozen om onder de mestgangen een mestopslag te bouwen. De hellende vloer kon daarom niet ter plekke worden gestort en is uitgerust met prefab-elementen. T.b.v. het onderzoek zijn er drie typen afwerkingen op de betonelementen aangebracht: epoxytroffel, epoxycement en kaal beton.

2.3 Resultaten

2.3.1 Mestproductie en -samenstelling

2.3.1.1 Overzicht gerealiseerde waarden

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de mestproductie op stal van de laatste vier jaren opgesplitst naar weide- en stalperiode. De voorraden mest zijn aan het begin en einde van de weide- en stalperiode gemeten en bemonsterd. De uitgereden hoeveelheden zijn berekend aan de hand van de perceelsoppervlakte en de gift per ha. Per aanwendingsdatum is de mest bemonsterd. De mestproductie wordt berekend als: hoeveelheid einde periode + uitgereden in de periode - hoeveelheid begin periode. De berekende mestproductie is dan incl. spoelwater en perssap. In paragraaf 2.3.1.2 wordt berekend dat dit 340m³ per jaar is. De productie van vaste mest door de jongste kalveren is niet in de berekening meegenomen.

Om mestproducties en -samenstellingen te kunnen vergelijken moeten ze omgerekend worden naar een zelfde drogestofgehalte. Het landelijke gemiddelde drogestofgehalte van rundveedrijfmest is 9% (KWIN-V, 1997) en daarom wordt alles omgerekend naar dit drogestofgehalte.

Tabel 2.1 Mestproductie en -samenstelling 1992 - 1996 (excl. weidemest)

periode	werkelijke gemeten waarde					omgerekend naar 9% ds				gemeten		
	m ³	ds	kg/ton			m ³	kg/ton			Nt	kg	
			N t	P ₂ O ₅	K ₂ O		N t	P ₂ O ₅	K ₂ O		P ₂ O ₅	K ₂ O
Weideperiode												
1992	652	66	4.45	1.29	6.07	480	6.05	1.76	8.24	2918	848	3976
1993	810	54	3.96	1.01	4.97	489	6.56	1.66	8.23	3226	818	4047
1994	754	81	3.76	1.59	6.70	679	4.18	1.76	7.45	2848	1201	5077
1995	1003	64	3.27	1.03	4.91	711	4.61	1.46	6.92	3295	1042	4945
gemiddeld	805	66	3.80	1.21	5.58	590	5.18	1.65	7.61	3072	977	4511
Stal periode												
92/93	1754	73	3.78	1.34	6.47	1423	4.66	1.65	7.98	6661	2354	11408
93/94	1650	91	4.14	1.23	5.57	1662	4.10	1.22	5.53	6858	2037	9236
94/95	2091	60	3.07	0.91	4.65	1403	4.58	1.36	6.93	6452	1917	9767
95/96	1641	79	3.81	1.14	5.99	1446	4.32	1.29	6.79	6277	1876	9871
gemiddeld	1784	75	3.66	1.14	5.62	1484	4.40	1.37	6.75	6562	2046	0071
Jaar												
92/93	2406	71	3.96	1.32	6.36	1903	5.01	1.67	8.05	9579	3202	5384
93/94	2460	79	4.08	1.16	5.37	2151	4.66	1.32	6.14	10083	2856	3283
94/95	2845	66	3.25	1.09	5.19	2082	4.45	1.49	7.10	9299	3118	14845
95/96	2644	73	3.60	1.10	5.58	2157	4.42	1.35	6.84	9572	2918	14817
gemiddeld	2589	72	3.70	1.16	5.61	2074	4.62	1.45	7.00	9633	3024	14582

Uit de tabel blijkt dat het ds-gehalte van de mest behoorlijk varieert. Van 54 kg ds/ton in weideperiode 1993 tot 81 in weideperiode 1994. Ook in de stalperiode is de variatie groot (60 tot 91 kg ds/ton). Allerlei zaken kunnen deze variatie veroorzaken: werkelijke verschillen in drogestofuitscheiding of urinevolume, verdunning van de mest en meetfouten. In de mest vinden een aantal processen plaats. Zo kunnen bacteriën een deel van de drogestof afbreken waardoor het drogestofgehalte zal dalen terwijl de mineralenhoeveelheden gelijk blijven.

Omdat alleen de mestproductie op stal gemeten wordt, is de gemeten mesthoeveelheid in de weideperiode minder dan in de stalperiode. De duur van de weideperiode is korter dan de duur van de stalperiode. Opvallend is dat de mestproductie in de weideperioden van 1994 en 1995, omgerekend naar 9% ds veel hoger is dan in de weideperioden van 1992 en 1993. In 1994 en 1995 zijn de melkkoeien beweid volgens het siëstassysteem. Dit betekent dat de koeien alleen 's morgens en 's avonds in de weide lopen. Het aantal uren dat de dieren buiten lopen is nauwelijks verschillend van het systeem van alleen overdag weiden. De drogestofopname, het aantal dieren en de lengte van de weideperioden verschillen eveneens nauwelijks. Een groot gedeelte van het verschil in gemeten mestproductie (± 200 m³) tussen de zomers kan worden toegeschreven aan een wijziging in het dagelijkse patroon van mest- en urine-uitscheiding. In paragraaf 2.3.1.4 wordt hier verder op ingegaan.

In tabel 2.1 staan ook de gemeten hoeveelheden stikstof, fosfaat en kalium. Bij analyse van deze cijfers blijkt dat in de weideperioden van 1994 en 1995 de fosfaat en kalium productie veel hoger was dan in 1992 en 1993. Er is meer mest in de stal opgevangen. De stikstof productie was in de weideperioden 1992 t/m 1995 gelijk. Uit de voeropname blijkt dat de stikstofbenutting van de melkkoeien in de zomer van 1994 hoog was. Bij siëstabeweidings wordt de stikstofbenutting hoger en daalt de concentratie van stikstof in de mest. Bij een toename van de mestproductie op stal blijft dan de stikstofproductie op stal gelijk.

In de stalperioden was er een geleidelijke daling van de stikstof- en fosfaatproductie Dit is het gevolg van een geleidelijke toename van de benutting van stikstof en fosfor door de melkkoeien. De kaliumproductie in de stalperioden laat een wisselend beeld zien.

Het stikstofgehalte in de mest daalde met 3% per jaar van 5,01 in 1992 naar 4,42 kg/ton in 1996. De eerste jaren was de daling groter dan het laatste jaar.

Het fosfaatgehalte daalde van 1,67 naar 1,35 kg/ton. Dit is gemiddeld 5% per jaar maar deze daling was niet structureel. De eerste jaren was deze daling groter dan de laatste jaren. Verder is er geen trend waarneembaar. De fosforbenutting is in de loop der jaren wel iets gestegen van onder de 30% tot ruim boven de 30%.

Het kaliumgehalte in de mest daalde van 8,05 in 1992 naar 6,84 kg/ton in 1996. De daling was niet elk jaar zichtbaar en een duidelijke trend is niet waarneembaar.

De mest in de weideperiode heeft gemiddeld hogere gehalten dan de mest in de stalperiode. Vooral het fosfaatgehalte is hoger. Vanuit de voeropname is hier geen duidelijke verklaring voor te geven. De benutting van fosfor is in de weideperiode gemiddeld hoger dan in de stalperiode maar de verschillen zijn te klein om duidelijke conclusies te trekken.

De gecorrigeerde mestproductie naar 9% ds is over de afgelopen vier jaar vrij constant geweest. Gemiddeld werd bijna 2100 m³ mest per jaar geproduceerd incl. afvalwater.

2.3.1.2 Afvalwater in de mest

Een probleem bij de mestproductiemetingen is het afvalwater dat in de mestkelders terecht komt, Van praktijkbedrijven zijn hierover weinig gegevens bekend. Op De Marke worden de waterstromen zoveel mogelijk gemeten waarbij ook inzicht wordt verkregen in de hoeveelheid afvalwater die in de mestkelder komt. In tabel 2.2 staat hiervan een overzicht.

De grootste waterstroom is het dagelijks schoonspuiten van de melkstal en het maandelijks schoonspuiten van de afkalfstal. Per dag wordt 510 l water verbruikt voor het schoonspuiten van de melkstal. Al dit afvalwater komt in de mestkelder. Dit is veel meer dan de norm van 192 l per dag (8 l/melkstand/keer). Oorzaken voor het hogere verbruik zijn: groter bevuild vloeroppervlakte, terugloopgang welke elke keer schoongespoten wordt en een weegbrug in de terugloopgang waardoor extra mest in de melkstal komt. Voor het schoonspuiten van de melkstal wordt niet alleen leidingwater gebruikt maar ook het naspoelwater van de melkinstallatie (200 l/dag) en het naspoelwater van de melkkoeltank (35 l/dag). De melkkoeltank werd tot voor kort één keer per twee dagen gelegeerd maar nu één keer per drie dagen en dat betekent dat er nu per dag maar 23 l hergebruikt kan worden. Het water voor het schoonspuiten van het tanklokaal komt niet in de mestkelder maar in het riool. Dagelijks is dit 28 l.

Gemiddeld één keer per maand wordt de afkalfstal schoongespoten. Per keer is hiervoor 780 l nodig. Dit water komt allemaal in de mestkelder. Tezamen met het afvalwater van de melkstal is dit 200 m³ per jaar.

Sinds juni 1994 is in de stal een sproeileiding aanwezig over de lengte van één gehele mestgang. Later is de leiding met de lengte van een halve mestgang uitgebreid. Het doel van deze sproeileiding is het begaanbaar houden van de vloer (zie paragraaf 2.3.2.1).

Het waterverbruik van deze leiding is 70 m³ per jaar waarvan 80% in de zomerperiode wordt verbruikt. Voor installatie van de leiding werd de vloer in de zomerperiode nat gegooid met emmers water. Hierbij werd in de zomer evenveel water verbruikt als in een heel jaar met de sproeileiding.

In de jongveestal wordt water gebruikt voor het dagelijks schoonmaken van de melkemma's en voor het schoonspuiten van de eenlingboxen en de stal. Per jaar gaat het om 10 m³.

Perssap vanaf de voeropslagen komt op De Marke maar weinig voor. In 1992 werd nog perssap van het bietenblad opgevangen maar de jaren daarna werd het bietenblad en ook de nattere partijen gras boven op drogere producten ingekuuld. Uit deze kuilen is geen meetbare hoeveelheid perssap getreden. De mestvaalt heeft een afvoergoot naar een kelder. Het regenwater en het uittredende vocht van de mestvaalt wordt in deze kelder opgevangen. Dit is gemiddeld 60 m³ per jaar. Dit 'water' wordt in de

mestkelder van de ligboxenstal gepompt om de mest goed te kunnen mixen en komt daarna weer in de mestsilos.

Tabel 2.2 Afvalwater in de mest (m³ per jaar)

	gemeten	verwacht
schoonspuiten melkstal en afkalfstal	200	200
- leidingwater 274 l/dag		
- naspoelwater 200 l/dag		
- tankspoelwater 35 l/dag		
- afkalfstal 780 l/keer; 12 keer per jaar		
sproeiinstallatie mestgangen (80% in de zomerperiode)	70	
jongveestal	10	
persapkelder/mestvaalt	60	100
regenwater		154
totaal	340	454

In totaal komt er jaarlijks 340 m³ afvalwater in de mest terecht. Dit is minder dan bij de aanvang van het bedrijf werd verwacht (Biewinga, e.a., 1992). Toen werd ervan uitgegaan dat al het reinigingswater van de melkinstallatie en melkkoeltank en ook een klein deel van het regenwater van voeropslagen en gedeelten van het erf zouden worden opgevangen en in de mest terecht zouden komen. Er is toen geen rekening gehouden met water toevoeging aan de mest door een sproeiinstallatie boven de mestgang(en) omdat problemen met een te gladde vloer niet voorzien werden.

Van de jaarlijkse hoeveelheid spoelwater wordt 172 m³ in de weideperiode geproduceerd (in 156 dagen) en 168 m³ in de stalperiode (208 dagen).

2.3.1.3 Vergelijking berekende en gemeten mestproductie

In het vorige hoofdstuk is uitvoerig ingegaan op de voeropname van de verschillende diergroepen in de weide- en stalperioden. Er is geconstateerd dat de dieren meer stikstof hebben opgenomen dan volgens de berekende behoefte noodzakelijk is. In de weideperiode is 20% teveel stikstof opgenomen en in de stalperiode 15%. Deze overmaat aan stikstof wordt uitgescheiden en komt in de mest.

In deze paragraaf wordt een vergelijking gemaakt tussen de gemeten mest- en mineralenproductie en de te verwachten mest- en mineralenproductie op basis van de voeropname. Deze vergelijking is alleen te maken voor de stalperiode en alleen voor de diergroepen welke volledig op stal staan. Van deze dieren komt alle geproduceerde mest in de opslag terecht en deze hoeveelheid mest kan gemeten worden. De weidemestproductie kan wel worden berekend maar niet worden bepaald en daarom is een vergelijking tussen berekende en gemeten mestproductie in de weideperiode niet mogelijk.

In tabel 2.3 staat een overzicht van de berekende mest- en mineralenproductie in de stalperiode. Van elke diergroep is bekend hoeveel en welk voer is opgenomen. M.b.v. de verteringscoëfficiënt kan berekend worden hoeveel kg-drogestof in de mestkelder komt. De gehanteerde verteringscoëfficiënten lopen uiteen van 48% voor maïsstro tot 80% voor krachtvoer en krachtvoervangers. Van de voersoorten zoals die op De Marke gevoerd worden zijn geen exacte verteringscoëfficiënten bekend. Vooral voor producten als maïsstro en mengkuilen moeten aannames worden gemaakt.

Voorts is berekend wat op basis van de voeropname de stikstof, fosfaat en kaliumuitscheiding is geweest. De uitscheiding is het verschil tussen de voeropname en de som van de melkproductie en groei. In de berekening is er vanuit gegaan dat de stofwisselingsverliezen 1% van de opgenomen kg stikstof zijn (Biewinga, e.a., 1992) en dat er per stal- en weideperiode 250 kg stikstof emissie vanuit de stal optreedt (Middelkoop).

Om de gemeten mestproducties om te rekenen naar kg-drogestof moet naast het drogestofgehalte en de gemeten hoeveelheid (in m³) de dichtheid van de mest bekend zijn. Hier zijn in de literatuur weinig gegevens van bekend. Tot najaar 1996 werd gerekend met een dichtheid van 1040 kg/m³ voor dunne rundveedrijfmest maar daarna is de dichtheid van deze mestsoort veranderd in 1005 kg/m³ (KWIN-V, 1997). Met deze dichtheid zijn de gemeten hoeveelheden omgerekend naar gewichtseenheden.

Tabel 2.3 Vergelijking **gemeten** en berekende mestproductie in de stalperiode

	gemeten in de opslag				berekend vanuit voeropname				verschil gemeten t.o.v. berekend (%)					
	tonds	kgNt	kgP ₂ O ₅	kgK ₂ O	tonds	kgNt	kgP ₂ O ₅	kgK ₂ O	d	s	N	t	P ₂ O ₅	K ₂ O
92/93	129	6911	2354	11408	106	6567	2322	10447	18	5	1		8	
93/94	151	7108	2037	9236	133	7386	2485	11922	11	-4	-22		-29	
94/95	127	6702	1917	9767	133	7555	2166	10661	-5	-13	-13		-9	
95/96	131	6527	1876	9871	117	6468	1893	9922	11	1	-1		-1	
gem.	134	6812	2046	10071	122	6994	2217	10738	9	-3	-8		-7	

Gemiddeld over de vier stalperiodes is er 9% meer drogestof gemeten dan berekend. Misschien zijn de gebruikte verteringscoëfficiënten van een aantal voedermiddelen te hoog ingeschat. De stalperiode van 94/95 valt op met een verschil van -5%.

De verschillen in stikstof-, fosfaat- en kaliumuitscheiding zijn veel kleiner (resp. -3, -8 en -7%). De verschillen per stalperiode zijn groot maar wat opvalt is dat voor alle mineralen er gemiddeld meer uitscheiding wordt berekend dan wordt gemeten.

Gezien alle aannames en fouten welke gemaakt kunnen worden in de berekening van de mineralenuitscheiding en het meten van de mest- en mineralenhoeveelheid is een verschil onder de 10% acceptabel.

2.3.1.4 Weidemestproductie melkkoeien

De mest van de dieren welke volledig buiten lopen is niet gemeten. Een gedeelte van de mest van de melkkoeien komt tijdens de weideperiode in de weide terecht. Deze hoeveelheid is niet gemeten maar is wel te berekenen. Het verschil tussen de berekende mestproductie op basis van de voeropname van alle dieren welke geheel of gedeeltelijk op stal staan en de gemeten mestproductie van deze dieren op stal is de weidemestproductie van de melkkoeien. In paragraaf 2.3.1.3 is een vergelijking gemaakt tussen berekende en gemeten mestproductie in de stalperiode en hier is een klein verschil geconstateerd (< 10%). Bij de berekening van de weidemestproductie wordt dit verschil aan de weidemestproductie van de melkkoeien toegeschreven. In tabel 2.4 staat een overzicht van de berekende weidemestproductie van de melkkoeien.

Tabel 2.4 Berekende weidemestproductie van de melkkoeien

	weidemest melkkoeien				totaal mest melkkoeien				% weide mest van totale mest					
	berekend-gemeten		hoeveelheid		berekend vanuit voeropname									
	tonds	kgNt	kgP ₂ O ₅	kgK ₂ O	tonds	kgNt	kgP ₂ O ₅	kgK ₂ O	d	s	N	t	P ₂ O ₅	K ₂ O
1992	30	1791	630	2769	62	4542	1332	6099	48	39	47		45	
1993	39	1377	754	2611	65	4085	1360	5636	60	34	55		46	
1994	11	1093	-37	454	58	3756	1021	4831	18	29	-4		9	
1995	16	1757	519	1806	64	4638	1372	5854	25	38	38		31	
gem.	24	1505	467	1910	62	4255	1271	5605	38	35	37		34	

In paragraaf 2.3.1.1 werd al geconstateerd dat er bij siëstabeweiding meer mest in de stal terecht komt. Uit tabel 2.4 blijkt eveneens dat er bij siëstabeweiding veel minder mest in de weide terecht komt en meer in de stal. In de zomers van 1992 en 1993 is er gangbaar beperkt beweide en kwam 54% van de geproduceerde mest van de melkkoeien in de weide terecht. Tijdens de siëstabeweiding in de zomers

van 1994 en 1995 kwam maar 22 % van de geproduceerde mest van de melkkoeien in de weide terecht. Bij de siëstabeweiding op De Marke kwam ruim 30% meer mest in de opslag terecht dan bij gangbaar beperkt beweiden. Voordeel hiervan is dat deze mest beter aangewend en verdeeld kan worden en daardoor beter benut wordt. Nadeel zijn de extra kosten voor opslag en aanwending. Siëstabeweiding vermindert het risico van uitspoeling van mineralen t.o.v. het gangbare beperkt beweiden.

De hoeveelheid stikstof in de weidemest was in de vier jaren vrijwel gelijk. Ondanks meer mest in de opslag is er niet meer stikstof in de opslag gemeten. Door de toegenomen stikstofbenutting daalt de concentratie van stikstof in de mest. Bij een toename van de mestproductie op stal blijft dan de stikstofproductie op stal gelijk.

De hoeveelheid fosfaat en kalium in de weidemest was in de jaren waarin siëstabeweiding is toegepast lager dan in de jaren daarvoor. De concentratie in de mest is gelijk gebleven en dat geeft bij een kleinere hoeveelheid geproduceerde mest een kleinere hoeveelheid fosfaat en kalium. De weideperiode van 1994 laat een vreemde hoeveelheid fosfaat en kalium zien. Waarschijnlijk is dit ontstaan door monsterfouten in de gemeten mesthoeveelheid. De gemeten hoeveelheden fosfaat en kalium zijn in deze weideperiode hoger dan in de overige perioden. De mesthoeveelheid is wel juist maar de fosfaat- en kaliumgehalten zijn veel hoger (resp. 1.59 en 6.70 kg/ton, zie tabel 2.1). De gemeten fosfaat- en kaliumhoeveelheden zijn daardoor hoog en dat geeft (te) kleine hoeveelheden in de weidemest.

De weidemestproductie zou ook nog op een andere wijze berekend kunnen worden. Het verschil tussen de gemeten mesthoeveelheid tijdens de stalperiode in de opslag en de gemeten mesthoeveelheid tijdens de weideperiode in de opslag is de hoeveelheid weidemest van alle dieren in de weideperiode. Bij deze berekening moet wel gecorrigeerd worden voor aantal dieren en dagen en moet de mest- en mineralenproductie in weideperiode en stalperiode gelijk zijn. Omdat onduidelijk is of de laatste bewering juist is, is in dit rapport deze berekening van de weidemesthoeveelheid niet gemaakt.

2.3.1.5 Mestproductie per koe per dag

Van de stalperiode is exact bekend hoeveel mest er op stal geproduceerd is. Deze gemeten mesthoeveelheid is niet alleen de mest van de melkkoeien maar ook de mest van de droge koeien, pinken en kalveren (leeftijd 6-12 mnd). Dit maakt het moeilijk om een mestproductie per koe per dag te berekenen. In deze paragraaf wordt toch deze berekening gemaakt en vergeleken met praktijkcijfers. Volgens KWIN-V (1997) produceert een pink 30 l mest per dag en een kalf (leeftijd 0-1 jr) 15 l mest per dag. In de berekening in tabel 2.5 is ervan uitgegaan dat de pinken op De Marke ook 30 l mest per dag produceren en de kalveren (leeftijd 6-12 mnd) 23 l mest per dag produceren. Van elke stalperiode is bekend hoeveel strooisel er verbruikt is en hoeveel water er in de mestopslag is gekomen (zie paragraaf 2.3.1.2). Deze hoeveelheden zijn op de gemeten mesthoeveelheid in mindering gebracht. In tabel 2.5 is de mestproductie per koe per dag berekend. De hoeveelheid mest is op basis van de gemeten mesthoeveelheden en de mineralenproductie op basis van de voeropname. Omdat niet bekend is hoeveel mineralen het jongvee uitscheid is op basis van de gemeten mineralenhoeveelheden in de opslag de mineralenproductie van de koeien niet te berekenen.

Tabel 2.5 Mestproductie per koe per dag tijdens de stalperiode

	mestproductie / periode (m ³)				l/koe /dag	productie koe/dag (kg)		
	totaal	pinken	kalveren	koeien		Nt	P ₂ O ₅	K ₂ O
92/93	1265	145	52	1068	63	0.37	0.13	0.57
93/94	1470	126	82	1262	69	0.38	0.13	0.59
94/95	1265	121	59	1086	62	0.41	0.12	0.56
95/96	1264	113	74	1076	66	0.35	0.10	0.54
gem.	1323	127	67	1130	65	0.38	0.12	0.56

Volgens KWIN-V (1997) produceert een melkkoe met een melkproductie van 8.000 kg per jaar 62 l mest per dag. De melkkoeien en droogstaande koeien op De Marke produceren 65 l per dag en dat is vrijwel gelijk aan de norm.

De melkkoeien worden volgens de norm gevoerd en dat betekent dat er geen uitschieters kunnen zijn in de opgenomen mineralenhoeveelheden. Omdat de uitscheiding van mineralen van de melkkoeien op basis van de voeropnames zijn berekend is deze uitscheiding elke stalperiode vrijwel gelijk.

2.3.1.6 Vergelijking met de verwachting

Wanneer we een vergelijking maken tussen mestproductie en -samenstelling zoals gemeten is en verwacht werd moeten we eerst weten hoe de voeding is geweest t.o.v. wat werd verwacht. In het vorige hoofdstuk van dit rapport is al gemeld dat de totaal opgenomen hoeveelheid voer van de gehele veestapel hoger is dan werd verwacht evenals de dekkingspercentages voor VEM, DVE en P. Ook was het OEB-niveau hoger dan werd verwacht en de stikstof- en fosfaatefficiëntie lager dan werd verwacht (Schans, van der)

Tabel 2.6 Mesthoeveelheid en -kwaliteit t.o.v. verwacht

	kg/ton			9%ds			kg/ton bij 9% ds			mineralen (kg)		
	m ³	ds	Nt	P ₂ O ₅	K ₂ O	m ³	N t	P ₂ O ₅	K ₂ O	Nt	P ₂ O ₅	K ₂ O
gemeten	2589	72	3.70	1.16	5.60	2074	4.62	1.45	7.00	9633	3024	14582
verwacht	2150	69	3.54	1.19	5.58	1640	4.64	1.56	7.31	7608	2564	11987
% verschil		5				26	0	-7	-4	27	18	22

Het volume van de mestproductie is fors hoger dan werd verwacht bij de start van het bedrijf (Biewinga, e.a., 1992). De verklaring hiervoor ligt deels in de hogere drogestof-opname.

Omdat het rantsoen afwijkt van het verwachte rantsoen is het niet verwonderlijk dat ook de gemeten samenstelling afwijkt van de verwachting. Voor stikstof is er geen verschil, voor fosfaat en kalium zijn de verschillen niet groot (resp. 7 en 4%). Wel opvallend is dat beide gehalten lager zijn dan verwacht.

Door de grote hoeveelheid mest en ondanks de lagere gehalten daarin zijn de hoeveelheden stikstof, fosfaat en kalium in de mest groter dan verwacht. Voor stikstof is dit 27%, voor fosfaat 18% en voor kalium 22% hoger dan verwacht bij de start van het bedrijf.

2.3.1.7 Vergelijking met praktijkcijfers

Nu de samenstelling van de mest van De Marke bekend is kan er een vergelijking gemaakt worden met praktijkbedrijven. Hiervan zijn in 1996 nieuwe cijfers beschikbaar gekomen op basis van mestanalysegegevens (KWIN-V, 1997). Individuele mestmonsters kunnen sterk van het gemiddelde afwijken. Het is interessant om een vergelijking met het gemiddelde te maken omdat daarmee inzicht verkregen wordt op welke punten de mest afwijkt en wat de oorzaken hiervan zijn. De vergelijking wordt gedaan voor de drijfmest van 95/96.

Tabel 2.7 Mestkwaliteit t.o.v. landelijk gemiddelde

	kg/ton				kg/ton bij 9% ds		
	ds	Nt	P ₂ O ₅	K ₂ O	Nt	P ₂ O ₅	K ₂ O
Met emissiearme stal							
De Marke 95/96	73	3.60	1.10	5.58	4.44	1.36	6.88
landelijk 1996	90				4.90	.80	6.80
% verschil	-19				-9	-25	1
Zonder emissiearme stal							
De Marke 95/96	73	3.29	1.10	5.58	4.06	1.36	6.88
landelijk 1996	90				4.90	1.80	6.80
% verschil	-19				-17	-25	1

Het ds-gehalte van de mest op De Marke is 19% lager dan in de mest van praktijkbedrijven. Van De Marke is bekend hoeveel afvalwater er in de mest zit (13% van het totale mestvolume). Van praktijkbedrijven is dit niet bekend en dus ook niet wat het ds-gehalte van de mest is zoals die uit de koe komt. Daarom is de samenstelling weer omgerekend naar een zelfde ds-gehalte.

Het stikstofgehalte is 9% lager dan in de praktijk, het fosfaatgehalte 25% lager en het kaliumgehalte 1% hoger. Verbetering van de efficiëntie in de voeding van De Marke t.o.v. de praktijk zou moeten leiden tot lagere stikstof- en fosfaatgehalten terwijl een emissiearmest, zoals op De Marke aanwezig, tot hogere stikstofgehalten in de mest zou moeten leiden. Beide maatregelen zijn toegepast en hebben samen geleid tot een lager stikstofgehalte.

In hoofdstuk 4 van dit rapport staat dat van de uitgescheiden mest 4.9% vervluchtigd en dat de stikstofemissie van een roostervloerstal 13% hoger is dan van de hellende vloer op De Marke. Met deze gegevens en met de gemeten mest- en stikstofhoeveelheden is te berekenen dat wanneer er op De Marke geen emissiearme stal zou staan het stikstofgehalte in de drijfmest geen 4.44 kg/ton zou zijn maar 4.06 kg/ton (bij 9% ds). Het gehalte is daarmee 17% lager dan in de praktijk.

De emissiearmest op De Marke verhoogt het stikstofgehalte in de mest van 4.06 naar 4.44 kg/ton.

Het aanwenden van alle drijfmest in het groeiseizoen heeft geen extreem hoge kaliumgehalten in het voer veroorzaakt zoals in het verleden wel werd verwacht. De kaliumgehalten in de mest wijken nauwelijks af van de praktijk.

Op dit moment is er nog geen stabilisatie van de gehalten in de mest. Hoe de gehalten zich in de toekomst ontwikkelen is op basis van de laatste vier jaar nauwelijks te voorspellen.

2.3.2 Mestafvoersysteem

2.3.2.1 Ervaringen, problemen en oplossingen

Al vrij snel nadat er koeien in de stal kwamen bleek dat de vloer erg glad werd. Vooral 's zomers wanneer de koeien een gedeelte van de dag buiten lopen droogt de vloer op en vormt zich een mestkoek. Deze koek wordt wanneer de koeien weer in de stal komen door urine bevochtigd en dan ontstaat er een spekgladde vloer. De begaanbaarheid van deze vloer is voor zowel mens als dier slecht. Koeien lopen krampachtig en glijden uit. In de afgelopen vijf jaar zijn hierdoor 3 koeien verongelukt. Verder zijn er een aantal koeien geweest met beenproblemen die mogelijk verband houden met de gladde vloer. De grootste problemen deden zich voor op de mestgang achter het voerhek omdat het koeieverkeer hier het minst intensief is. Verschillende keren gleden koeien uit welke met de kop door het voerhek stonden. Pas na veel krachtsinspanning of verwijderen van het voerhek konden de koeien worden bevrijd. Met betrekking tot gladheid is geen verschil geconstateerd tussen de verschillende afwerkingen van de betonvloer.

Het is gevaarlijk wanneer koeien in de ligboxen afkalven omdat de pasgeboren kalveren door de mestschuif kunnen worden meegenomen. Op De Marke worden alle koeien voor afkalven in de afkalfstal gezet maar desondanks heeft het bovengenoemde probleem zich een enkele keer voorgedaan.

Er is gezocht naar oplossingen voor de gladde vloer. Het verbeteren van de mestschuif om de vloer schoner te laten schuiven waardoor koekvorming wordt voorkomen gaf niet het gewenste resultaat. Om de vloer ruwer te maken is deze in 1993 en 1995 gezandstraald. Het positieve effect hiervan was maar tijdelijk. Na verloop van tijd wordt de afwerklaag toch weer glad en ook na het zandstralen van de vloer bleek het nodig om de vloer te bevochtigen.

In eerste instantie werd dit handmatig gedaan. Met emmers werd het water over de vloer gegooid. Aanschaf van een spoelschuif op één mestgang zou een investering betekenen van f 27.000,-. Nadeel van dit spoelschuif-systeem is dat het technisch gecompliceerd is, veel water verbruikt en duur is. Daarom is gezocht naar een alternatief en dat is gevonden in de vorm van een sproeiinstallatie. In juni 1994 is deze installatie aangeschaft. Deze bestaat uit een leiding, rechtstreeks gekoppeld aan de waterleiding, met om de halve meter een nozzle. De leiding hangt op een hoogte van 2½ meter boven de mestgang. Op de leiding kan waterdruk worden gezet waardoor het water door de nozzels verneveld wordt en de mestgang bevochtigt. Door dit in de zomerperiode meerdere keren per dag te doen kan de vloer vochtig gehouden worden. Het sproeien gebeurt direct nadat de koeien naar buiten zijn gegaan en vlak voordat ze weer op stal komen. De vloer wordt vochtig gehouden en blijft daarmee redelijk begaanbaar. Het systeem is simpel en vraagt weinig onderhoud. Het grootste probleem is dat de nozzels gevoelig zijn voor verstoppingen. Grote problemen met de begaanbaarheid hebben zich na installatie van de sproeileiding niet meer voorgedaan maar echt goed begaanbaar is de vloer niet geworden. Het bevochtigen van de vloer blijkt een noodzaak voor de begaanbaarheid. Daarnaast wordt door de werking van de mestschuiven de vloer minder ruw en is het noodzakelijk om de vloer d.m.v. zandstralen weer op te ruwen. Het lijkt erop dat dit eens per twee à drie jaar noodzakelijk is. Het zandstralen van de vloer kost f 2.500,- per keer.

Ook 's winters wordt de sproeileiding gebruikt. Minder frequent dan 's zomers en alleen als de koeien in de wachtruimte staan en dus niet onder de sproeileiding kunnen gaan staan.

Omdat de ervaringen met de sproeiinstallatie gunstig waren is ook de mestgang in de jongveeafdeling van de stal hiervan voorzien. In deze afdeling worden 's zomers ook de droogstaande koeien gehuisvest. In de koude winter van 95/96 vielen de problemen in de stal mee. Zelfs bij -14 °C in de stal functioneerden de mestschuiven nog goed. De schuifrequentie werd verhoogd om vastvriezen van de mest te voorkomen. Omdat de sproeiinstallatie dan niet gebruikt kan worden wordt de begaanbaarheid van de vloer wel minder. Omdat de mestkelder volledig is afgesloten blijft alle warmte van de mest in de mestkelder en koelt de vloer niet zo sterk af.

Een ander klein probleem zijn de afstortopeningen voor en achter in de stal. Deze openingen zijn te smal waardoor vooral dikke mest niet in de kelder valt. Bij de droogstaande koeien en het jongvee komt dit vaak voor evenals tijdens een koudeperiode wanneer de mest gaat vastvriezen.

Ondanks dat de vloer nu redelijk begaanbaar is, blijft de stalvloer toch een punt dat de komende tijd veel aandacht moet krijgen. Er zijn hoge indirecte kosten door extra afvoer van dieren en wellicht ook door been- en klauwproblemen. Daarmee zijn er ook extra mineralenverliezen. Centraal staat de vraag: hoe kunnen we op een simpele eenvoudige wijze de vloer goed begaanbaar houden en de emissie niet teveel laten stijgen. Duidelijk is dat dan de kelder zoveel mogelijk afgesloten moet blijven omdat de emissie anders te veel zal stijgen. Misschien kan in de vloer een profiel worden aangebracht. Een andere interessante ontwikkeling is de sleufvloer. Dit is een dichte vlakke vloer met het profiel van een rooster- vloer. De begaanbaarheid van deze vloer is gelijk aan een roostervloer.

2.3.2.2 Kosten

Op De Marke is een stal gebouwd welke afwijkt van een traditionele stal. De stal is emissiearm en heeft daarom geen roostervloer maar een dichte hellende vloer. Er zijn investeringen gedaan om de milieudoelen te kunnen behalen. Welke resultaten en welke milieudoelen met de stal worden bereikt komt verderop in het rapport aan de orde. Hier wordt een berekening gemaakt van de jaarlijkse meerkosten van de stal op De Marke. De kelder onder de stal wordt in de berekening niet meegenomen omdat deze kelder er alleen is gekomen voor onderzoeksdoeleinden.

Van belang voor het berekenen van de meerkosten van de stal is met welke stal er vergeleken wordt. Is dat een roostervloerstal met mestopslag onder de stal of een stal met een dichte vloer en mestopslag buiten de stal? De laatst genoemde stal is het goedkoopste staltype (Braam, e.a., 1996). Vooral bij grotere melkveestallen is mestopslag buiten de stal goedkoper dan onder de stal en dus een dichte vloer met mestschuif de goedkoopste stal. Praktisch gezien heeft deze stal een aantal nadelen en daarom wordt in de praktijk deze stal niet of nauwelijks gebouwd ondanks dat de stal goedkoper is. Voordeel van deze stal is dat deze relatief goedkoop kan worden verbouwd tot emissiearmeststal omdat er gemakkelijk een dichte hellende vloer kan worden ingelegd (Braam, e.a., 1996). Bij vervanging van de roostervloer boven een mestkelder door een dichte hellende vloer worden er hogere eisen gesteld aan de vloer en wordt deze duurder.

In tabel 2.8 wordt de stal van De Marke vergeleken met een praktijkstal en dat is een ligboxenstal met roostervloer en 6 maanden mestopslag onder de stal. De vergelijking wordt gemaakt voor een stal met 92 grootveeplaatsen en 27 jongveeplaatsen (lft. \pm 18 mnd). Omgerekend met de rekenregels voor emissiefactoren is dit een stal voor 1 07,5 standaarddierplaatsen. De investering voor genoemde praktijkstal is f 6460,- per dierplaats (Braam, e.a., 1996). Een stal met een dichte hellende vloer met giergoot, een mestschuif en 6 maanden mestopslag buiten de stal is qua investering f 88,- per dierplaats goedkoper dan de praktijkstal (Braam, e.a., 1996) en excl. mestschuif zelfs f 301,-. Oorzaak hiervan is dat bij stallen van deze omvang het goedkoper is om de mest buiten de stal op te slaan.

Tabel 2.8 Jaarlijkse meerkosten stal De Marke (incl. BTW, prijspeil 1996)

- uitgangssituatie: ligboxenstal 107,5 standaarddierplaatsen; roostervloer en 6 maanden mestopslag onder de stal:		
$f 6.460,- * 107,5 * (5 + 2 + 7 * 0,5) * 0,01 =$		<i>f</i> 72.917,-
- huidige situatie:		
- ligboxenstal 107,5 standaarddierplaatsen; dichte hellende vloer met giergoot (excl. mestschuif); 6 maanden mestopslag buiten de stal:		
$(f 6.460,- - f 301,-) * 107,5 * (5 + 2 + 7 * 0,5) * 0,01 =$		<i>f</i> 69.520,-
- coating: investering <i>f</i> 80,-/m ²		
$f 80,- * 410 * (20 + 2 + 7 * 0,5) * 0,01 =$		8.364,-
- mestschuif:		
afschrijving en rente: $213 * 107,5 * (7 + 7 * 0,5) * 0,01 =$		2.404,-
onderhoud (volgens nota's)		3.300,-
elektraverbruik: $0,55 * 5,32 * 0,15 * 2 * 365 =$		320,-
motorcapaciteit 0,55kW		
5,32 draaiuren per dag (29 keer à 11 min.)		
elektrakosten 15 ct/kWh (gem. dag/nachttarief)		
3 mestgangen 2 motoren		
- sproeiinstallatie: investering <i>f</i> 75,-/m		
$f 75,- * 70 * (5 + 2 + 7 * 0,5) * 0,01 =$		551,-
waterverbruik: 70 m ³ à <i>f</i> 2,-		140,-
uitrijden water: 70 m ³ à <i>f</i> 7,50		525,-
opslag water: investering <i>f</i> 47,-/m ³		
$f 47,- * 70 * (5 + 2,5 + 7 * 0,5) * 0,01 =$		362,-
Totale jaarlijkse kosten huidige situatie	<i>f</i>	85.486,-
Totale jaarlijkse kosten uitgangssituatie	<i>f</i>	72.917,-
Jaarlijkse meerkosten stal De Marke	<i>f</i>	12.569,-
Per standaarddierplaats (107,5 stuks)	<i>f</i>	117,-

Een coating op de vloer zorgt voor een lagere ammoniakemissie omdat de urine sneller afgevoerd wordt. In het volgende hoofdstuk staan de resultaten van de metingen. De investering van een coating bedraagt *f* 80,- per m² (Biewinga, e.a., 1992). De onderhoudskosten van de mestschuif zijn de werkelijke kosten van de afgelopen jaren. Van deze kosten is 70% materiaal en het overige deel arbeidskosten. Hier is de arbeid van de medewerkers van De Marke (zoals werkzaamheden voor het spannen van de ketting) niet meegenomen. Onderdelen welke vervangen worden zijn vooral lagers, geleidewielen en kettingen. Het waterverbruik van de sproeiinstallatie is 70 m³ per jaar wat neerkomt op ruim 2 l/koe/dag is. Een spoelschuif verbruikt minimaal 10 l/koe/dag om de vloer begaanbaar te houden. 80% van het water wordt in de zomer verbruikt. Dit water komt in de mestkelder en moet emissiearm worden uitgereden.

Vergeleken met een stal met roostervloer en mestopslag onder de stal zijn de jaarlijkse kosten van de stal op De Marke *f* 117,- per dierplaats hoger. Het IMAG-DLO heeft berekend dat een dichte hellende vloer met mestschuif en mestopslag buiten de stal jaarlijks *f* 107,- per dierplaats duurder is dan een roostervloer met mestkelder (bij 108 standaarddierplaatsen).

Per kg melk bedragen de meerkosten van de stal 1,9 cent. In een modelstudie van de LUW is berekend dat de meerkosten van de stal 2,7 cent/kg melk zijn (Deurzen, e.a., 1996). In die studie is gerekend met een stal van 80 melkkoeien terwijl in dit hoofdstuk een berekening gemaakt voor een stal van 107,5 standaarddierplaatsen.

Uit berekeningen met het AGBIS bouwkosten informatiesysteem blijkt dat de grootte van de stal en het type stal van veel grotere invloed zijn op de jaarlijkse kosten dan het type vloer in de stal.

Behalve hogere kosten geeft de stal ook een belangrijk praktisch probleem: de slechte begaanbaarheid.

Voordeel is lagere ammoniakuitstoot en dus vermindering van het stikstofverlies. Hoeveel dit is en wat de kosten zijn per gereduceerde kilogram stikstof wordt verderop in dit rapport behandeld.

2.4 Conclusies

Gerealiseerde waarden

De betrouwbaarheid van de mesthoeveelheidsmetingen en mestbemonsteringen in de mestkelders van De Marke is laag. De mest in de mestsilo is beter te mixen en dat geeft een hogere betrouwbaarheid. De mestproductie en -samenstelling per diergroep is niet te meten.

Het ds-gehalte van de mest varieert zowel in de weideperiode als in de stalperiode sterk (van 54 kg ds/ton tot 91 kg ds/ton). De gemiddelde mestproductie op stal in de weideperiode is 590 m³ en in de stalperiode 1484 m³ (bij 9% ds). Er is niet gemeten hoeveel mest en urine er in de weide terecht komt. Wel is bekend dat de mest welke in de weideperiode in de opslag komt hogere gehalten heeft dan de mest in de stalperiode.

Het stikstofgehalte in de mest daalde met 3% per jaar en is gedaald van 5,01 kg/ton in 1992 naar 4,42 kg/ton in 1996. De eerste jaren was de daling groter dan het laatste jaar. Het fosfaatgehalte daalde van 1,67 naar 1,35 kg/ton. De schommelingen per jaar zijn groot. Het kaliumgehalte daalde van 8,05 naar 6,84 kg/ton.

Weidemest

Bij siëstabeweidings (koeien 's morgens en 's avonds buiten) is de mestproductie op stal groter dan bij alleen overdag weiden bij dezelfde beweidingduur. Er komt ± 27% meer mest in de stal terecht. Siëstabeweidings vermindert het risico van uitspoeling van mineralen t.o.v. het gangbare beperkt beweiden.

Afvalwater

Voor het schoonspuiten van de melkstal wordt een grote hoeveelheid water gebruikt. Al dit water komt in de mestkelder. Jaarlijks is dit 200 m³. Daarnaast verbruikt de sproeileiding boven de mestgang 70 m³ per jaar en komt er water in de jongveestal en perssap in de mestkelder terecht. Jaarlijks wordt zo 340 m³ water aan de mest toegevoegd.

Vergelijking met verwachting

De gemeten drogestofuitscheiding in de stalperiode is hoger dan op basis van de voeropname mocht worden verwacht. Waarschijnlijk zijn de verteringcoëfficiënten te hoog ingeschat.

In de vier stalperiodes zijn de verschillen tussen de gemeten en berekende hoeveelheden mineralen gering. Voor stikstof -3%, voor fosfaat -8% en voor kalium -7%. De verschillen per periode zijn wel groot.

De mestproductie is hoger dan bij de start van het bedrijf werd verwacht. De gehalten in de mest zijn iets lager maar desondanks komt er 26% meer stikstof in de mest, 18% meer fosfaat en 22% meer kalium dan verwacht.

Vergelijking met de praktijk

Het ds-gehalte van de mest op De Marke is 19% lager dan in de praktijk. Het stikstofgehalte is 9% lager, het fosfaatgehalte 25% lager en het kaliumgehalte 1% hoger dan in de praktijk. Wanneer er geen emissiearmeststal zou zijn is het stikstofgehalte zelfs 17% lager dan in de praktijk.

De melkkoeien produceren in de stalperiode evenveel mest als de norm volgens KWIV-V. In de weideperiode komt er volgens KWIV-V bij beperkt beweiden meer mest in de stal dan is gemeten op De Marke. De gemeten mineralenhoeveelheden zijn hoger dan op basis van de voeropname berekend en dat betekent dat in de weideperiode de mestproductie van de melkkoeien groter is dan in de stalperiode.

Mestafvoersysteem

Het mestafvoersysteem geeft grote problemen met de begaanbaarheid van de vloer. Het dagelijks bevochtigen van de vloer d.m.v. een sproeileiding geeft vooral 's zomers een verbetering. Toch blijven de problemen aanwezig en daarom moet het verkrijgen van een betere begaanbaarheid van de stalvloer meer aandacht krijgen.

De jaarlijkse meerkosten van de stal op De Marke zijn f117,- per standaarddierplaats hoger dan van een traditionele roostervloerstal. Bij nieuwbouw is een dichte hellende vloer met mestopslag buiten de stal qua investering iets goedkoper dan een roostervloerstal met mestopslag onder de stal. De jaarlijkse meerkosten zitten vooral in de coating en het onderhoud van de mestschuif.

2.5 Literatuurlijst

Biewinga, E.E., e.a., Melkveehouderij bij stringente milieunormen; Bedrijfs- en onderzoeksplan van het Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu, De Marke rapport nr. 1 (1992).

Braam, Dr. ir. C.R., e.a., Ammoniakemissie-arme betonnen stalvloeren, IMAG-DLO rapport 1996-12 (1996).

Deurzen, Ine van, e.a., De invloed van milieumaatregelen op het bedrijfsresultaat van proefbedrijf De Marke, De Marke rapport nr. 17 (1996).

Hilhorst, G.J., Bedrijfsverslag 1992, Uitgave van De Marke (1993).

Hilhorst, G.J., C.K. de Vries, Bedrijfsverslag 1993, Uitgave van De Marke (1994).

Hilhorst, G.J., Bedrijfsverslag 1994, Uitgave van De Marke (1995).

Kwin-V, Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1997-1998 (1997).

Lent, A.J.H. van, P.P.H. Kant, Investerings- en jaarkosten van maatregelen in de stal om de emissie van ammoniak te verlagen, PR rapport nr. 149 (1993).

Middelkoop, N., Ammoniakemissie uit de stal, In: deze publicatie.

Schans, F.C. van der, e.a., Vijf jaar De Marke, Uitgave van De Marke (1996).

Schans, F.C. van der, Voederveorziening De Marke, In: deze publicatie.

Tussenbalans 1992-1994, De Marke rapport nr. 10 (1994).

3 Ammoniakemissie uit de stal

N. Middelkoop
CLM

Inhoudsopgave

3.1 Inleiding	1
3.2 Ammoniakemissie in Nederland	1
3.2.1 Ammoniakemissie in Nederland	1
3.2.2 Ammoniakemissie op melkveebedrijven	2
3.2.3 Emissiefactoren	3
3.3 Doelen en uitgangspunten van de metingen	3
3.3.1 Ammoniakdoelstelling van De Marke	3
3.3.2 Prognose	4
3.3.3 Meetdoelstellingen	5
3.4 Vloermetingen	6
3.4.1 Methode	6
3.4.2 Resultaten	6
3.5 Metingen op stalniveau	6
3.5.1 Meetmethode	7
3.5.2 Resultaten stalmetingen	13
3.5.2.1 Emissie per dag	13
3.5.2.2 Analyse van de variatie in de metingen	14
3.5.2.3 Gemiddelde emissie per periode	19
3.5.2.4 Kosteneffectiviteit	24
3.6 Discussie	24
3.7 Conclusies en aanbevelingen	26
3.8 Literatuur	27

3.1 Inleiding

In hoofdstuk 1 is de stikstofkringloop van De Marke weergegeven. In de vorige hoofdstukken zijn de metingen aan melk en vlees en aan mest besproken. In dit hoofdstuk richten we ons op de ammoniakemissie uit de ligboxenstal.

Voordat we op de metingen ingaan geven we in paragraaf 3.2 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 paragraaf 3.3 geven we de doelstellingen voor ammoniakemissie van De Marke en werken dit uit tot doelstellingen voor de ammoniakemissie uit de ligboxenstal. In paragraaf 3.4 beschrijven we de ammoniakmetingen die we de eerste jaren hebben gedaan aan de verschillende vloerafwerkingen van de stalvloer. In paragraaf 3.5 bespreken we de metingen die we aan de ammoniakemissie van de hele ligboxenstal hebben gedaan. Dat meetsysteem gebruiken we sinds eind 1994 om in de ligboxenstal de ammoniakemissie continu te meten. Eerst geven we een korte beschrijving van de meetsystemen die voor dit doel beschikbaar zijn, vervolgens beschrijven we de meetmethode die wij gebruiken. We presenteren de resultaten van de eerste drie perioden (januari 1995 t/m april 1996). 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). Vervolgens maken we een kostenplaatje waarin we aangeven wat de kosten per kg bespaarde stikstofemissie zijn. In paragraaf 3.6 evalueren we onze resultaten en maken een vergelijking met ander onderzoek. De conclusies en aanbevelingen voor aanpassingen in de bedrijfsvoering om de emissie nog verder te reduceren vermelden we in paragraaf 3.7.

3.2 Ammoniakemissie in Nederland

In deze paragraaf kijken we eerst naar de verschillende bronnen van ammoniak in Nederland (§ 3.2.1). Daarna kijken we meer gedetailleerd naar de ammoniakemissie op het melkveebedrijf (§ 3.2.2). De overheid hanteert emissiefactoren voor melkkoeien en jongvee, die afhankelijk zijn van het staltype. Die emissiefactoren bespreken we aan het einde van deze paragraaf (§ 3.2.3).

3.2.1 Ammoniakemissie 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 zure 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.

Vee; Melk en Vlees (70); Vervluchtiging (12); Mest (191 +1)

Het gedeelte dat betrekking heeft op de stal uit figuur 1 (prognose voor De Marke, opgesteld bij de start) geven we hier weer. Deze figuur heeft echter betrekking op de mestproductie van alle dieren en de ammoniakemissie uit alle gebouwen, inclusief mestsilo. Bovendien bevat de stikstofstroom naar Vervluchtiging en naar Mest ook de weidemest. In dit hoofdstuk bespreken we echter alleen de metingen van de ammoniakemissie uit de ligboxenstal van De Marke. Van de totale hoeveelheid van 191 kg N/ha in de mest komt 142 kg N/ha in de mestkelder terecht. Volgens de prognose vervluchtigt 5,2%; dat is 7,4 kg N/ha. Hoe groot de ammoniakvervluchtiging in werkelijkheid is geweest bespreken we in dit hoofdstuk.

Tabel 1 Ammoniakemissie in Nederland in 1980 en 1993 (milj. kg NH₃)

Bron	1980	1993
Dierlijke mest	224	181
<i>Stal</i> en opslag	82	98
Beweiding	37	15
Mestaanwending	111	68
Kunstmestaanwending	10	9
Industrie	10	6
Huishoudens	10	11
Totaal	254	208

(Bron: Lekkerkerk e a, 1995)

De rundveesector was in 1993 verantwoordelijk voor 60% van de ammoniakuitstoot uit dierlijke mest, de varkenshouderij voor 30% en de pluimveehouderij voor 10% (Lekkerkerk e.a. 1995).

Ten opzichte van 1980 verminderde de ammoniakemissie in 1993 met 20%. Dit kwam vooral door de toepassing van emissiearme aanwendingstechnieken van drijfmest. De ammoniakemissie uit stallen daarentegen nam juist iets toe. Een toename van het aantal dieren in de intensieve veehouderij veroorzaakte dit. In de komende jaren zal de ammoniakemissie uit de stal ook afnemen door de bouw van emissiearme stallen en de aanpassing van de voeding.

Dierlijke mest en kunstmestaanwending zijn niet de enige bronnen van ammoniakemissie in de landbouw. Ook bij de teelt van gewassen, de conservering en bewaring van ruwvoer en direct uit vee treedt enige ammoniakemissie op, maar hoeveel dit precies is weten we niet, want er is weinig onderzoek naar gedaan. De reductiedoelstellingen van de overheid zijn alleen gericht op de ammoniakemissie uit dierlijke mest.

3.2.2 Ammoniakemissie 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.

In tabel 2 vermelden we 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.

3.2.3 Emissiefactoren

In de Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij (1994) zijn emissiefactoren voor de emissie vanuit de stal vastgesteld. Dit is inclusief de emissie van de mest die in de stal is opgeslagen. Voor melkkoeien in een ligboxenstal met roostervloer is 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.

Een stal valt onder de categorie Groen Label als deze gebouwd is overeenkomstig de omschrijving van een stalsysteem waarvoor een Groen Label is verleend door de Stichting Groen Label. Een stalsysteem kan een Groen Label verkrijgen door met metingen aan te tonen dat de stal maximaal 4,4 kg NH₃ per dierplaats per jaar emitteert. Hierbij moet een meetprotocol gevolgd worden. Daarin staat onder andere dat 100 dagen in de stalperiode moet worden gemeten, waarbij metingen in ieder geval in december en maart zijn uitgevoerd. Daarnaast stelt het protocol eisen aan het rantsoen: het ruwvoer mag maximaal 50% mais bevatten. Dit laatste om vergelijkbaar te zijn met de huidige praktijk, waarvoor de emissiefactor geldt. De emissiefactor voor melkkoeien is alleen gebaseerd op metingen in de stalperiode. Vergelijking van metingen op De Marke met emissiefactoren is dus alleen mogelijk voor de stalperiode.

Er is echter ook onderzoek gedaan naar de emissie in de weideperiode.

Het IKC (Boomaerts e.a. 1995) concludeert uit onderzoek van IMAC-DL0 en van het PR dat de emissie van een traditionele stal in de winter 1,1 kg NH₃/koe/maand bedraagt, en in de zomer 1,35 kg NH₃/koe/maand bij beperkt weiden gedurende 8 uur per dag.

3.3 Doelen en uitgangspunten van de metingen

In deze paragraaf beschrijven we de ammoniakdoelstelling van De Marke (§ 3.3.1). Vanuit die doelstelling kijken we wat dat betekent voor de ammoniakemissie uit de ligboxenstal en welke maatregelen we hebben genomen om die doelstellingen te kunnen halen (§ 3.3.2). Dit resulteert in doelstellingen voor de ammoniakmetingen (§ 3.3.3).

3.3.1 Ammoniakdoelstelling 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. In tabel 3 zijn de normen van beide groepen vermeld, in kg N/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

3.3.2 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)

	1983- 1986
Stal	8
Opslag	2
Aanwending drijfmest	2
Aanwending kunstmest	1
Beweiding	4
Totaal	17

(Bron: Biewinga e.a. 1992)

Om de geplande emissie uit de stal niet te overschrijden nam De Marke de volgende maatregelen om de ammoniakemissie te verlagen:

- voeding met 40% maïs, voeren dichtbij de norm voor VEM en DVE;
- dichte hellende gecoate betonvloer met giergoot voor snelle afvoer van urine.

De eerste maatregel bespraken we in een ander hoofdstuk in dit rapport (Van der Schans 1997) en lichten we daarom hier niet nader worden toe.

De ligboxenstal op De Marke heeft een dichte hellende vloer met een giergoot. De hellende vloer bestaat uit geprefabriceerde betonelementen. De helling van 3% zorgt voor een snelle afvoer van de urine, via de giergoot naar de onderliggende mestkelder.

Op het moment van de bouw van De Marke was nog weinig bekend over de invloed van afwerklagen op de ammoniakemissie van de vloer. Daarom is voor het onderzoek tweederde van de betonelementen voorzien van twee typen afwerklagen. Een derde deel is onbehandeld. De twee afwerklagen zijn epoxytroffel en epoxycement.

De ligboxenstal heeft een mestkelder. Een mestkelder is eigenlijk niet nodig onder een dichte vloer, want de mest kan direct naar de opslagsilo toe. Toch heeft de Marke de mestgangen onderkeldert. Dit geeft de mogelijkheid om tegen geringe meerkosten over te stappen op een roostervloer, als de dichte vloer niet goed bevalt. Tijdens de start van De Marke was namelijk nog weinig ervaring opgedaan met een dichte hellende vloer.

Op basis van bovenstaande maatregelen berekenden we 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 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 (107,5), omdat het nooit de bedoeling is geweest om de stal volledig te bezetten. Zouden we wel uitgaan van het aantal dierplaatsen dan resulteert dit in lagere waarden. In de discussie komen we hierop terug.

Kenmerken van het bedrijf zijn van invloed op de ammoniakemissie. Met kenmerken bedoelen we het stalontwerp, het bedrijfsmanagement en de ligging van het bedrijf. Het stalontwerp is uiteraard van invloed op de ammoniakemissie. Ditzelfde geldt voor het gebruik van de stal. Een stal met dichte vloer en mestschuif kan de ammoniakemissie sterk verminderen, maar als de mestschuif zo weinig gebruikt wordt dat de urine niet vrij kan afstromen neemt de emissie toe. Ook de voeding en het beweidingssysteem hebben invloed op de ammoniakemissie. Mogelijk hebben ook omgevingsfactoren invloed op de ammoniakemissie, zoals de oriëntatie van de stal ten opzichte van de windrichting en obstakels die de wind breken. In tabel 5 zijn 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

Ligging:	Omgeven door graslandpercelen en bos; Op het erf jongveestal, mestsilos en enkele andere gebouwen.
Stalgrootte:	Stal voor 92 melkkoeien en 27 stuks jongvee (ouder dan 12 maanden);
Stalinrichting:	Dichte hellende vloer met urinegoot en 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:	zomer '95: 83 melkkoeien en 8 stuks jongvee (in de ligboxenstal) winter '95/96: 77 melkkoeien en 21 stuks jongvee (in de ligboxenstal) melkproductie 7952 kg/koe/jaar
Management: uur	leder uur schuiven met de mestschuif; Sproeien in de zomer bij verlaten van en binnenkomen in de stal; Siëstasysteem: in de weideperiode 's morgens en 's avonds naar buiten, weidegang: 10 per dag; Voeding met 40% maïs, voeren dichtbij de norm voor VEM en DVE. Voersoorten: Gras, maïs, MKS en krachtvoer.

3.3.3 Meetdoelstellingen

Vanaf de start meet De Marke de ammoniakemissie in de ligboxenstal gemeten. Deze metingen hebben de volgende doelen:

- vergelijken van de ammoniakemissie van gecoate en ongecoate vloeren;
- kwantificeren van de ammoniakemissie uit de ligboxenstal;
- vergelijking van de gemeten ammoniakemissie met de doelstelling;
- vergelijken van de ligboxenstal van de Marke met roostervloer stallen en Groen Label stallen;
- zoeken naar aangrijpingspunten voor maatregelen om de emissie uit de stal te reduceren.

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 in paragraaf 3.4 een vergelijking met de emissiefactoren, omdat dit waarden zijn die in het huidige beleid met betrekking tot ammoniakemissie van stallen veel betekenis hebben.

3.4 Vloermetingen

In deze paragraaf beschrijven we de metingen die we aan de stalvloer hebben uitgevoerd. Eerst beschrijven we de gebruikte meetmethode (§ 3.4.1) en daarna bespreken we de resultaten van de metingen (§ 3.4.2).

3.4.1 Methode

De drie vloertypen op De Marke maken het mogelijk om onderzoek uit te voeren naar het verschil in ammoniakemissie van de verschillende manieren van afwerken. Dit onderzoek is in 1992 en 1993 uitgevoerd door samenwerking van het PR en het CLM.

Voor vergelijkende metingen aan stalvloeren kan gebruik worden gemaakt van een meettunnel, waarmee de emissie van een klein vloeroppervlak wordt gemeten. Voor stalvloeren is dit een 'Lindvalldoos'. Dit is een metalen doos die aan de onderkant open is en op de vloer wordt geplaatst. Aan twee tegenover elkaar liggende zijanten zijn slangen aangesloten. Met een ventilator wordt lucht door de doos gezogen. De ammoniakconcentratie van de in- en uitgaande lucht wordt gemeten.

De vloerafwerkingen zijn vergeleken door op de vloer urine van de melkkoeien uit te sproeien en gedurende een half uur de ammoniakemissie te meten met de Lindvalldoos. De verschillende afwerkklagen zijn steeds achtereenvolgens gemeten. Op deze wijze zijn op een dag meerdere metingen verricht en is op meerdere dagen, verspreid over de stalperiode, gemeten. Bij de metingen aan de epoxycement afwerklaag paste de doos niet goed op de (smallere) mestgang; de doos kwam over de urinegoot. Daardoor was een vergelijking met deze vloerafwerking niet mogelijk.

3.4.2 Resultaten

Dit onderzoek is beschreven in Kant en Middelkoop (1994a en 1994b). Hier zullen we de belangrijkste resultaten en conclusies bespreken.

De staltemperatuur beïnvloedt de ammoniakemissie. Om metingen die bij verschillende temperaturen zijn gedaan te kunnen vergelijken is het nodig de meetgegevens te corrigeren voor de temperatuur waarbij de metingen plaats vonden. Op basis van de metingen in het traject 1 tot 10 °C kan berekend worden dat de ammoniakemissie met ongeveer 41 mg NH₃/m²/uur toeneemt bij iedere graad stijging van de temperatuur. Hierbij is een rechtlijnig verband tussen temperatuur en emissie verondersteld. Bij temperaturen boven 10 °C zijn geen metingen verricht.

De emissie van de onbehandelde prefab betonvloer bedroeg gemiddeld 497 mg NH₃/m²/uur en voor de vloer voorzien van een epoxytroffellaag 384 mg NH₃/m²/uur. De omgerekende emissie van de epoxytroffelvloer is significant lager dan die van de onbehandelde prefab betonvloer en levert een aanvullende reductie van 23% van de ammoniakemissie.

De metingen waren alleen bedoeld voor vergelijking van verschillende vloerafwerkingen. De gemeten emissie mag niet gebruikt worden om de emissie van de stal te berekenen, omdat gemeten is aan kunstmatig bevuild oppervlak en niet op voor de stal representatieve plekken.

3.5 Metingen op stalniveau

In deze paragraaf behandelen we de metingen van de ammoniakemissie uit de gehele stal. Allereerst beschrijven we de meetmethoden die hiervoor beschikbaar zijn en de methoden die we op De Marke gebruiken (§ 3.5.1). Daarna bespreken we de resultaten van de metingen (§ 3.5.2).

3. 5. 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.

Ventilatiedebietmetingen

Natuurlijk geventileerde stallen, zoals meestal toegepast in melkveestallen, hebben veel openingen waar de lucht zowel in als uit kan stromen. Daardoor is de meting van het ventilatiedebiet veel moeilijker dan in stallen waar de lucht met ventilatoren wordt afgezogen en waar met meetventilatoren het debiet kan worden gemeten. Door de Landbouwwuniversiteit, vakgroep Agrotechniek en -fysica zijn, in samenwerking met IMAG-DLO, enkele methoden ontwikkeld om het ventilatiedebiet in natuurlijk geventileerde stallen te meten (Van 't Ooster e.a. 1994) :

a. CO₂-methode

Bij de CO₂-methode wordt gebruik gemaakt van het feit dat dieren CO₂ produceren. De hoeveelheid CO₂ die de dieren produceren kan worden berekend uit o.a. melkproductie, voeropname, voerkwaliteit en diergewicht. Door de concentratie in binnen- en buitenlucht te meten en de CO₂-productie te berekenen, kan worden vastgesteld hoe groot de ventilatie is.

b. Verschilddrukmethode

Ventilatie in een stal treedt op door temperatuurverschillen tussen de buiten- en binnenlucht. Warme lucht stijgt op en verdwijnt uit de stal en koude lucht stroomt naar binnen. Daarnaast veroorzaakt wind over- en onderdrukken bij de openingen van de stal, waardoor luchtuitwisseling plaats vindt. Door meting van de windsnelheid en -richting en de temperatuur en luchtvochtigheid van binnen en buitenlucht kan het ventilatiedebiet van de stal worden berekend. De effecten van de wind op het gebouw, vertaald naar de drukverschillen over de ventilatieopeningen kunnen worden gemeten of worden geschat aan de hand van literatuur. Daarbij dient dan wel nauwkeurig bekend te zijn welke openingen er in het gebouw zijn, dus ook of deuren open of dicht staan.

c. Tracergas

Deze methode is vergelijkbaar met de CO₂-methode, maar er wordt gebruik gemaakt van een gas dat van nature niet in de stal voorkomt. Dit gas wordt op veel plaatsen met een leidingsysteem in de stal toegediend. De tracergashoeveelheid is dus bekend terwijl er geen diergegevens nodig zijn.

d. Warmtebalans

Doordat de dieren en apparatuur warmte produceren is het in de stal warmer dan daarbuiten. Door de uitstromende lucht wordt weer warmte afgevoerd. Uit warmtewinst- en verliesstromen, het temperatuurverloop van stallucht, buitenlucht en enkele staldelen en uit het verloop van de relatieve luchtvochtigheid van binnen- en buitenlucht, wordt de mate van ventilatie berekend. Voor bepaling van de dierlijke warmteproductie is soortgelijke dierinformatie nodig als bij de CO₂-methode.

Toepassing op De Marke

Uit vergelijkend onderzoek op de proefboerderij De Vijf Roeden bleek dat de tracergasmethode de meest nauwkeurige was, maar ook de duurste. De CO₂- en de warmtebalans waren iets minder nauwkeurig, maar kostentechnisch aantrekkelijker. De drukmetingen ten behoeve van de verschilddrukmethode vormden nog een probleem en de meetopstelling daarvoor was vrij duur.

Op De Marke is gekozen voor de CO₂-methode, omdat deze financieel aantrekkelijker is dan de tracergasmethode en omdat het meetstelsel van de CO₂-methode minder arbeid vergt. Daar staat wel een uitgebreidere registratie van dier- en voergegevens tegenover. Die gegevens worden op De Marke toch al vastgelegd.

De CO₂-methode is niet bruikbaar als de dieren niet in de stal zijn. Het verschil in CO₂-concentratie in binnen en buitenlucht is dan te klein, waardoor meetfouten te groot worden. Daarom werd in een later stadium een vereenvoudigde versie van de verschilddrukmethode toegepast, waarbij geen drukmetingen worden gedaan om de winddrukcoëfficiënten te bepalen, maar deze coëfficiënten worden ingeschat aan de hand van de literatuur en ontwerp en ligging van de stal. De benodigde temperatuur en luchtvochtigheid worden ook al gemeten bij de CO₂-methode en de windsnelheid en -richting worden

gemeten met de reeds aanwezige meteomast. Ontbreken alleen nog de meting van de positie van variabele ventilatie openingen zoals de deuren. Aangenomen is dat de grote deur in de achtergevel in de zomerperiode het hele etmaal is geopend en in de winterperiode alleen overdag. Het computermodel dat de ventilatie met de verschilddrukmethode berekent wordt Natvent genoemd.

Ammoniakconcentratiemeting

Er zijn verscheidene methoden om de ammoniakconcentratie in lucht te meten. Welke methode wordt gebruikt is afhankelijk van de gewenste meetnauwkeurigheid en van de duur van de metingen. Metingen waarbij monsters op een laboratorium moeten worden geanalyseerd zijn meestal nauwkeurig en geschikt voor kortlopend onderzoek, maar niet bruikbaar als langdurig metingen worden verricht waarbij ieder uur meetwaarden gewenst zijn. De volgende meetmethoden zijn beschikbaar:

a. Converter en NOx-meting

Hierbij wordt NH₃ bij hoge temperatuur (750 °C) omgezet in NO. Deze omzetting wordt toegepast omdat NH₃ aan de leidingen en in de meetkamer blijft plakken, waardoor het nodig is om de leidingen en de meetkamer eerst minuten lang te spoelen met de nieuw te meten lucht voordat de meting kan gebeuren. NO heeft deze lastige eigenschap niet. Vervolgens wordt de NO-concentratie gemeten met een NO_x-analyser. De meting van deze analyser is gebaseerd op de chemo-luminescentiereactie tussen O₃ en NO. Tijdens deze reactie wordt NO₂ gevormd en komen lichtdeeltjes vrij. De stroom lichtdeeltjes is evenredig met de NO₂-productie en dus met de NO-concentratie in de lucht. Een meting met de NO_x-analyser duurt 5 à 10 seconden, dit is exclusief responstijd, die bij omschakelen met een meerpuntsomschakelaar ongeveer 1 minuut bedraagt. Het meetbereik ligt tussen 50 ppb en 50 of 100 ppm. (1 ppm = 1000 ppb; 1 ppm ≈ 0,72 mg NH₃ per m³)

b. Infraroodmeting

De meetmethode is gebaseerd op de absorptie van infrarode straling door ammoniakmoleculen. De monitor bezit een meetkamer, waardoor het te meten gas stroomt en een infraroodbron en -detector. Om er voor te zorgen dat alleen ammoniak wordt gemeten zijn filters beschikbaar die de selectiviteit verhogen. Omdat ammoniak moeilijker uit de meetkamer is te verwijderen dan NO is de meettijd van deze methode enkele minuten. Door andere filters te gebruiken kunnen andere gassen worden gemeten, zoals kooldioxide en methaan. Het meetbereik van deze methoden ligt ongeveer tussen 0,3 en 100 ppm.

c. Gaswasflessen

Bij deze methode wordt lucht met ammoniak door een zuuroplossing geleid. De in de lucht aanwezige ammoniak wordt gebonden door het zuur. In het laboratorium kan de hoeveelheid ammoniak in de zuuroplossing worden bepaald. De meting heeft een integrerend karakter: de hoeveelheid gebonden ammoniak is afhankelijk van de ammoniakconcentratie in de aangezogen lucht en van de hoeveelheid bemonsterde lucht. Dit maakt het mogelijk om zeer lage concentraties van ammoniak in lucht te meten (< 10 ppb). De bemonsteringstijd mag echter niet te kort zijn, omdat anders de meetfouten door aflezing van de gasmeter en het verwisselen van de wasflessen te veel invloed krijgen. De minimale bemonsteringstijd is afhankelijk van de luchtsnelheid en ammoniakconcentratie van de lucht; een vuistregel is dat voor een betrouwbare meting 600 liter*ppm nodig is. Bij een luchtsnelheid van 2 l/min en een te verwachten concentratie van 1,5 ppm betekent dit een minimale bemonsteringstijd van 200 minuten.

d. Gasdetectiebuisjes

Een gasdetectiebuisje is een glazen buisje gevuld met reagens. Met een handpompje wordt een vast ingestelde hoeveelheid stallucht door het buisje gezogen. Door reactie van de in de lucht aanwezige ammoniak met het reagens treedt een voortschrijdende verkleuring op. De maat van de voortschrijding van de verkleuring kan worden afgelezen op een op het buisje aangegeven schaalverdeling. Een meting duurt enkele minuten. Het meetbereik is afhankelijk van het type buisje en het aantal pompslagen. Het gevoeligste buisje heeft een meetbereik van 0,2 tot 1 ppm (bij 5 pompslagen) en het minst gevoelige buisje kan tot 700 ppm meten.

Er zijn nog vele andere methoden om de ammoniakconcentratie te meten (o.a. denuder, filterpakket, passieve samplers, laserfoto-akoestiek). Voor een bespreking van deze methoden verwijzen we naar Ouwerkerk (1993). Dat we ze hier niet bespreken wil niet zeggen dat ze niet bruikbaar zijn, maar ze worden op De Marke niet toegepast.

Toepassing op De Marke

Met de CO₂-methode wordt de ammoniakconcentratie iedere tien minuten gemeten, gedurende de gehele dag en alle dagen. Bij gebruik van meetmethoden waarbij monsters naar een laboratorium moeten worden gestuurd zouden de analysekosten erg hoog worden. Daarom bleef de keus beperkt tot NO_x-meting, met gebruik van een converter, en infraroodmeting. Infraroodmeting van ammoniak heeft als voordeel dat geen converter nodig is. Daar staat tegenover dat de meettijd relatief lang is (15 minuten), omdat lang gespoeld moet worden om de meetkamer vrij van ammoniak te krijgen. Bovendien behoort meting van de buitenluchtconcentratie niet tot de mogelijkheden, omdat met infraroodmeting niet zulke lage concentraties zijn te meten. Daarom is gekozen voor de duurdere NO_x-monitor. De monitor is ook gebruikt bij de metingen met de Lindvalldoos.

Infraroodapparatuur is een aantal dagen toegepast op momenten dat de NO_x-monitor defect was. Meting met gaswasflessen wordt periodiek toegepast als controle voor de meting met de NO_x-monitor. Gasdetectiebuïsjes zijn op De Marke aanwezig voor incidentele controles.

Beschrijving meetsysteem CO₂-methode

Het meetsysteem is beschreven door Geurts en Van 't Ooster (1996). Het inleidende gedeelte over de meetopstelling is hier onder overgenomen.

Om de ammoniakemissie uit de melkveestal te kunnen bepalen met de CO₂-methode is het nodig om verschillende parameters te kennen. Dit zijn:

- de binnen- en buitenconcentratie CO₂
om, samen met de berekende CO₂-productie door de dieren, de ventilatiehoeveelheid te kunnen bepalen
- de binnenconcentratie NH₃
buitenconcentratie NH₃ wordt verwaarloosbaar verondersteld
- temperatuur en luchtvochtigheid van de binnen- en buitenlucht
om de gemeten concentraties te kunnen transformeren naar de standaard eenheid kg gas per kg droge lucht.

Er zijn verder nog enkele thermokoppels geïnstalleerd aan de in/uitlaat openingen om iets te kunnen zeggen over de richting van de luchtstroom over deze openingen. In figuur 1 is een bovenaanzicht weergegeven van de stal met daarin de diverse onderdelen van het meetsysteem.

In de stal zijn, op een hoogte van ongeveer 3 meter, 15 meetpunten geplaatst vanwaar stallucht kan worden aangezogen. De hoogte van 3 meter is gekozen omdat de lucht op die hoogte reeds goed is gemengd in een recirculatiezone in de stal. Het is de bedoeling dat het monster wat wordt aangezogen door de goede verdeling van de monsternamapunten een representatief gemiddeld monster is van de gehele stal. Ieder aanzuigpunt is voorzien van een kritisch capillair dat er voor zorgt dat de aangezogen luchthoeveelheid voor ieder punt hetzelfde is. Een pomp uit de meetkast transporteert de lucht van de meetpunten naar een mengvat, wat zich boven het kantoor bevindt. Het mengvat is voorzien van een extra aftappunt voor parallelle meting met een andere meettechniek voor NH₃. In het mengvat zal zich een homogene gasconcentratie opbouwen, waarna het weer terug naar de meetkast wordt getransporteerd, alwaar het door de converter wordt geleid en vervolgens wordt geanalyseerd. Het zou beter zijn converters toe te passen op ieder in de stal, omdat NO_x een stabielere gas is dan NH₃. Kostentechnisch was dat echter niet verantwoord.

De buitenlucht wordt op een hoogte van ongeveer 5 meter naast de stal op één punt bemonsterd. Deze locatie is zo goed mogelijk gekozen. Er is voor één positie gekozen, niet tussen gebouwen, niet te ver van de stal en zoveel mogelijk bovenwinds van de stal. Deze positie houdt wel in dat bij windrichtingen tussen oost en zuidoost het aanzuigpunt zich in de leiwervel van de stal bevindt en er mogelijk een te hoge buitenluchtconcentratie CO₂ wordt gemeten. In dat geval wordt de concentratie van de ingaande lucht overschat, waardoor ook de ammoniakemissie wordt overschat. Vergelijking van buitenlucht CO₂-concentraties bij verschillende windrichtingen gaven geen verhoging van de concentraties bij windrichtingen uit Z-ZO- te zien.

De temperatuur- en luchtvochtigheidsmeting van de stallucht vindt plaats door twee Rotronics (R1 + R2) verdeeld over de lengterichting van de stal op een hoogte van ongeveer 4 meter. Het gemiddelde van deze sensoren wordt als representatief gezien voor de hele stal. Het verschil geeft een indicatie van

temperatuurgradiënten in de stal. De buitenmeting wordt op de kop van de stal, afgeschermd voor de zon, uitgevoerd door één Rotronic (R3). De 3 thermokoppels verdeeld over de stalnok (T2) en de spaceboardings (T1 + T3) aan weerszijden zijn gepositioneerd in het midden van de lengterichting van de stal. Aan de hand van deze temperaturen kan een indicatie worden gegeven over het gedrag van de ventilatieopeningen.

Uit het verzamelvat wordt lucht gezogen voor meting van de ammoniak- en CO₂-concentratie. De lucht voor de ammoniakmeting wordt door een converter geleid waarin de ammoniak omgezet wordt in NO. In feite is de converter in duplo uitgevoerd: in een cyclus van tien minuten worden eerst twee metingen uitgevoerd met lucht die door de ene converter is geleid en daarna twee metingen met lucht afkomstig via de andere converter. Hierdoor is eenvoudig te controleren of één van beide converters slecht functioneert en gaan geen metingen verloren als één converter defect raakt. De converter met de hoogste meetwaarden gedurende de tien minuutcyclus wordt uiteindelijk gebruikt in de berekeningen. De omzettingfactor is minimaal 90%, achteraf wordt een correctie voor de omzettingfactor toegepast.

De lucht voor de CO₂-meting gaat direct naar de monitor. In dezelfde tien minutencyclus worden 3 CO₂-metingen van de binnenlucht uitgevoerd. Vervolgens vindt een CO₂-meting van de buitenlucht plaats.

Alle metingen worden verricht en/of vastgelegd in de meetkast in het kantoortje. Daar bevindt zich verder een PC met de data acquisitie software die de communicatie met de meetkast verzorgt, de meetdata uitleest, de kleppen aanstuurt, de flowmeters uitleest e.d. en de gasflessen voor de driftcontrole van het nulpunt en het bereik van de monitoren en de converters aanstuurt.

Wekelijks worden de NO_x- en CO₂-monitor gekalibreerd met behulp van kalibratiegas. Daarnaast meet het systeem automatisch dagelijks de nul en span waarden. Met behulp van deze metingen worden de metingen achteraf per dag gecorrigeerd voor de drift van de monitoren.

Tweemaal per jaar wordt alle apparatuur gedemonteerd en gecontroleerd in het luchtlab van IMAG-DLO. Viermaal per jaar wordt gedurende vier dagen de ammoniakconcentratie ook met gaswasflessen gemeten, ter controle van de NO_x-meting.

Af en toe wordt met gasdetectiebuisjes de ammoniakconcentratie in het verzamelvat gemeten als een grove controle op de NO_x-meting.

Naast de meetgegevens worden dier- en voer(opname)gegevens geregistreerd om de CO₂-productie van de dieren te kunnen berekenen.

Nabewerking van de meetdata

Kalibratiemetingen

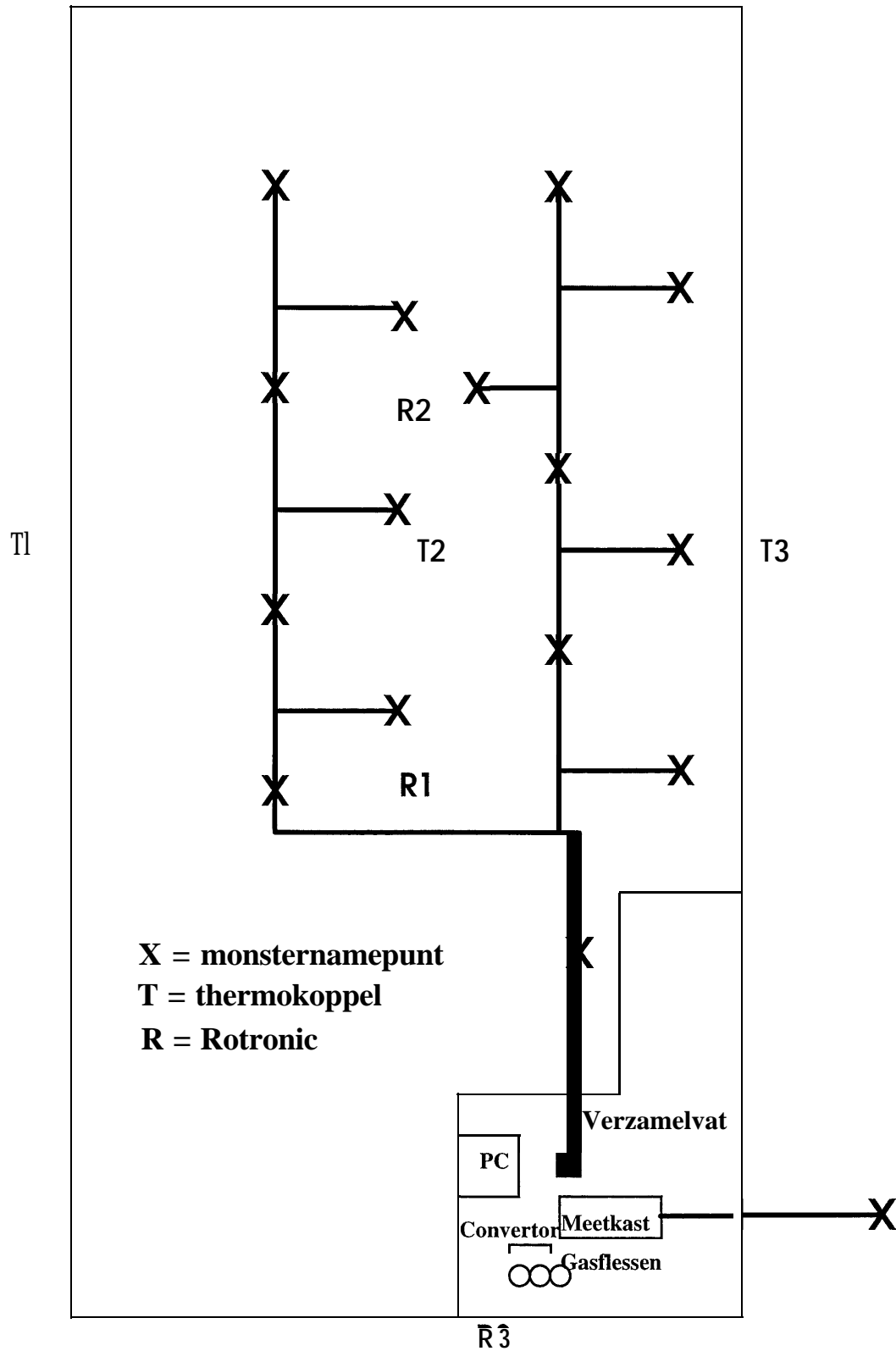
De meetwaarden zoals die zijn gemeten worden op enkele manieren bewerkt.

Allereerst worden de meetwaarden gecorrigeerd voor de kalibratiegegevens die afkomstig zijn van de wekelijkse kalibratie. Door wekelijks met een nulgas en kalibratiegas te meten kan nagegaan worden of de monitor een nulpuntsafwijking heeft gekregen en of de meting van het kalibratiegas (spangas) is veranderd. Is dat het geval dan worden de metingen van de tussenliggende meetdagen aangepast voor het verloop van de monitor.

In enkele gevallen is geen correctie toegepast, omdat duidelijk zichtbaar was dat van de kalibratiemetingen niet correcte gegevens geregistreerd waren.

Ammoniakpieken

De converters zetten niet alleen ammoniak om in NO, maar ook andere N-verbindingen. Wanneer de tractor in de stal het voer mengt en voor het voerhek brengt, veroorzaakt deze een uitstoot van NO_x die door de monitor wordt gemeten. Dit is in de meetgegevens zichtbaar als een piek in de ammoniakconcentratiemeting. Deze pieken zijn er uitgefilterd, door de relatieve afwijking te berekenen van een meting ten opzichte van de twee voorgaande metingen. Een piek wordt geconstateerd als de afwijking van een meting te groot is, d.w.z. groter dan 35% ten opzichte van 2 voorafgaande metingen. Treedt een piek op dan wordt de waarde vervangen door het voortschrijdende gemiddelde van de twee voorafgaande metingen.



Figuur 1 Schematisch bovenaanzicht melkveestal met de onderdelen van het ammoniakmeetsysteem

CO₂-buiten **pieken**

In de buiten CO₂-concentratie werden in de winter/voorjaar 1995 pieken gemeten. Deze pieken werden veroorzaakt door de verwarmingsuitlaat die op dezelfde muur aanwezig was als het buitenmeetpunt voor CO₂. Wanneer een CO₂-concentratie 50mg/kg droge lucht hoger of lager is dan het gemiddelde van twee voorgaande metingen is de meting vervangen door het gemiddelde van de twee voorafgaande metingen.

CO₂-buiten

Door af en toe optredende lekkage zijn er dagen geweest dat de gemeten buitenluchtconcentratie te hoog was doordat de aangezogen buitenlucht is gemengd met lucht uit het kantoor waarin de meetkast staat. Inmiddels is de aansluiting verbeterd. De kans dat ook de binnenlucht sterk beïnvloed is door een mogelijke lekkage is veel geringer, omdat het gas afkomstig van het verzamelvat met enige overdruk (30 mbar) aangeboden wordt aan de CO₂-monitor, terwijl het aanzuigen van de buitenlucht via onderdruk verloopt. Extreem hoge buitenluchtconcentraties zijn vervangen door meer realistische waarden. Hiertoe is van dagen dat geen lekkage is opgetreden een empirische relatie vastgesteld tussen windsnelheid en CO₂-concentratie van de buitenlucht. Wanneer een meting meer dan éénmaal de standaardafwijking naar boven afwijkt van de waarde die bij de windsnelheid van dat moment hoort, wordt de CO₂-waarde bepaald volgens de empirische functie.

Maximaal getolereerde ventilatie met de CO₂-methode

Wanneer de melkkoeien 's zomers naar buiten gaan, wordt het verschil tussen de CO₂-concentratie van de binnen- en buitenlucht erg klein, waardoor de meetfout te groot wordt. De CO₂-methode berekent dan een erg hoge ventilatie, omdat de dieren theoretisch op stal gehouden zijn. Deze hoge ventilatie is uiteraard niet correct, maar geeft wel duidelijk aan dat de dieren de stal hebben verlaten en de CO₂-meetmethode niet mag worden gebruikt in die situatie.

De detectie voor onrealistisch hoge ventilatieniveaus wordt gerealiseerd door een maximaal getolereerd ventilatie-debiet met het model Natvent te berekenen. Om dit maximaal getolereerde ventilatie-debiet te berekenen worden de parameters van het Natvent-model binnen toleranties aangepast. Overschrijdt het ventilatie-debiet gemeten met de CO₂-methode deze maximaal getolereerde waarde dan wordt de waarde gebruikt die het computermodel Natvent berekent.

Deze procedure gebruiken we dus ook om de gemeten ventilatie-debieten te controleren als de dieren wel op stal staan. Zijn meetfouten ontstaan waardoor onrealistisch hoge ventilaties worden berekend met de CO₂-methode dan wordt de Natvent methode gebruikt om de ventilatie te berekenen.

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 gegeneraliseerde lineaire modellen (GLM). Deze worden gebruikt als er geen sprake is van normaal verdeelde waarnemingen of waarbij een transformatie nodig is van de data voordat een lineair model kan worden gefit. Op de meetdata is een transformatie toegepast: de data zijn omgerekend naar hun natuurlijke logaritme. Met deze gegevens is de procedure RSelect gebruikt (dit is een procedure geschreven door de Groep Landbouwwiskunde van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek). Onderzocht is welke factoren de ammoniakemissie het beste verklaren. Dit is uitgevoerd voor verklaring met één factor, en daarna voor meerdere factoren (2 tot 9). De gebruikte factoren waren dag, temperatuur, windsnelheid, windrichting, OEB, het kwadraat van temperatuur en van OEB, de interactie tussen temperatuur en OEB en de interactie tussen temperatuur, OEB en windsnelheid. Steeds zijn de drie best verklarende (combinatie van) factoren berekend.

Meetperiode

In principe wordt continu gemeten, alle dagen van de week, het gehele jaar. Door onderhoudswerkzaamheden en storingen (met name van monitoren) is het aantal bruikbare meetdagen de helft van het totaal aantal dagen in de meetperiode van januari 1995 tot en met april 1996 (zie tabel 6). Na april 1996 zijn ook metingen verricht, maar hiervan moeten de gegevens nog verwerkt worden. 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 infrarood-monitor (Bruel en Kjaer) van het PR.

In onderstaande tabel zijn de meetdagen vermeld.

Tabel 6 Meetperiode en aantal meetdagen

meetperiode: jan. 1995 t/m april 1996 (482 dagen)	
aantal meetdagen:	215
aantal dagen in stalperiode:	144
aantal dagen in zomerperiode:	71
aantal dagen met apparatuur PR:	19

3.5.2 Resultaten stalmetingen

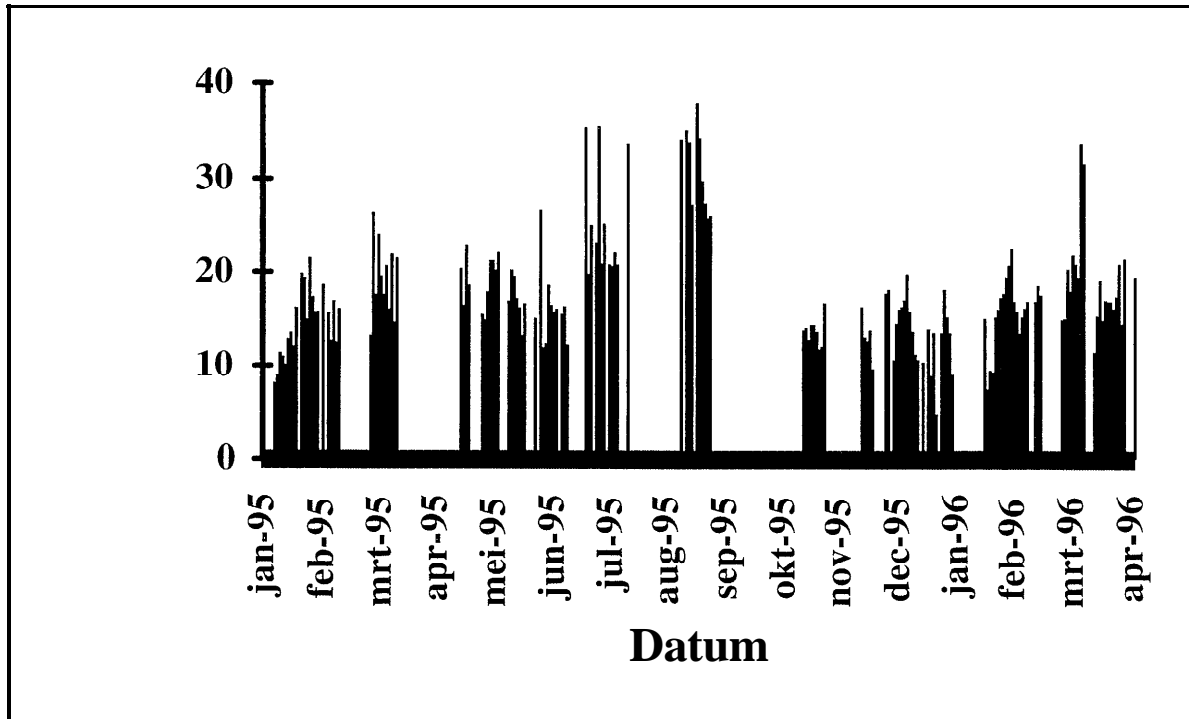
De metingen resulteren in waarden voor de ammoniakemissie voor iedere meetdag. Deze waarden zijn in die vorm moeilijk vergelijkbaar met de doelstellingen van De Marke en met emissiefactoren en ander onderzoek. Om de meetdoelstellingen, zoals aangegeven in paragraaf 3.3.3, te verwezenlijken zullen we de resultaten nader moeten analyseren. Daarvoor is het nodig de meetwaarden om te rekenen naar de juiste eenheden. We zullen de analyse van de resultaten in de volgende volgorde uitvoeren:

1. emissie per dag;
2. analyse van de variatie in de metingen;
3. gemiddelde emissie per periode;
4. kosteneffectiviteit.

3.5.2.1 Emissie per dag

De emissie per dag gedurende de meetperiode geeft een eerste indruk van de ammoniakemissie uit de stal. De stalbezetting is niet iedere dag hetzelfde geweest. Daarom is de ammoniakemissie per koe berekend. Melkgevende koeien en droogstaande koeien zijn daarbij gerekend als één 'standaardkoe'. Het jongvee is omgerekend naar een 'standaardkoe' op basis van de stikstofuitscheiding van deze dieren in vergelijking met een melkkoe (Scherphof 1996).

In figuur 2 is de ammoniakemissie voor de meetdagen weergegeven. Het beeld dat deze figuur geeft is dat er variatie aanwezig is in de emissie per dag. Interessant is de vraag welke factoren hebben bijgedragen aan deze variatie. Dit kunnen factoren zijn die we niet zelf in de hand hebben, zoals windsnelheid, windrichting en temperatuur. Het kunnen ook factoren zijn die wel door het bedrijf worden gedicteerd, zoals de voeding, het aantal dieren en het aantal uren weiden.



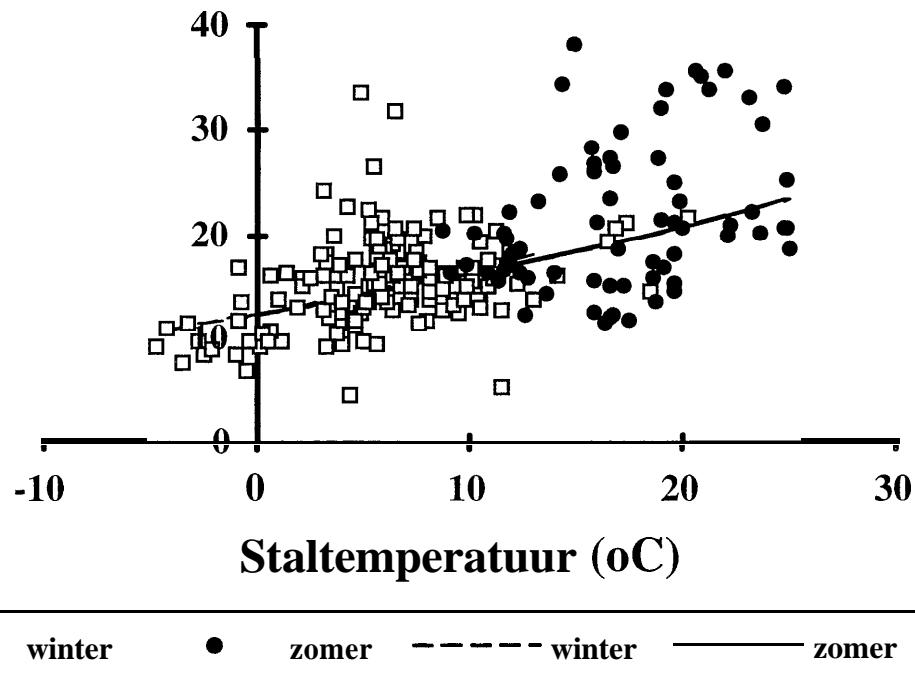
Figuur 2 De dagelijkse ammoniakemissie (gNH₃/koe) uit de melkveestal van De Marke van januari 1995 tot en met april 1996 uitgedrukt

3.5.2.2 Analyse van de variatie *in de metingen*

Voor beide groepen factoren 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 ander onderzoek waar die factoren verschilden met deze metingen. Als er een duidelijk verband aanwezig is kan gecorrigeerd worden voor deze factor.

Temperatuureffect

Verwacht mag worden dat de temperatuur van invloed is op de ammoniakemissie. Dat is ook in figuur 1 al te zien: de hoogste emissies zijn in de zomer gemeten. Omdat ammoniakemissie een fysisch proces is, is een logaritmisch verband met de temperatuur verondersteld. Daarom is in figuur 3 de ammoniakemissie uitgezet tegen de temperatuur en is een (natuurlijke) logaritmische curve door de punten berekend.



Figuur 3 De ammoniakemissie (gNH₃/koe/dag) als functie van de staltemperatuur (°C) voor de zomer- en winterperiodes.

Er is een positief verband tussen temperatuur en ammoniakemissie. De waarnemingen zijn gesplitst in winter- en zomerperiode. Verwacht mag worden dat het temperatuureffect niet gelijk is voor deze periodes, omdat het rantsoen anders is en de dieren tijdens de zomerperiode een deel van de dag niet op stal staan. Opvallend is echter dat de curven voor de stal- en weideperiode in elkaars verlengde liggen. Dat betekent dat na temperatuurcorrectie de ammoniakemissie in zomerperiode en winterperiode van dezelfde grootte orde is. Blijkbaar compenseert het effect van het rantsoen met een hogere OEB en eiwitgehalte in de zomerperiode het effect van minder uren op stal in die periode. Op basis van alle waarnemingen is de volgende logaritmische functie berekend:

$$NH_3 = e^{(2,95 + 0,02868 \cdot (T_t - 15))}$$

waarbij T_t = etmaalstaltemperatuur [°C]

NH_3 = ammoniakemissie [gNH₃/koe/dag]

Bij iedere graad temperatuurstijging neemt de ammoniakemissie met 2,9% toe. Bij hoge temperaturen is de absolute stijging per graad Celcius dus groter dan bij lage temperaturen.

De temperatuur is niet de enige verklarende factor voor de ammoniakemissie; 32% van de variatie in de metingen is verklaarbaar door de temperatuur.

Om het effect van andere factoren te onderzoeken moeten de gegevens gecorrigeerd worden voor temperatuur. De statistische analyse berekent het effect van alle factoren afzonderlijk. Bij de grafische presentatie van de andere factoren hebben we alle waarnemingen omgerekend naar de referentietemperatuur van 15 °C. Deze temperatuur is gekozen omdat dit de standaard is bij ammoniakmetingen. Bij de omrekening is gebruikt gemaakt van de hiervoor genoemde e-macht. Het verschil tussen de meting en de ammoniakemissie volgens de e-macht bij de meettemperatuur wordt opgeteld bij de ammoniakemissie bij 15 °C berekend met de formule.

Bij bestudering van de grafieken moet goed gerealiseerd worden dat gecorrigeerd is naar 15 °C. De gemiddelde temperatuur was in de winter 6 °C en in de zomer 17 °C

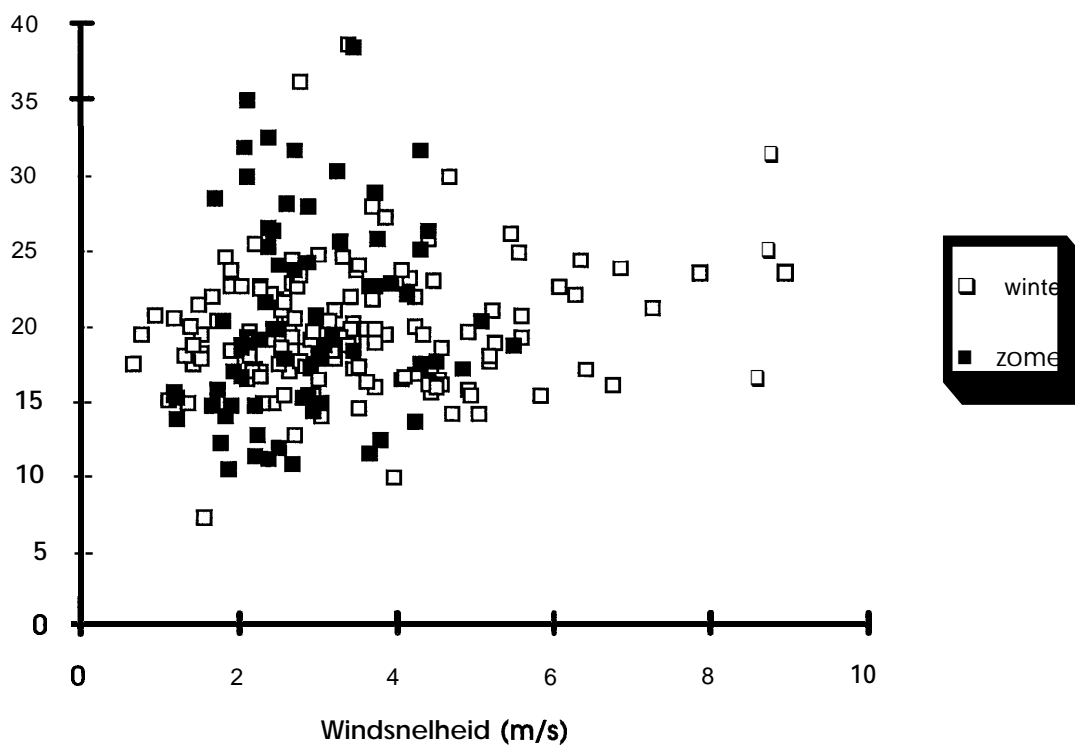
Windsnelheidseffect

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-0 van de stal. Daarom gebruiken we die windsnelheid om te onderzoeken of er een verband met de ammoniakemissie uit de stal is.

Er is geen duidelijk effect van de windsnelheid op de ammoniakemissie uit de stal als geen onderscheid in zomer en winter wordt gemaakt. De statistische analyse gaf dan ook niet aan dat windsnelheid een verklarende variabele is. Wanneer alleen naar de winterwaarnemingen wordt gekeken lijkt er een licht positief verband aanwezig.

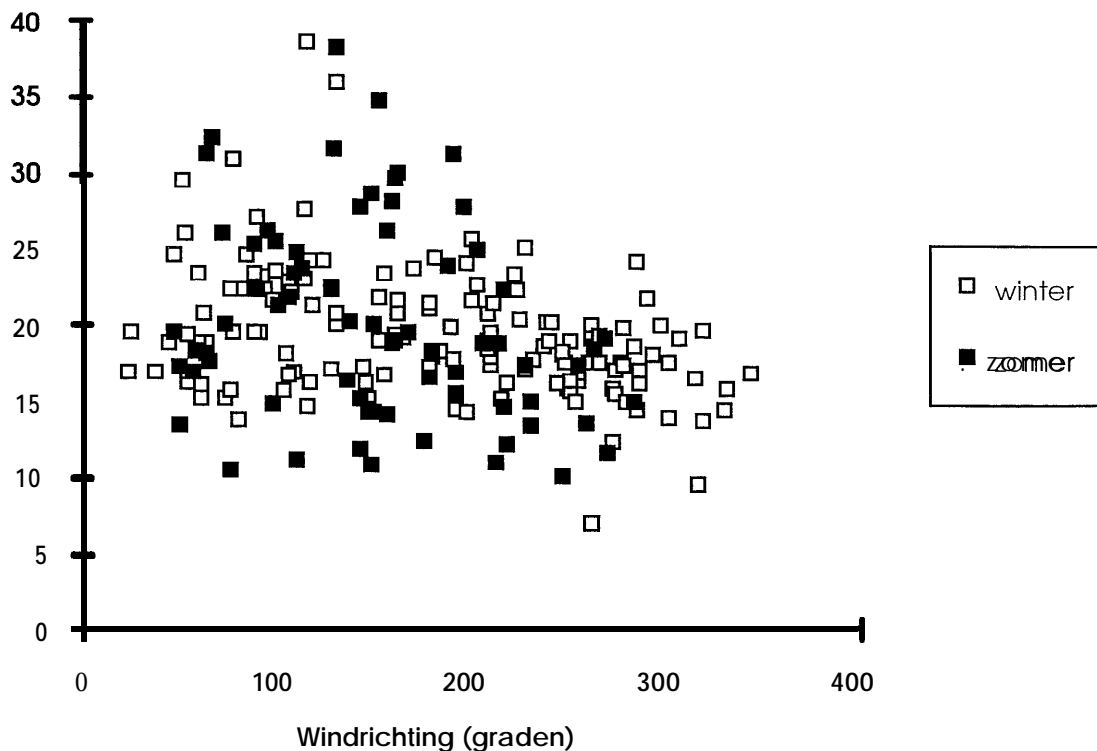
De winterwaarnemingen hebben we voor de daggemiddelden niet statistisch getoetst. Nog meer dan temperatuur heeft de wind een fluctuerend karakter. Daarom hebben we niet de gemiddelde windsnelheid van een dag, maar van een uur gebruikt voor een statistische toets. Hiervoor is de windsnelheid van 77 dagen tussen 14.00 en 15.00 uur in de winterperiode gebruikt.

Een verband tussen windsnelheid en ammoniakemissie uit de stal is voor deze gegevens niet aantoonbaar ($r^2 = 0,05$). Er lijkt een licht positief verband te zijn, maar dat is vooral het resultaat van enkele waarnemingen bij hoge windsnelheden.



Figuur 4 De ammoniakemissie (g NH₃/koe/dag) als functie van de daggemiddelde windsnelheid (in m/s) voor de zomer- en winterperioden

Windrichtingseffect



Figuur 5 De ammoniakemissie ($\text{gNH}_3/\text{koe}/\text{dag}$) als functie van de daggemiddelde windrichting (in graden) voor de zomer- en winterperiodes

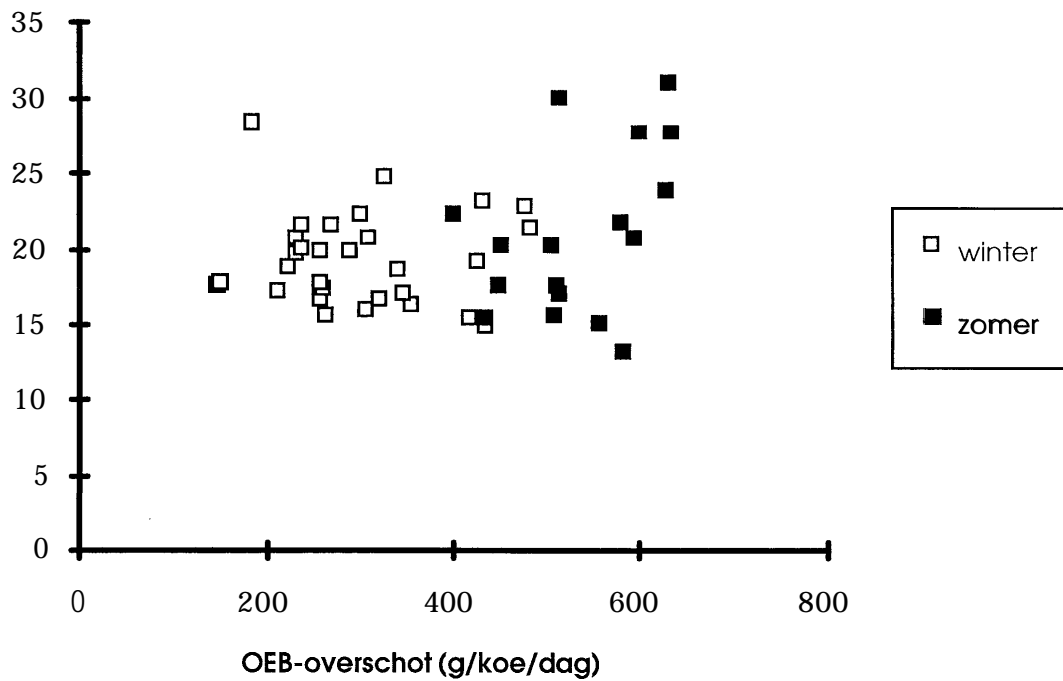
In figuur 5 is de ammoniakemissie tegen de windrichting uitgezet. Er lijkt geen duidelijk verband aanwezig tussen windrichting en ammoniakemissie. De statistische analyse geeft echter aan dat als de ammoniakemissie wordt ingeschat op basis van twee of meer factoren de windrichting steeds als significant wordt aangemerkt. Bijvoorbeeld met de factoren temperatuur en windrichting samen kan 40% van de variatie verklaard worden. Het is echter niet mogelijk om die interactie op een eenvoudige manier in een grafiek zichtbaar te maken.

De emissie lijkt het grootst bij wind uit de richting tussen 120 graden. Dit is aannemelijk, omdat wind uit deze richting vrij kan aanstromen (over de mais- en graskuilen) en de oostelijke zijwand de meeste openingen heeft.

Net als bij windsnelheid is middeling over een dag een te lange periode en kan beter over een uur worden gemiddeld. Die statistische toets is niet uitgevoerd.

Bij de statistische analyse is getoetst of een logaritmisch verband aanwezig is van de factor met de ammoniakemissie. Voor de windrichting is geen logaritmisch verband te verwachten, maar is er een hoek waar de emissie maximaal zal zijn, afhankelijk van de richting van de stal. Daarom is een andere statistische toets nodig, waarbij de waarnemingen in windklassen worden ingedeeld. Deze toets moet nog worden uitgevoerd.

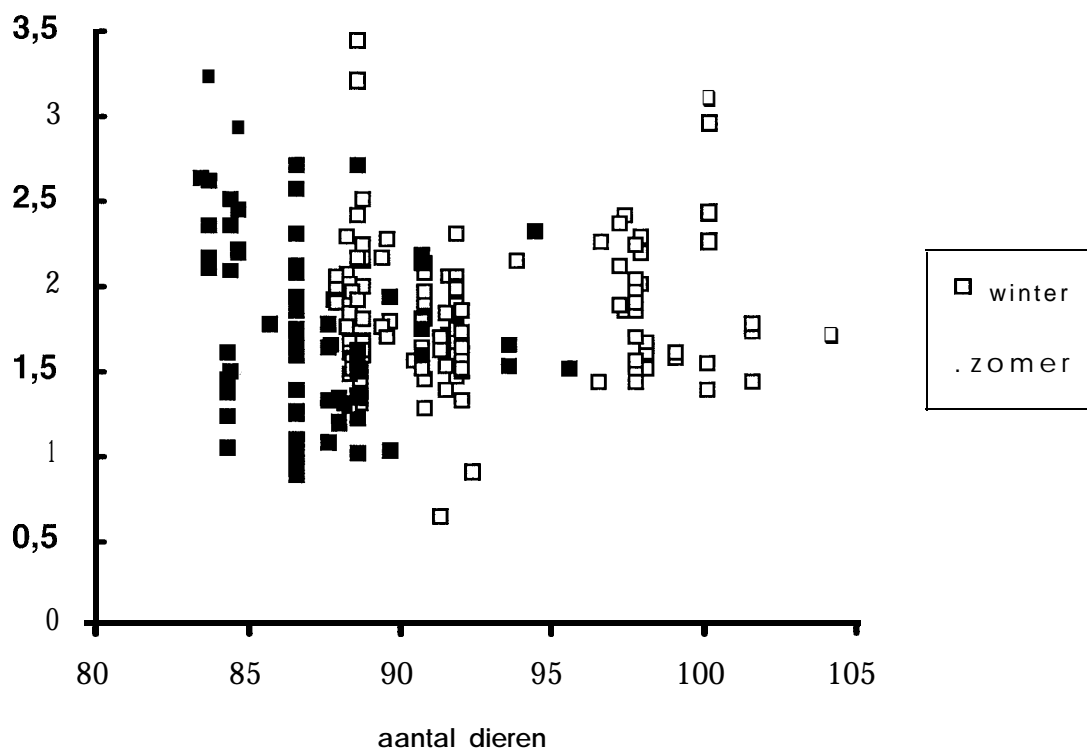
Voedingseffect



Figuur 6 De ammoniakemissie ($\text{gNH}_3/\text{koe/dag}$) als functie van de OEB van de melkkoeien

In figuur 6 is de ammoniakemissie uitgezet tegen de OEB van de dieren in de stal. De OEB is bij gebrek aan gegevens niet per dag, maar per week berekend. Daarom is de ammoniakemissie van de dagen binnen een week gemiddeld. In de zomer van 1995 was de OEB veel hoger dan in de stalperiode, zoals al vermeld in het hoofdstuk over de voeding van de dieren. Na temperatuurcorrectie is geen toename van de ammoniakemissie te zien als de OEB stijgt. De statistische analyse bevestigt dit. De verschillen in de ammoniakvervluchtiging kunnen voor 19% worden verklaard met de OEB. Dit betekent niet dat temperatuur en OEB samen 51% van de variatie verklaren.

Dierplaatsen of aanwezige dieren



Figuur 7 De ammoniakemissie (kg NH₃/dag) als functie van het aantal dieren in de stal

In figuur 7 is de ammoniakemissie uitgezet tegen het aantal dieren in de stal. De emissie is van de gehele stal en niet per aanwezige koe.

Je zou verwachten dat de ammoniakemissie toeneemt met het aantal dieren. Dit is hier echter niet het geval (zie figuur 7). Waarschijnlijk komt dit omdat het bevuild vloeroppervlak niet verandert als de hoeveelheid dieren in de stal wijzigt; althans binnen de grenzen die op De Marke worden toegepast.

3.5.2.3 Gemiddelde emissie per periode

Om de resultaten te kunnen vergelijken met de doelstellingen van De Marke en met emissiefactoren en ander onderzoek zullen we de gegevens splitsen in zomer- en winterperioden. De doelstellingen van De Marke zijn uitgewerkt tot emissies in beide perioden, maar zijn ook voor een geheel jaar geformuleerd. De emissiefactoren hebben alleen betrekking op de winterperiode. Een vergelijking van de resultaten in de zomerperiode met emissiefactoren heeft daarom geen zin. Toch zullen we bij de vergelijking ook de emissie in de zomerperiode aangeven. Daarmee wordt dan duidelijk gemaakt of het terecht is om de emissie van de zomerperiode buiten beschouwing te laten in de vaststelling van de emissiefactoren.

Resultaten in vergelijking met de doelstelling van De Marke

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		% emissie van N in de mest	
	Prognose	Gemeten	Prognose	Gemeten	Prognose	Gemeten
winter 94/95	4,7	4,7	3,4	3,3	5,2	4,1
zomer 95	2,7	4,4	1,9	3,4	5,2	7,0
winter 95/96	4,7+	4,2+	3,4+	3,2+	5,2	3,8
jaar 95/96	7,4	8,6	5,3	6,5	5,2	4,9

Mestproductiegegevens berekend door Hilhorst (1997).

Aanname: Mestproductie van het jongvee geproduceerd in de winter belandt voor driekwart in de kelder van de melkveestal en voor een kwart in de kelder van de jongveestal.

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.

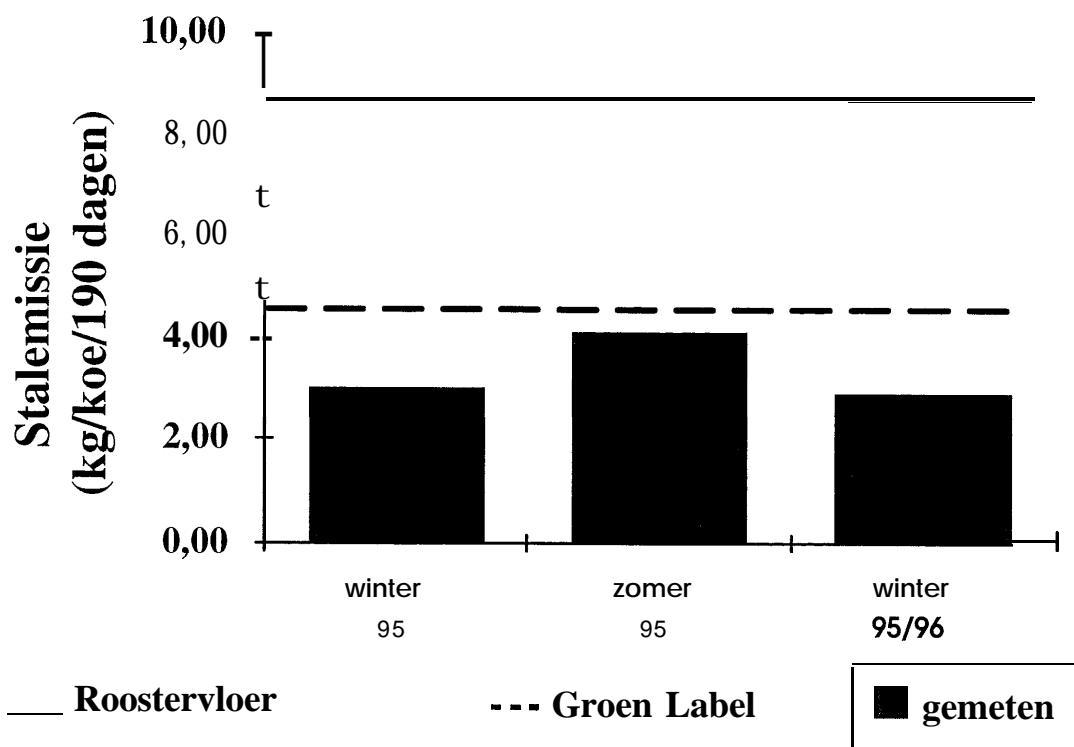
Bij de opzet van De Marke is een prognose opgesteld voor de ammoniakemissie uit de melkveestal. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen de winter- en zomerperiode, maar is over het hele jaar één vervluchtigingspercentage van de stikstof in de mest verondersteld (van 5,2%). Op basis van dit percentage 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 winter- en zomerperiode 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 zomer hoger is dan in de winter; 7,0 versus. 3,8%. Hiervoor is al duidelijk gemaakt dat de temperatuur van invloed is op de ammoniakemissie. Bij de bespreking van het temperatuureffect bleek dat de ammoniakemissie per dag per dier bij eenzelfde temperatuur in zomer en winter gelijk was. Omdat de mestproductie per koe in de stal in de zomer kleiner is dan in de winter is dus het

vervluchtigingspercentage in de zomer hoger, ook bij eenzelfde temperatuur. Bij 15 °C blijkt het vervluchtigingspercentage in de zomer 6,1% en in de winter 4,8%. Correctie voor de temperatuur maakt het verschil tussen de emissiepercentages in zomer en winter dus wel kleiner, maar er blijft een verschil. Op basis van het gehele boekjaar 95/96 blijkt dat de ammoniakemissie als percentage van de uitgescheiden stikstof in de mest lager is dan de prognose was; 4,9 versus. 5,2. Bij 15 °C is het gemeten vervluchtigingspercentage 5,2%.

De emissie per ha en per koe is echter hoger dan de prognose. Dit geeft aan dat het stalsysteem wel voldoet aan de verwachting om de ammoniakemissie met 60% te verminderen, maar dat de dieren meer stikstof uitscheiden in mest en urine dan was verwacht (Hilhorst 1997), waardoor de totale emissie hoger uit valt dan de prognose was.



Figuur 8 Ammoniakemissie ($\text{kg NH}_3/\text{koe}/190$ dagen) uit de melkveestal gemiddeld over de winter- en zomerperioden en omgerekend naar een periode van 190 dagen.

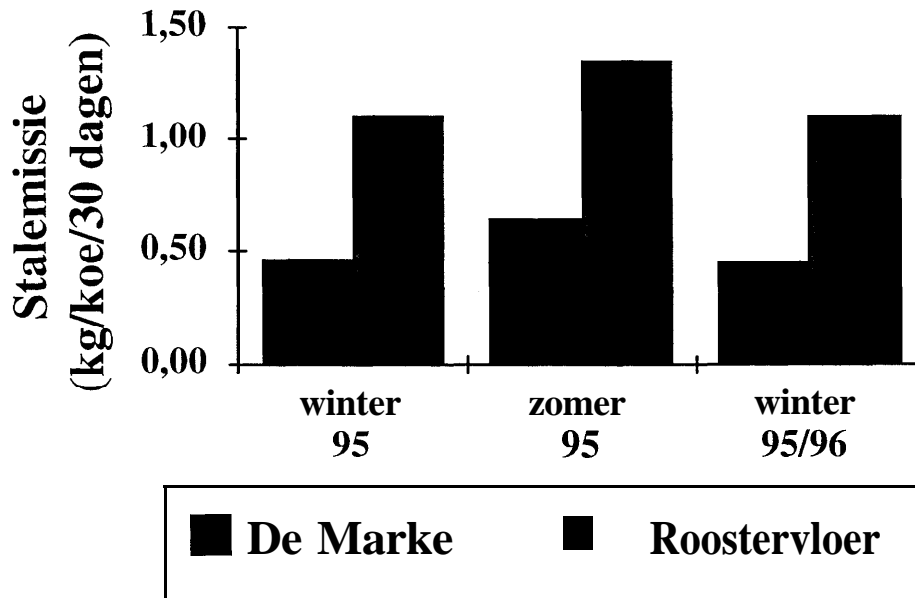
In figuur 8 is de gemiddelde ammoniakemissie van de drie perioden weergegeven. Hierbij is de ammoniakemissie omgerekend naar een periode van 190 dagen. Dit om de getallen vergelijkbaar te maken met de emissiefactoren die gebaseerd zijn op de periode van oktober tot mei. In figuur 9 zijn de emissiefactoren voor een traditionele roostervloerstal met mestkelder en voor een Groen Label stal met lijnen aangegeven.

In de winter is de emissie uit de ligboxenstal van De Marke 34% van de emissiefactor voor een traditionele stal. In de zomer is dat 48%, maar dat is geen goede vergelijking, omdat de emissiefactor alleen betrekking heeft op de winterperiode. Voor een goede vergelijking moet gecorrigeerd worden voor temperatuur.

Kroodsma e.a. (1995) schatten dat de gemiddelde staltemperatuur 10-11 °C is over de periode oktober tot mei. Correctie voor deze temperatuur levert een waarde op van 3,2 $\text{kg NH}_3/\text{koe}/190$ dagen voor de stal van De Marke, zowel in de zomer- als winterperiode. Dit is nog steeds minder dan de helft van de emissiefactor van een ligboxenstal met roosters. Een ligboxenstal komt in aanmerking voor Groen Label als met metingen aangetoond kan worden dat de ammoniakemissie met 50% of meer wordt gereduceerd ten opzichte van een ligboxenstal met roosters en kelder. In principe voldoet de stal van De Marke aan deze eis.

Gemiddelde ammoniakemissie per maand

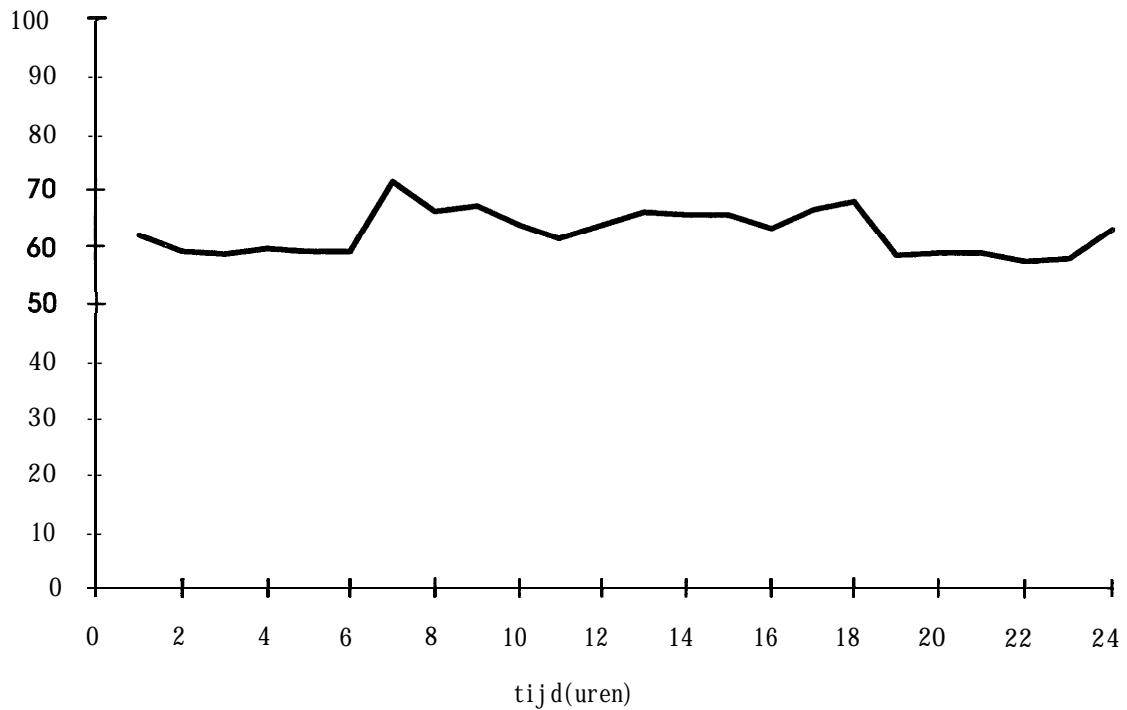
Zoals in paragraaf 3.1.3 is vermeld heeft de emissiefactor alleen betrekking op de winterperiode, maar is wel onderzoek gedaan naar de emissie tijdens de zomerperiode. Bij dit onderzoek (Boomaerts e.a. 1995) worden de emissies in de zomer- en winterperiodes per maand uitgedrukt. De resultaten van De Marke zijn daarom ook per maand berekend en vergeleken met de waarden die Boomaerts e.a. hebben gevonden.



Figuur 9 Ammoniakemissie (kg NH₃/koe/30 dagen) uit de ligboxenstal gemiddeld over de winter- en zomerperiodes.

In figuur 9 is de gemiddelde ammoniakemissie per koe per maand gegeven voor de drie periodes. Dit maakt een vergelijking mogelijk met de waarden die Boomaerts e.a. noemen voor een ligboxenstal met roostervloer en mestkelder. In de winterperiode is de ammoniakemissie van de ligboxenstal van De Marke 58% lager dan van de traditionele stal. In de zomerperiode is de reductie 52%.

Emissieverloop over de dag



Figuur 10 Gemiddelde ammoniakemissie (gNH₃/uur) over de dag

In figuur 10 is de gemiddelde ammoniakemissie per uur uitgezet. Er is daarbij gemiddeld over 24 meetdagen in de stalperiode. De standaardafwijking van alle waarnemingen is 4,8 gNH₃/uur. Aan de figuur kunnen we zien of de ammoniakemissie over de dag een bepaald verloop kent, door bijvoorbeeld perioden van verhoogde activiteit van de dieren. In tegenstelling tot de voorgaande gegevens betreft het hier de ammoniakemissie van alleen de CO₂-methode. De meetdata zijn niet gefilterd op pieken in de NH₃- en CO₂-concentratie en de waarnemingen met extreem hoge ventilaties zijn niet vervangen door waarden bepaald met het model Natvent. Dit omdat door een fout in de rekenprocedure deze waarden niet beschikbaar waren. In een later stadium zal de analyse wel met deze gegevens worden uitgevoerd. Bovendien kunnen dan meer meetdagen worden gebruikt. De 24 gebruikte dagen zijn dagen waarbij weinig geen extreem hoge ventilaties zijn gemeten en geen CO₂-pieken zijn opgetreden. De pieken in de NH₃-concentratie ten gevolge van de uitstoot van de trekker waren wel aanwezig.

De variatie over de dag laat een patroon zien. Tijdens de periode dat de koeien worden gemolken is een verhoging van de ammoniakemissie te zien. Statistisch bleek de variatie over de dag echter niet significant te zijn. Mogelijk dat bij gebruik van meer meetgegevens wel een variatie significant is vast te stellen. Doordat de waarnemingen gemiddeld zijn per uur en over 24 dagen worden pieken in de dagelijkse variatie minder duidelijk dan wanneer naar één dag wordt gekeken. Doordat de pieken korter duren dan een uur worden deze pieken gemiddeld met de lagere waarnemingen van dat uur. En wanneer de melktijden iets wijzigen zorgt dit ook voor middeling van pieken met lagere waarden op andere dagen. Het eerste is te ondervangen door de tienminuut waarnemingen te gebruiken. Voor het tweede probleem, de wisselende melktijden, is het nodig om de exacte melktijden te kennen.

Bij de statistische analyse van het verloop over de dag is verondersteld dat de waarnemingen tussen de uren niet onafhankelijk zijn, waardoor de standaardafwijking op alle metingen is gebaseerd en niet voor ieder uur afzonderlijk kan worden berekend. Aanname dat de emissie van de uren wel als afzonderlijk mogen worden beschouwd verandert de conclusie niet: de verschillen binnen de dag zijn niet significant.

3.5.2.4 Kosteneffectiviteit

Met kosteneffectiviteit wordt bedoeld de kosten van de maatregelen die toegepast zijn per kg verminderde ammoniakemissie. De maatregelen die genomen zijn om de emissie uit de stal te verminderen bestaan uit het aanbrengen van een dichte betonnen vloer met urinegoot en mestschuif in plaats van een roostervloer en aanpassingen van de voeding. De kosten van aanpassing van de voeding zijn moeilijk te achterhalen, omdat er geen goed vergelijkingsmateriaal is. Daarom berekenen we hier alleen de kosteneffectiviteit van de stal.

Hilhorst (1997) heeft de extra kosten van de stal van De Marke berekend ten opzichte van een stal met een roostervloer. Deze extra kosten bedragen jaarlijks f 12569,-, dat is f 222,- per ha per jaar, als alle mestgangen van een coating zijn voorzien. Een deel (77%) van de mestgangen is echter niet gecoat. De extra kosten zijn dan f 188,-

Voor berekening van de verminderde ammoniakemissie doen we de volgende aannamen:

- Het vetvluchtigingspercentage van een stal met roostervloer en kelder is 13% van de uitgescheiden stikstof (Monteny 1991).
- Het vervluchtigingspercentage van de melkveestal op De Marke is 4,9% van de uitgescheiden stikstof.
- De hoeveelheid uitgescheiden stikstof van de dieren is onafhankelijk van het stalsysteem en bedraagt 172 kg N/ha.

De verminderde ammoniakemissie op De Marke in vergelijking met een roostervloerstal bedraagt dan 13,9 kg N/ha. De kosten per kilogram stikstofbesparing komen hiermee op f 13,50 per kg N.

3.6 Discussie

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

Vloerafwerking

Het onderzoek met de Lindvalldoos op De Marke toonde aan dat aanbrengen van een epoxycementlaag op prefab betonelementen de ammoniakemissie met 23% verlaagd in vergelijking met kaal beton. Swierstra e.a. (1994) vonden in hun onderzoek een klein emissieverlagend effect van een epoxytroffellaag, maar dat effect was niet significant. De onderzoeken zijn niet helemaal vergelijkbaar, want in het onderzoek van Swierstra is gemeten in een mechanisch geventileerde stal. Bovendien is aan de stal als geheel gemeten en niet alleen op de vloer.

Effect van factoren

Het temperatuureffect op de ammoniakemissie is op De Marke drie procent. Dit effect is lager dan in ander onderzoek is gevonden. In onderzoeken van IMAG-DLO werden temperatuureffecten van 4,4 tot 8,4% vastgesteld (Elzing e.a. 1992, Bleijenberg e.a. 1995). De onderzoeken van IMAG-DLO 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. De temperatuur verklaart 32% van de variatie in de ammoniakemissie.

Uit de meetgegevens blijkt geen effect aanwezig van de windsnelheid op de ammoniakemissie. We hebben dat statistisch getoetst voor de windsnelheid gemiddeld per etmaal en voor de windsnelheid tussen 14.00 en 15.00 uur op basis van uurgemiddelden. Grafische weergave van de andere uurgemiddelden en ook 10 minuutgemiddelden duidt ook niet op een windsnelheidseffect. Dit hebben we niet statistisch getest. De windsnelheid is gemeten in de meteomast die op 200 m afstand van de stal is opgesteld. Het is niet uitgesloten dat bij meting van de windsnelheid in de stal zelf wel een effect op de ammoniakemissie zou worden vastgesteld.

De windrichting heeft invloed op de ventilatie en daarmee ook invloed op de stalemissie. 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.

Verwacht werd dat de voeding van invloed zou zijn op de ammoniakemissie. In dit onderzoek bleek echter dat de OEB maar een beperkte invloed had na correctie voor temperatuur. Maar de spreiding in OEB was in dit onderzoek ook gering.

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 rantsoenkenmerken (kVEM en DVE) zoveel mogelijk gelijk werden gehouden.

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.

Al met al kan 45% van de variatie in de gemeten ammoniakemissie verklaard worden door factoren die gemeten worden op De Marke. De rest van de variatie wordt veroorzaakt door onbekende factoren of meetfouten.

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). In vervolgonderzoek zal de samenstelling van de urine van de dieren worden gemeten.

Emissiepercentage van de uitgescheiden stikstof

De stal heeft aan de verwachtingen voldaan, want gemeten is een vervluchtigingspercentage van 4,9% van de uitgescheiden stikstof, terwijl bij de prognose was uitgegaan van een vervluchtigingspercentage van 5,2%. Een vervluchtiging van 4,9% 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). Ook in vergelijking met die onderzoeken is het vervluchtigingspercentage van de stal van De Marke laag. Dat het vervluchtigingspercentage van de uitgescheiden stikstof ruim 67% lager was dan van een traditionele stal duidt er wel op dat het stalsysteem de emissie sterk reduceert.

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 zomerperiode hoger dan in de winterperiode. Dit leidt er toe dat de ammoniakemissie per dier per dag in de zomerperiode niet lager is dan in de winterperiode, ondanks dat de dieren 8 à 10 uur buiten lopen in de zomerperiode. De hogere temperatuur in de zomerperiode kan dit maar voor een deel verklaren. Andere oorzaken kunnen zijn het andere rantsoen in de zomer, met een hogere OEB, het gebruik van het spoelsysteem, waardoor de vloer langer vochtig blijft als de koeien de stal hebben verlaten en de lagere veebezetting in de zomer, waardoor mogelijk de emissie uit de stal niet minder wordt, maar de emissie per kg N wel toeneemt.

Emissie per kg NH₃ per koe

De ammoniakemissie uit de stal bedroeg in de winterperiode 3 kg NH₃/koe/190 dagen. Ten opzichte van de emissiefactor voor melkkoeien in een ligboxenstal met roostervloer en kelder is dit een reductie van 66%. Scholtens e.a. (1996) komen in recent 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. De iets hogere emissie bij het onderzoek van Scholtens kan komen door een ander type dichte vloer (de vloer helt naar één kant, zodat de urine een langere weg moet afleggen), door de voeding (die waarschijnlijk meer stikstof bevatte) en door de temperatuur (die gemiddeld één graad Celcius hoger was). Daar staat tegenover dat in het onderzoek van Scholtens de vloer met 15 l/koe/dag werd gespoeld, terwijl De Marke nauwelijks de vloer spoelt in de winterperiode. Sproeien met 14 l/koe/dag reduceert de ammoniakemissie met 19% (Bleijenberg e.a. 1995).

Met een emissie van 3 kg NH₃/koe/190 dagen voldoet De Marke ruim aan de Groen Label norm, die stelt dat de ammoniakemissie met minimaal 50% moet worden gereduceerd.

Tot nog toe hebben we de emissie steeds uitgedrukt per aanwezig dier. De emissiefactoren zijn echter gedefinieerd per dierplaats. De stalbezetting van De Marke was in de zomer van 1995 90% en in de beide winterperiodes 80%. Wanneer we de resultaten van De Marke weergeven per dierplaats wordt de emissie in de winterperiode 2,5 en in de zomerperiode 3,6 kg NH₃/dierplaats/190 dagen.

Emissie uit de stal

De ammoniakemissie uit de stal is iets hoger (18%) dan de prognose was bij de opzet van De Marke. Dit wordt 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.

Emissieverloop over de dag

Uit onderzoek van IMAG-DL0 (Scholtens e.a. 1996) bleek de variatie gedurende de dag wel significant aantoonbaar. Mogelijk dat de variatie binnen de dag op De Marke wel aangetoond kan worden als meer dan 24 dagen worden gebruikt. In een volgend stadium zullen we een analyse met meer dagen uitvoeren.

3.7 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

- 1 De totale ammoniakemissie is 18% groter dan de prognose was bij de opzet van De Marke. De prognose van 7,2 kg N/ha wordt dus niet geheel gehaald.
- 2 De iets te hoge emissie uit de stal wordt veroorzaakt door een stikstofuitscheiding van de dieren die hoger is dan de prognose.
- 3 Het emissiepercentage van de uitgescheiden stikstof (4,9%) is iets lager dan de prognose (5,2%) . De stal functioneert met betrekking tot reductie van de ammoniakemissie goed en volgens verwachting.
- 4 De ammoniakemissie uit de stal is in de winterperiode 3 kg NH₃/koe/190 dagen. Dit is een reductie van 66% in vergelijking met een traditionele stal en voldoet daarmee aan de Groen Label eis.
- 5 Ondanks dat de dieren in de zomerperiode 8 à 10 uur buiten lopen is de ammoniakemissie uit de stal per dier per dag niet lager dan in de winterperiode. De verklaring ligt in de temperatuur en het rantsoen en mogelijk ook in andere factoren.
- 6 De ammoniakemissie neemt per graad temperatuur stijging toe met 3%.
- 7 Er is geen verband aantoonbaar tussen de windsnelheid, op tien meter hoogte in het open veld, en de ammoniakemissie uit de stal.
- 8 De windrichting is mede bepalend voor de ammoniakemissie uit de stal. Wind uit zuidoostelijke richting lijkt de hoogste ammoniakemissie te geven.
- 9 Dit onderzoek heeft geen verband kunnen aantonen tussen de OEB van het rantsoen van de dieren en de ammoniakemissie uit de stal. Het onderzoek was hiervoor ook niet opgezet: de spreiding van de OEB was relatief gering.
- 10 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.

Aanbevelingen

Meer registratie van tijdstippen van handelingen die van invloed zijn op de ammoniakemissie uit de ligboxenstal zijn gewenst om beter de meetwaarden te kunnen verklaren. Hierbij denken we aan het tijdstip van mestmixen, melktijden, voertijden en handelingen met de dieren (bijvoorbeeld klauwbekappen, waardoor de dieren langer op stal blijven in de weideperiode). Hierbij moet een evenwicht gezocht worden tussen de extra inspanning die voor dergelijke registraties nodig is en het belang van deze registraties.

Metingen van ureum in de urine van de melkkoeien zijn gewenst om een relatie te kunnen zoeken tussen ammoniakemissie en ureum in de urine enerzijds en tussen ureum in de urine en in de melk anderzijds. Dit maakt het mogelijk om een relatie te zoeken tussen de ammoniakemissie en het ureumgehalte in de melk. Mocht een dergelijke relatie bestaan dan zou in de toekomst de ammoniakemissie mede afgeleid kunnen worden uit het ureumgehalte in de melk, dat ook al wordt gemeten voor verbetering van het rantsoen.

3.8 Literatuur

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 sproeischuif 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.

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 Landbouwuniversiteit, Wageningen.

Hilhorst G.J. 1997. Mestproductie op De Marke In: deze publicatie.

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., C.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, C.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 landbouwkundig 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 7 988*. Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad

Schans F.C. van der 1997. Voedervoorziening. In: deze publicatie

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.

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.

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

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.



AB-DLO

4 Vervluchting van ammoniak in het veld

A.H.J. van der Putten

J.J.M.H. Ketelaars

AB-DLO

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
4.1 Inleiding	2
4.2 Materiaal en methoden	3
4.2.1 Theoretische aspecten van ammoniakvervluchtiging3
4.2.2 Veldmetingen	4
4.2.2.1 Inleiding	4
4.2.2.2 Methode van meten..5
4.2.2.3 Toedienen van dunne mest..10
4.2.2.4 Beweiding..10
4.2.3 Labmetingen	12
4.3 Resultaten	13
4.3.1 Veldmetingen..	13
4.3.2 Labmetingen	13
4.3.3 Ammoniakvervluchtiging bij beweiden en toedienen van dunne mest op 'De Marke'.....	14
4.4 Discussie en Conclusies	16
4.5 Literatuur	17
4.6 Bijlage: Metingen ammoniakvervluchtiging na toediening van drijfmest en urine op proefbedrijf 'De Marke' in 1997	18

Samenvatting

Op proefbedrijf 'De Marke' wordt een melkveebedrijf ontwikkeld en onderzocht dat, bij een gemiddelde melkproductie per hectare, kan voldoen aan toekomstige, stringente, milieueisen. Door de aanvoer van mineralen te beperken en efficiënt om te gaan met de op het bedrijf aanwezige mineralen, worden de verliezen zodanig beperkt dat aan de beoogde milieunormen kan worden voldaan. Aan deze normen is invulling gegeven door een maximum te stellen aan een aantal concrete verliesposten (nitraatuitspoeling, ammoniakvervluchtiging) en het mineralenoverschot.

De doelstelling van 'De Marke' voor ammoniakvervluchtiging uit mest is om deze te beperken tot maximaal $30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. Tot dusver werd de omvang van de ammoniakvervluchtiging op het bedrijf berekend door een standaard emissiepercentage te vermenigvuldigen met de hoeveelheid stikstof die een gegeven traject doorliep. De op die wijze geschatte ammoniakvervluchtiging bedroeg gemiddeld $21 \text{ kg ammoniak-N per ha}$. Hiervan was 11 kg afkomstig uit de stal, 2 kg ging verloren vanuit de opslag, 6 kg vervluchtigde uit urine en mest die werd uitgescheiden tijdens beweiding. Daarnaast vervluchtigde $2,5 \text{ kg}$ na toediening (zodeninjectie) van dunne mest op grasland en bijna $0,5 \text{ kg}$ na injectie van dunne mest op bouwland.

Deze hoeveelheden zijn schattingen gebaseerd op aangenomen emissiepercentages. Verbetering van de schatting van de hoogte van de ammoniakvervluchtiging kan door metingen op het bedrijf zelf uit te voeren. In de stal is hiertoe inmiddels een meetsysteem geïnstalleerd (Middelkoop, 1996). Daarnaast wordt door het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM) gewerkt aan een meetsysteem voor de mestopslag. Aan de ammoniakvervluchtiging na toedienen van dunne mest en bij beweiding zijn tot dusver slechts sporadisch metingen verricht,

Bij het meten van de ammoniakvervluchtiging is de methode een belangrijke factor. Tunnelmetingen hebben als beperking dat slechts een geringe oppervlakte kan worden door gemeten. Het resultaat heeft voornamelijk betrekking op de oppervlakte onder de tunnel en een vertaling naar het perceel of zelfs het bedrijf is moeilijk te maken. Tunnelmetingen zijn derhalve vooral geschikt om verschillen tussen behandelingen of methoden van mesttoediening inzichtelijk te maken. Een alternatief voor tunnelmetingen is de zogenaamde meetmasten-methode. Deze methode heeft als voordeel dat een (deel van een) perceel kan worden doorgemeten. De methode stelt echter wel eisen aan de omgeving en de perceelsvorm en is arbeidsintensief en daarmee kostbaar.

Om meer kwantitatieve gegevens omtrent de ammoniakvervluchtiging na het toedienen van dunne mest en bij beweiding op De Marke te verkrijgen, zijn in 1996 en 1997 tunnelmetingen verricht. In 1996 werden metingen verricht na mesttoediening op bouwland vóór inzaai van gras en maïs na zodenbemesting op grasland in voorjaar en zomer en na toediening van kunsturine in drie doseringen. De gemeten niveaus van vervluchtiging zijn vergeleken met 'normatieve emissiepercentages'. In het lab werden voorts metingen verricht aan de omzetsnelheid van ureum in grond afkomstig van verschillende percelen van het bedrijf. Op basis van de combinatie van resultaten van de tunnelmetingen en de experimenten in het lab zijn modelberekeningen uitgevoerd, waarmee schattingen zijn verricht omtrent de hoogte van de ammoniakvervluchtiging op het bedrijf vanaf 1993.

De uitgevoerde metingen en berekeningen suggereren dat de doelstelling voor ammoniakvervluchtiging van het proefbedrijf zowel bij toediening van dunne mest als beweiding wordt overschreden. Dit omdat meer stikstof op het bedrijf in omloop is dan oorspronkelijk was berekend en omdat de gemeten emissiepercentages bij het toedienen van dunne mest en bij beweiding hoger waren dan in de uitgangspunten was verondersteld. Met betrekking tot de gemeten emissiepercentages vallen vooral de hoge emissiepercentages na toedienen van mest via zodenbemesting in negatieve zin op.

Zeker in het voorjaar bij toedienen van dunne mest op grasland op kale, harde, grond was de gemeten emissie ten opzichte van het geprognoseerde emissiepercentage (gebaseerd op zodeninjectie) bijna een factor drie hoger. Bij toedienen van dunne mest in de zomer was het emissiepercentage weliswaar lager, maar nog altijd bijna een factor twee hoger dan aangenomen in berekeningen die ten grondslag liggen aan de bedrijfsopzet.

Ook bij het toedienen van dunne mest op bouwland vervluchtigde enige ammoniak. De hoeveelheden bedroegen echter slechts enkele kilogrammen en lijken inherent aan het toedienen van dunne mest.

De ammoniakvervluchtiging uit (kunst)urine kwam ongeveer overeen met de verwachtingen. Ook het gedrag van de grond op 'De Marke' kwam overeen met hetgeen eerder in experimenten op andere gronden was waargenomen. In deze proeven werden duidelijk verschillen tussen de verschillende percelen in omzettingssnelheden aangetoond. Het is echter ook duidelijk dat het grondgebruik en de intensiteit van beweiding dominerende factoren zijn die de ammoniakvervluchtiging bepalen.

De gegevens omtrent ammoniakvervluchtiging en de daaruit berekende hoeveelheden voor het totale bedrijf dienen echter met de nodige voorzichtigheid gehanteerd te worden. Een herhaling van de tunnelmetingen na zodenbemesting in de zomer van 1997 gaf sterk afwijkende resultaten met zelfs negatieve waarden voor de emissie (Ketelaars, 1998). Na toediening van natuurlijke urine en ureumoplossing werden wel vergelijkbare waarden gemeten. inspectie van de gegevens toonde aan dat de resultaten zeer gevoelig zijn voor de concentraties aan ammoniak in de ingaande lucht. Wanneer tunnels geplaatst worden op praktijkpercelen die over het gehele oppervlak bemest zijn, worden hoge maar ook zeer variabele concentraties in de ingaande lucht gemeten. Bij lokale toediening van urine of ureumoplossing is er een veel geringere belasting van de ingaande lucht met ammoniak. De conclusie is dat het resultaat van tunnelmetingen sterk beïnvloed wordt door de plaatsing van de tunnel t.o.v. het ammoniakverdampende oppervlak. Verschillen in situering van de tunnels op het perceel en t.o.v. de heersende windrichting beïnvloeden vermoedelijk de ammoniakconcentratie in de ingaande lucht en daarmee het meetresultaat. Mogelijk verklaren deze verschillen de uiteenlopende uitkomsten in 1996 en 1997.

4.1 Inleiding

Op proefbedrijf 'De Marke' wordt onderzocht in hoeverre en tegen welke inspanningen en kosten een melkveebedrijf met een gemiddeld melkquotum per hectare kan voldoen aan toekomstige, stringente, milieueisen. Het systeem dat hiervoor is bedacht, verschilt qua opzet niet wezenlijk van het momenteel gangbare bedrijf. Door efficiënter om te gaan met zowel de aangevoerde als de op het bedrijf aanwezige mineralen kan een ongeveer gemiddelde afvoer van mineralen worden gerealiseerd bij veel lagere verliezen van mineralen.

Wanneer de aanvoer van mineralen wordt beperkt zal de dierlijke mest op het bedrijf steeds meer de basis vormen voor de bemesting van de gewassen. Voor vluchtige en mobiele elementen zoals stikstof is het daarbij van belang de mogelijkheden voor verlies van mineralen zoveel mogelijk te beperken. Het grootste directe verlies uit dierlijke mest is de vervluchtiging van stikstof in de vorm van ammoniak. In de melkveehouderij treedt ammoniakvervluchtiging op uit de stal, tijdens de opslag van mest, uit de door het vee uitgescheiden mest en urine in de weide en bij het toedienen van dunne mest. Daarnaast vervluchtigt enige ammoniak uit het gewas zelf (Bussink, 1992).

Een additionele motivatie om de ammoniakvervluchtiging te beperken zijn de negatieve effecten van ammoniak op het milieu. Extreem hoge concentraties aan ammoniak kunnen leiden tot gewassschade. Belangrijker is dat vervluchtiging van ammoniak leidt tot een toename van de depositie van stikstof. Dit kan leiden tot verzuring van de bodem en eutrofiëring van natuurgebieden, hetgeen veranderingen in flora en fauna met zich meebrengt. Vanwege dergelijke negatieve effecten op het milieu is de noodzaak ontstaan de ammoniakvervluchtiging te kwantificeren en tot maatschappelijk aanvaardbare niveaus te beperken. Het proefbedrijf voor melkveehouderij en milieu 'De Marke' heeft als doelstelling de vervluchtiging van ammoniak uit mest te beperken tot maximaal $30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. Tot dusver werd de ammoniakvervluchtiging berekend door een standaard emissiepercentage te vermenigvuldigen met de hoeveelheid stikstof die een gegeven traject doorliep. Van de 21 kg ammoniak-N per ha die volgens dergelijke berekeningen per jaar op 'De Marke' uit dierlijke mest verloren is gegaan was 11 kg afkomstig uit de stal (7% van de op stal uitgescheiden N), 2 kg ging verloren vanuit de opslag (1% van de N in de mest in de opslag), en 6 kg ammoniak-N vervluchtigde uit de urine en mest die werd uitgescheiden tijdens beweiding (8% van de N in de uitgescheiden urine en mest), Daarnaast verdween 2,5 kg door vervluchtiging na de toediening (zodenbemesting) van dunne mest op grasland en 0,3 kg (!) na injectie van dunne mest op bouwland (gemiddeld 2% van de N in de mest),

De gehanteerde emissiepercentages zijn het resultaat van inschattingen gebaseerd op experimenten op proefvelden die - vaak - onder min of meer gestandaardiseerde omstandigheden werden uitgevoerd. Dit maakt dat bij de berekende cijfers rond de hoogte van de ammoniakvervluchtiging op het bedrijf enige vraagtekens kunnen worden geplaatst.

Omdat het praktisch gezien niet realiseerbaar (of te kostbaar) is een constante monitoring van de ammoniakvervluchtiging bij het toedienen van mest en bij de beweiding uit te voeren, is gekozen voor een aanpak waarbij via gerichte waarnemingen in een aantal experimenten wordt getracht voldoende informatie te verzamelen over het niveau van en de dynamiek in de ammoniakvervluchtiging op percelen van 'De Marke'. Op basis van dergelijke gegevens plus aanvullende (eenvoudige) waarnemingen m.b.t. weer en bodem wordt getracht een betere inschatting te maken over de hoogte van de ammoniakvervluchtiging en op basis daarvan over de effectiviteit van de gehanteerde toedieningsmethoden. Doel van de metingen is dus niet in de eerste plaats het rechtstreeks meten van de hoogte van de ammoniakvervluchtiging op 'De Marke', maar het ontwikkelen van een rekenmethode op basis waarvan de inschatting van de hoogte van de ammoniakvervluchtiging op 'De Marke' kan worden verbeterd. Op basis van de resultaten hiervan kan vervolgens de emissie voor een range van omstandigheden (ook in historisch perspectief) worden ingeschat.

4.2 Materiaal en methoden

4.2.1 Theoretische aspecten van ammoniakvervluchtiging

De vervluchtiging van ammoniak komt op gang zodra mest/urine in contact komt met de omgevende lucht. Een complex van factoren bepaalt daarbij de snelheid van en de mate waarin de vervluchtiging van ammoniak optreedt. Grofweg kunnen deze factoren worden ingedeeld in de volgende categorieën

- De aard en samenstelling van het toegediende materiaal (dunne mest, urine, faeces);
- De hoeveelheid en de wijze waarop het materiaal wordt toegediend en vervolgens verdeeld over de bodemlagen (methode van toediening, de hoeveelheid en de concentratie van de ammonium die wordt toegediend);
- De weersomstandigheden en (variabele) bodemkarakteristieken: verspreiding van de ammonium over de (relevante) bodemlagen, neerslag, de bodemtemperatuur, het bodemvochtgehalte;
- De (meer vaste) bodemkarakteristieken: CEC, pH-bufferend vermogen van de grond, omzettingssnelheid van ureum naar ammonium en van ammonium naar nitraat.

Een van de belangrijkste factoren die de hoogte van de ammoniakvervluchtiging bepaalt, is de methode waarmee het materiaal wordt toegediend. In deze wordt 'methode' van toediening in een brede context gebruikt: ook het door weidend vee uitscheiden van mest en urine wordt als een methode van toediening behandeld.

Daarnaast zijn de karakteristieken van het materiaal dat wordt toegediend van belang (met name de hoeveelheid stikstof in ammoniumvorm). In de uitgevoerde experimenten zijn als materialen dunne mest en urine onderscheiden.

De chemische eigenschappen van de bodem bepalen in welke mate ammonium in de bodem wordt gebonden. Daarmee wordt ook de hoeveelheid bepaald die vrij in oplossing komt en in principe het risico loopt te vervluchtigen.

Weersomstandigheden tenslotte kunnen zowel een stimulerend (hoge temperatuur) als een beperkend (neerslag, verdeling over lagen) effect hebben op de omvang van de ammoniakvervluchtiging.

Om de ammoniakvervluchtiging te berekenen kunnen verschillende rekenmethoden worden toegepast. Een van de voorbeelden van zo'n berekeningswijze is de formule van Sherlock & Goh (1984, 1985a,b; vergelijking [1]).

Deze formule is verder uitgewerkt, getoetst en vereenvoudigd op basis van resultaten van onderzoek met windtunnels. Deze vereenvoudigde formule is vervolgens toegepast in onderzoek op proefbedrijf 'Droevendaal'. De vereenvoudigde formule maakt het mogelijk dat met slechts enkele waarnemingen een inschatting kan worden verkregen omtrent de hoogte van de ammoniakvervluchtiging op dagbasis onder invloed van perceels- en weersfactoren.

Om de vereenvoudigde formule van Sherlock en Goh in te kunnen vullen zijn in eerste instantie dagelijkse metingen van oppervlakte-pH en bodemtemperatuur gewenst. Daarnaast dient het vochtgehalte in de bodemlaag 0-5 cm te worden bepaald.

$$[1] \quad \text{NH}_3\text{-vervluchtiging (kg N ha}^{-1}\text{ dag}^{-1}) = k * \text{NH}_{\text{xtot}} / (K_h * M_v * Q * (D + 1))$$

waarin:

k massa transport coëfficiënt (-)

NH_{xtot} De total ammoniumconcentratie in de laag 0-5 cm (kg ha^{-1})

K_h de Henry's evenwichtsconstante tussen opgelost en gasvormige ammoniak;

M_v bodemvochtgehalte (g liter^{-1})

$1/D+1$ de fractie van de NH_{xtot} die aanwezig is in het bodemvocht (-)

$1/Q$ fractie van de ammoniak opgelost in het bodemvocht als fractie van het totale gehalte NH_{xtot} in het bodemvocht (-).

Getracht is door een combinatie van metingen met tunnels in het veld en met grond van 'De Marke' in het lab uitspraken te doen over de ammoniakvervluchtiging na toediening van dunne mest en beweiding. Op de uitvoering van deze metingen zal in de volgende paragrafen nader worden ingegaan.

4.2.2 Veldmetingen

4.2.2.1 Inleiding

Het is praktisch gezien niet realiseerbaar, een permanente monitoring van de ammoniakvervluchtiging bij het toedienen van dunne mest en bij beweiding uit te voeren. Niet alleen qua menskracht en kosten, maar ook meettechnisch. Bijvoorbeeld bij beweiding gaat de ammoniakvervluchtiging tenminste een aantal dagen door terwijl de dieren alweer in een ander perceel weiden en ook daar ammoniakvervluchtiging op gang komt. Daarom is gekozen voor een meer getrapte aanpak.

Ondanks een aantal kritische geluiden is in dit onderzoek de tunnelmethode toegepast om de ammoniakvervluchtiging op bedrijfsniveau beter te kunnen kwantificeren. Hierbij zijn we ons ervan bewust geweest dat de tunnelmethode een methode is die met een aantal voor- en een aantal nadelen is omgeven. Tunnelmetingen zijn vooral geschikt voor onderzoeken waarin de omstandigheden min of meer constant mogen zijn. Daarnaast is de tunnelmethode geschikt voor het kwantificeren van onderlinge verschillen (vergelijking van verschillende methodes van toediening of mestsoorten). De resultaten zijn dan relatief ten opzichte van elkaar onder nagenoeg vergelijkbare omstandigheden.

In de metingen is ervoor gekozen de ingaande lucht niet vooraf te zuiveren van ammoniak. De veronderstelling is dat zuivering tot een overschatting van de vetvluchtiging zou kunnen leiden.

Voordelen van toepassing van de tunnelmethode is dat de opstelling relatief klein en overzichtelijk is en daarmee betrekkelijk eenvoudig kan worden ingepast in de bedrijfsvoering op een 'praktijk'bedrijf zonder dat het productieproces te zeer wordt verstoord. Daarnaast kan het aantal monsters en de benodigde arbeidsinzet beperkt blijven evenals de totale onderzoekskosten. Hiermee is het een goed beheersbare methode die, met de nodige voorbehouden, ook voor toepassingen op bedrijfsniveau kan worden gebruikt. Belangrijke punten bij het werken met windtunnels is dat de bemonsterde oppervlakte beperkt is. Bij metingen onder 'praktijk' omstandigheden is dit lastig. Binnen de gegeven ruimte (zie Figuur 2) werd dan ook een visueel representatieve plek voor de metingen gekozen. Daarnaast moeten aspecten rond neerslag en condensvorming goed in het oog worden gehouden. Een separaat probleem blijft het opschalen van resultaten naar perceels- en bedrijfsniveau.

Wellicht dat de meetmasten methode geschikter is voor het onderzoeken van emissie na het toedienen van meststoffen onder invloed van methode en weersomstandigheden op perceelsniveau. De methode is echter bewerklijker en vraagt een grote inzet van menskracht en apparatuur. Mede hierdoor kunnen de totale onderzoekskosten hoog oplopen. Voor de meetperiode in kwestie zijn er geen opschalingsproblemen, maar voor voorspellingen naar andere beweidingperiodes/mesttoedieningen blijven beperkingen bestaan.

Door metingen in het veld met windtunnels wordt een indicatie verkregen van de effectiviteit van emissiereducerende maatregelen en het belang van de processen die bij ammoniakvervluchtiging een rol spelen. Zodoende wordt met de tunnelmetingen in een beperkt aantal experimenten - via gerichte waarnemingen - voldoende kwantitatieve informatie verzameld over de dynamiek van de ammoniakvervluchtiging op verschillende percelen van 'De Marke'.

Daarnaast werden metingen in het laboratorium uitgevoerd (paragraaf 2.3). Op basis van de combinatie van alle gegevens moet het vervolgens mogelijk zijn om door middel van enkele (eenvoudige) aanvullende metingen tot een goede inschatting te komen van de hoogte van de ammoniakvervluchtiging op perceelsniveau.

Doel van de metingen is dus niet direct het meten van de hoogte van de ammoniakvervluchtiging, maar het voor de percelen van 'De Marke' kwantificeren van de factoren die de ammoniakvervluchtiging beïnvloeden. Met het verkregen cijfermateriaal kan vervolgens de ammoniakvervluchtiging voor een willekeurig perceel van 'De Marke' voor een range van omstandigheden (dus ook voor het verleden) worden berekend.

4.2.2.2 Methode van meten

Voor het meten van de ammoniak vervluchtiging is gebruik gemaakt van een systeem van windtunnels (zie Figuur 1). Met deze windtunnels zijn de afgelopen 10 jaar diverse onderzoeken uitgevoerd naar zowel de ammoniakvervluchtiging na toediening van dunne mest (o.a. Vertregt & Selis, 1990) als de vervluchtiging van ammoniak uit in de weide uitgescheiden urine en mest (o.a. Vertregt & Rutgers, 1988).

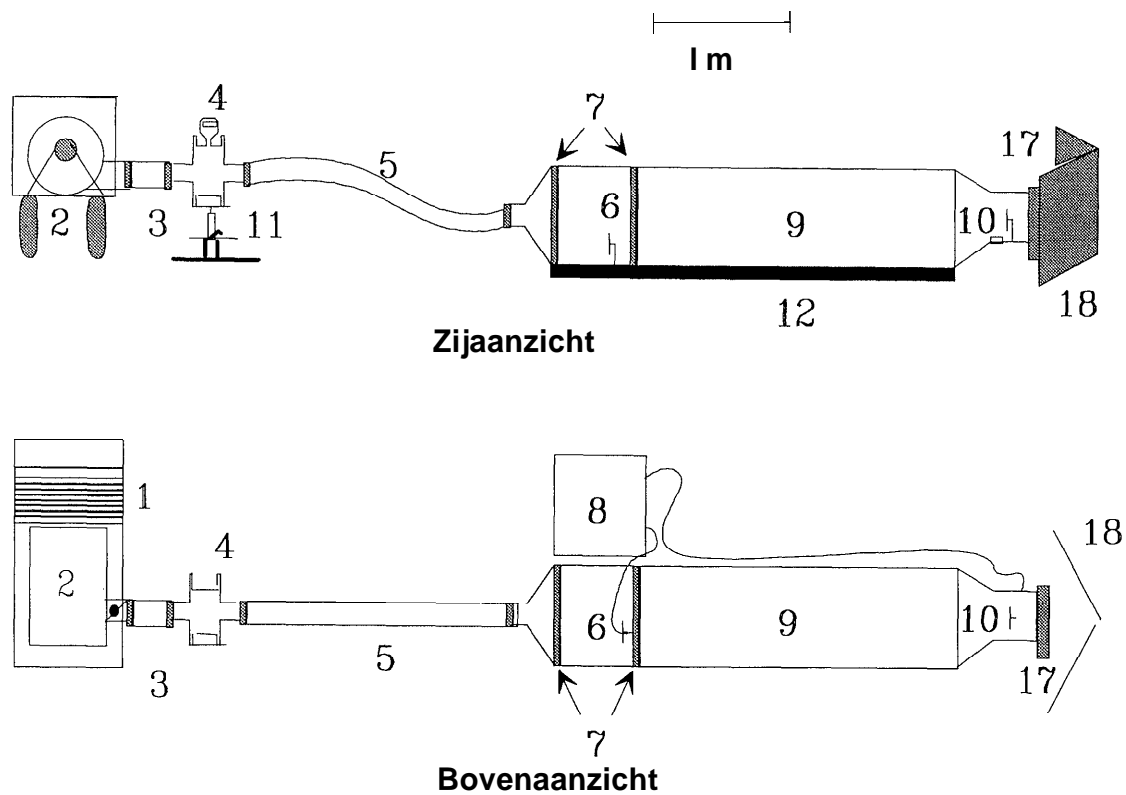
Voor uitvoeren van de metingen wordt een tunnel van transparant polycarbonaat over de door te meten oppervlakte geplaatst en afgesloten van de omgeving. Via een ventilator wordt met een constante snelheid (1 m s^{-1}) lucht door de tunnel geblazen, waarbij een klein deel van de lucht bij het binnenkomen en verlaten van de tunnel door een wasfles gevuld met verdund fosforzuur wordt geleid. Dit fosforzuur bindt de in de lucht aanwezige ammoniak. Op gezette tijden worden de wasflessen verwisseld en de concentratie van ammoniak in de wasflessen bepaald.

In 7- tot 1 @daagse meetperiodes worden dagelijks, oppervlakte-pH van de bodem, bodemtemperatuur, en ammoniakvervluchtiging gemeten bij een 'constante' windsnelheid.

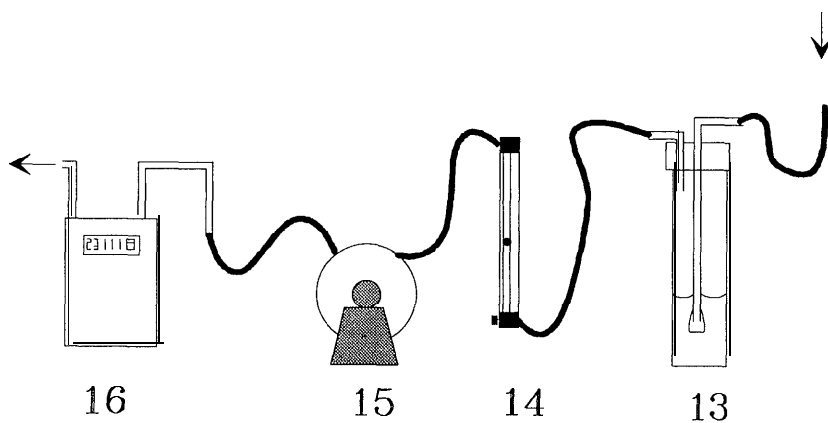
Bij kwantificering van de ammoniakvervluchtiging bij beweiding is in eerste instantie gewerkt met kunsturine. Dit is gedaan vanwege de mogelijkheden om de N-concentratie in de urine beter te kunnen manipuleren en variëren. In 1997 zal ook urine van het vee op 'De Marke' worden verzameld en worden gebruikt voor emissiemetingen.

Tunnelmetingen hebben als beperking dat slechts een geringe oppervlakte kan worden doorgemeten. Daarnaast wordt wel eens opgemerkt dat door de constante windsnelheid in de tunnels geen dauwvorming ontstaat, waardoor de emissie wat hoger kan zijn. Tevens wordt wel gesteld dat ook door de afwezigheid van resorptie van vervluchtigde ammoniak door het gewas de resultaten van de tunnelmetingen wat hoger uit kunnen vallen. Dit geldt wellicht voor metingen aan urine, maar niet voor metingen aan ammoniakvervluchtiging na de toediening van dunne mest waarbij de achtergrondconcentratie over het hele perceel ongeveer even hoog is. Voordelen van de tunnelmetingen zijn dat gericht, aan hetzelfde object, in de tijd waarnemingen kunnen worden verricht. Een alternatief voor tunnelmetingen is de zogenaamde meetmasten-methode. Deze methode heeft als voordeel dat een perceel, of een deel van een perceel, als geheel kan worden doorgemeten. Deze methode van meten is vrij arbeidsintensief, maar heeft voor deze toepassing als belangrijkste nadeel dat minder gericht kan worden gemeten aan afzonderlijke objecten, zodat extrapolatie van gemeten waarden moeilijk is.

De resultaten van tunnelmetingen bestaan uit informatie over de dynamiek van en de totale ammoniakvervluchtiging onder de tunnel en informatie over de omstandigheden waarin die vervluchtiging zich voor heeft gedaan.



Figuur 1a Schematisch overzicht van de gebruikte windtunnels. Voor een verklaring van de cijfers zie de legenda bij Figuur 1 b.



Figuur 1 b Schematisch overzicht van de opzet van de bemonsteringsopstelling in de windtunnels

legenda:

- | | | |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------|
| 1. stoff i lter | 7. ketsplaat | 13. wasfles |
| 2. ventilator | 8. bemonsteringsopstellingen | 14. flow meter |
| 3. flow stabilisator | 9. polycarbonaat tunnel | 15. pompje |
| 4. turbine meter | 10. tweede bemonstingspunt | 16. balgen gasmeter |
| 5. flexible slang | 11. bodemplaat | 17. rooster |
| 6. eerste bemonsteringspunt | 12. metalen frame | 18. windscherm |

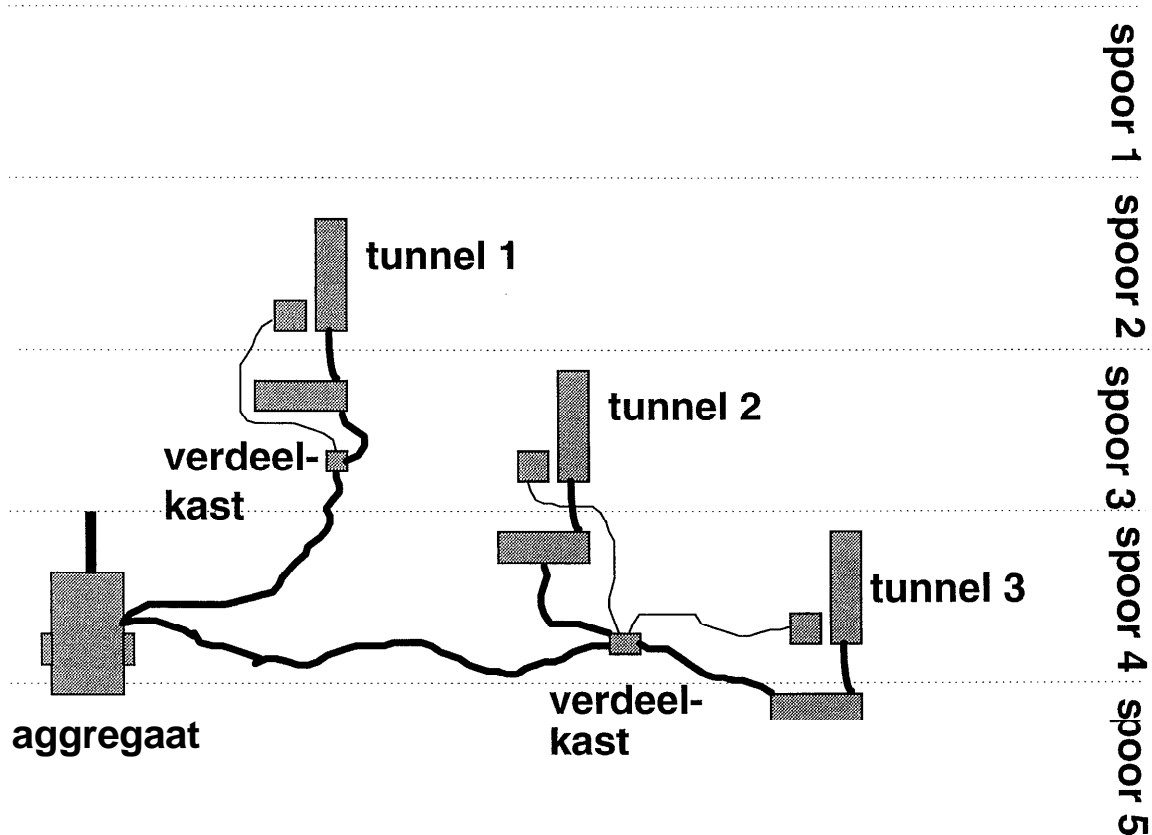
De bouw en opzet van de windtunnels is in grote lijnen gelijk aan die van Lockyer (Lockyer & Whitehead, 1990). De experimentele oppervlakte wordt afgesloten van de buitenlucht door middel een U-vormige polycarbonaat tunnel van $2.00 * 0.55$ m met een hoogte van 0.6 m. Deze tunnel wordt gemonteerd op een ijzeren frame dat in de grond wordt gebracht tot een diepte van ongeveer 10 cm om lekkage te voorkomen. De tunnel werd verbonden met een wagentje waarin een elektrisch aangedreven ventilator was ondergebracht. Hiermee werd lucht over de experimentele oppervlakte geblazen met een debiet van ongeveer $1200 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$. Dit correspondeert met een luchtsnelheid van ongeveer $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, een snelheid waarbij de meest realistische klimatologische condities (temperatuur, wind) in de tunnel worden verkregen (Sherlock & Goh, 1984).

De ammoniakconcentraties in de lucht werden bij het binnenkomen en het verlaten van de tunnel bepaald door continue een deel van de luchtstroom te bemonsteren. Dit gebeurde via een stervormig bemonsteringspunt dat lucht door gaswasflessen leidde. De gaswasflessen waren gevuld met 80 ml 0.8 M fosforzuur (H_3PO_4). Gewoonlijk werden de gaswasflessen eenmaal daags verwisseld. Bij aanvang van een meetperiode gebeurde dit echter frequenter. De hoeveelheid lucht die door de tunnel en de afzonderlijke gaswasflessen was geleid werd elke keer bij het vervangen van de gaswasflessen genoteerd.

De ammoniakvervluchtiging werd berekend uit het verschil tussen de $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie in de ammoniakvallen in het begin (NH_4a ; nummer 6 in Figuur 1a) en het einde van de tunnel (NH_4b ; nummer 10 in Figuur 1a). Daarbij wordt rekening gehouden met de luchtstroom ($t_{2a} - t_{1a}$) die door de afzonderlijke bemonsteringsopstellingen (a & b) is geleid en gecorrigeerd voor de fractie van de lucht van het totale volume van de lucht dat door de tunnel wordt geblazen. Deze concentraties worden vervolgens vermenigvuldigd met de totale hoeveelheid lucht die door de tunnel is geblazen en gecorrigeerd voor de oppervlakte van de tunnel en de tijdsduur van de metingen (in uur) en omgerekend van gram naar kilogram om de ammoniakvervluchtiging in $\text{kg N ha}^{-1} \cdot \text{uur}^{-1}$ te verkrijgen.

De verwisselde gaswasflessen werden zo snel mogelijk gekoeld opgeslagen. Na afloop van een meetperiode werden de gaswasflessen overgebracht naar het lab en daar door demiwater toe te voegen op een vast volume (100 ml) afgegoten. Vervolgens werd de ammonium-N concentratie in de H_3PO_4 oplossingen colorimetrisch (Bietz, 1974) in a continue flow analyse apparaat (Traacs) bepaald. De detectielemiet van deze methode is $14 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, hetgeen overeenkomt met een ammoniak vervluchtiging van $0,029 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dag}^{-1}$ bij een luchtsnelheid van $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

In het totaal zijn op 'De Marke' vijf meetperioden, plus één blanco meetperiode om het systeem te testen, uitgevoerd. De aard van de meetperioden is samengevat in Tabel 1. In alle meetperioden werd gewerkt met drie zelfstandige tunnel-units. De tunnels werden in dwarse richting ten opzichte van de werkrichting van mesttoediening, verdeeld over drie opeenvolgende werkgangen, opgesteld (zie Figuur 2). Door deze werkwijze te hanteren kon elke tunnel steeds zeer snel na het toedienen van de dunne mest operationeel zijn. De benodigde stroom werd betrokken van een aggregaat. Hierdoor werd het mogelijk om ook op percelen die ver van de bedrijfsgebouwen zijn gelegen metingen uit te voeren,

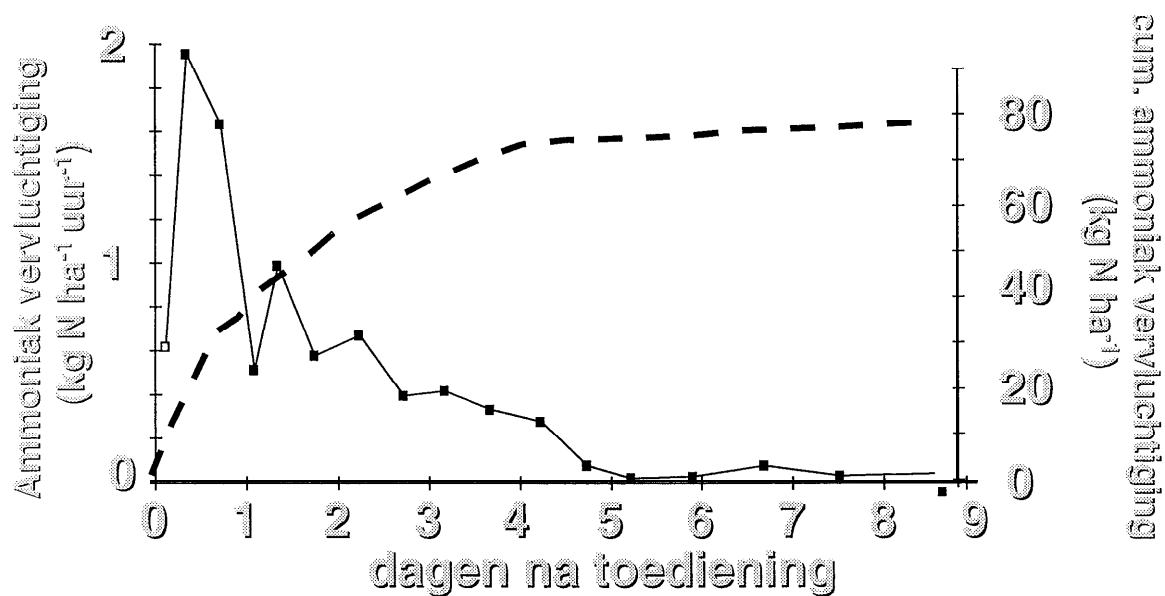


Figuur 2 Schematisch overzicht van de gehanteerde opstelling van de tunnels bij de metingen op 'De Marke'.

Tabel 1 Overzicht van de aard van de verschillende meetperioden, uitgevoerd in 1996 op proefbedrijf 'De Marke'

meting	startdatum	object	perceel
0	28 feb 1996	testen van het systeem	15
1	19 mrt 1996	bouwland: voor inzaai gras	10
2	24 mrt 1996	grasland: zodenbemesting	15
3	24 apr 1996	bouwland: voor inzaai snijmaïs	7
4	14 jun 1996	grasland: urine	14
5	12 aug 1996	grasland: zodenbemesting	11

Een voorbeeld van het soort resultaten die worden verkregen met tunnelmetingen is gegeven in Figuur 3. In Figuur 3 is de snelheid van de ammoniakvervluchtiging (in $\text{kg N ha}^{-1}\text{uur}^{-1}$) na toediening van $550 \text{ kg urine-N ha}^{-1}$ uitgezet tegen de lengte van de periode (in dagen) sinds de urine werd toegediend. Stikstof in urine is hoofdzakelijk aanwezig als ureum. Door hydrolyse wordt ureum omgezet tot ammonium. Dit gebeurt mede onder invloed van het enzym urease wat o.a. in grond, maar ook in mest, aanwezig is (Bremner & Mulvaney, 1978). Ammonium kan aanleiding geven tot ammoniakvervluchtiging volgens de in paragraaf 2. 1 gegeven vergelijkingen (zie vergelijking [1],[2] en [3]).

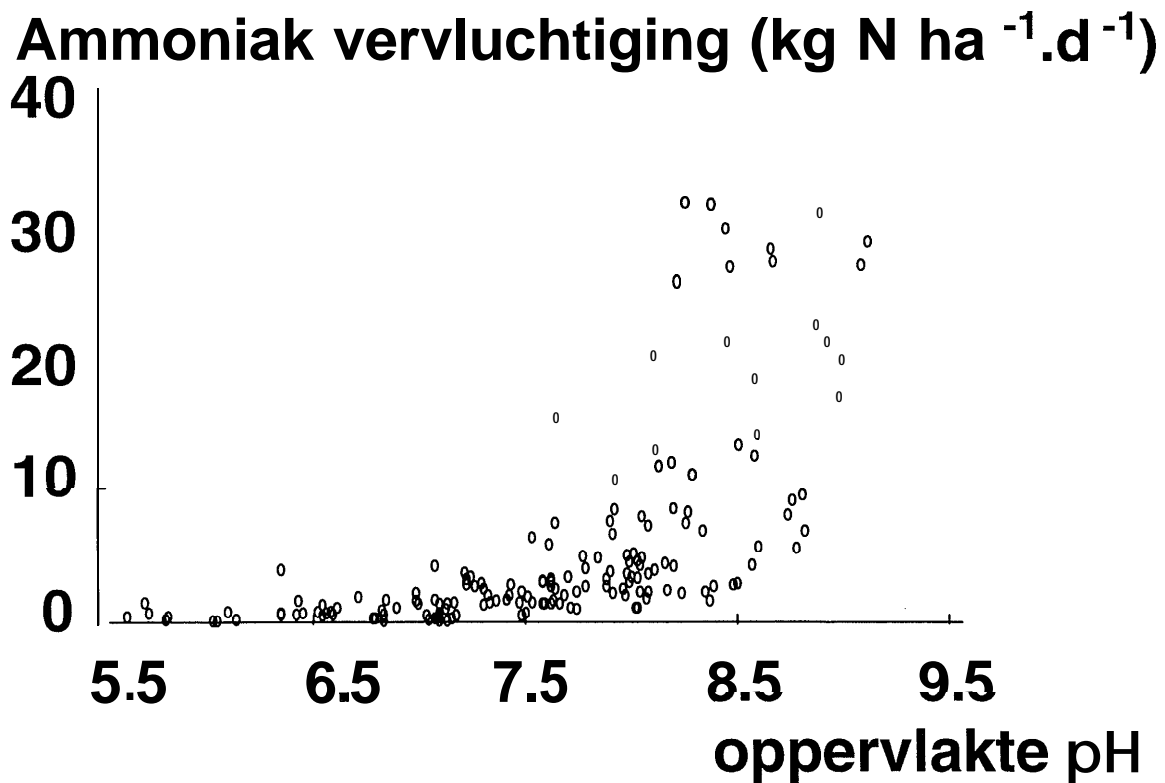


Figuur 3 Voorbeeld van het verloop van de ammoniakvervluchtiging per uur (getrokken lijn) en cumulatief (stippellijn) na toediening van 550 kg urine-N ha⁻¹. De resultaten zijn afkomstig van metingen met de windtunnels op proefbedrijf Droevendaal.

Uit Figuur 3 blijkt dat de ammoniakvervluchtiging enigszins vertraagd op gang komt (hydrolyse van ureum), echter binnen een dag een piek bereikt en daarna weer langzaam afneemt, waarbij een soort 'dag-nacht' ritme ontstaat. In dit geval blijkt dat de ammoniakvervluchtiging ongeveer vijf dagen na toediening van de urine-N tot stilstand kwam. Voor alle zekerheid wordt meestal over een langere periode (bijvoorbeeld 10 dagen) gemeten. De ervaring leert dat door na het moment van toediening ongeveer 7-10 dagen te meten de bulk van de ammoniakvervluchtiging kan worden onderschept (Vertregt & Rutgers, 1988). In dit geval bedroeg de totale ammoniakvervluchtiging over 10 dagen ruim 80 kg N ha⁻¹. Oftewel ruim 14,5 procent van de totale hoeveelheid urine-N die was toegediend.

Naast bepaling van de ammoniakvervluchtiging kunnen aan dezelfde oppervlakte aanvullende bepalingen worden uitgevoerd. Een voorbeeld van de toepassing van dergelijke aanvullende metingen is gegeven in Figuur 4. In de Figuur is de ammoniakvervluchtiging van een gegeven dag uitgezet tegen de oppervlakte pH van de bodem op die dag. Figuur 4 is afkomstig uit onderzoek dat is uitgevoerd op proefboerderij 'Droevendaal' op een zandgrond met pH = 5,5. De in Figuur 4 gepresenteerde relatie bleek echter ook toepasbaar voor andere grondsoorten en pH's (zie vergelijking [5]).

Na toedienen van urine zal door hydrolyse van ureum de pH van het bodemoppervlak sterk stijgen. Uit de Figuur blijkt dat bij oppervlakte pH's van de bodem van 8 en hoger de ammoniakvervluchtiging sterk toeneemt. Uit onderzoek bleek dat de waargenomen ammoniakvervluchtiging voor een belangrijk deel ($r^2 = 0,83$) kon worden gerelateerd aan de mate waarin een grond in staat was de pH te bufferen, en beneden de 8 te houden.



Figuur 4 Overzicht van de relatie tussen de pH gemeten 's ochtends aan het bodemoppervlak en de ammoniakvervluchtiging in de daaropvolgende 24 uur.

4.2.2.3 Toedienen van *dunne mest*

Door dunne mest onder te werken wordt het contact van de mest met de omgevende lucht beperkt, waardoor de vervluchtiging van ammoniak afneemt. Toedienen van dunne mest op 'De Marke' gebeurt in relatief kleine hoeveelheden (max. 40 ton ha⁻¹ keer⁻¹) en vindt plaats in loonwerk. Dit wordt gedaan door loonbedrijf Eelderink die daarvoor een Vredo mestinjecteur ter beschikking hebben. Deze machine wordt voor de verschillende toepassingen (bouwland, grasland) voorzien van een andere injecteur.

Bij toediening op bouwland wordt de mest onder de grond gebracht door middel van injectie en hierna afgedekt met grond via een rollenmechanisme achter de injecteur. De visuele beoordeling van deze wijze van toediening was altijd goed. De mest was netjes ondergewerkt; slechts weinig mest werd versmeerd of kwam aan de oppervlakte.

Bij toediening van dunne mest op grasland wordt de mest via een zodenbemester toegediend. De mest wordt voorafgaand aan toediening geanalyseerd als onderdeel van het standaard onderzoeksprogramma (Hilhorst, 1994, 1995, 1996, in voorbereiding).

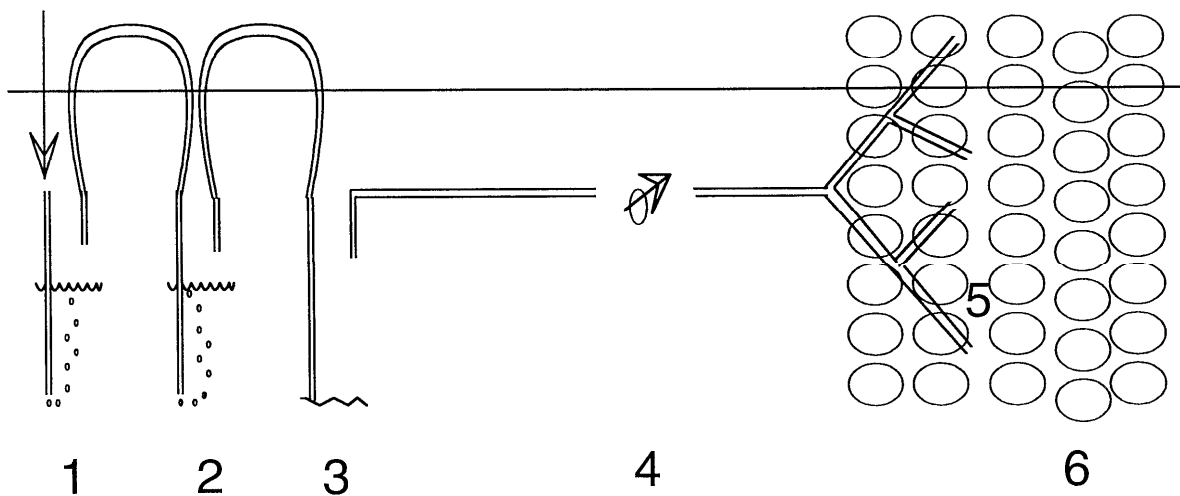
4.2.2.4 *Beweiding*

In het bedrijfsplan van 'De Marke' is uitgegaan van een beperkte beweiding. De beweidingduur mag slechts 8 - 10 uur per dag bedragen en de koeien worden al op 1 oktober opgesteld (één maand vroeger dan gebruikelijk). Hiermee wordt voorkomen dat er teveel stikstof, vooral in de vorm van nitraat verloren gaat. Weliswaar is de verwachte ammoniakvervluchtiging in de weide lager dan de som van de ammoniakvervluchtiging in de stal, opslag en bij toedienen van dunne mest, maar de extra verliezen van stikstof door nitraatuitspoeling bij weiden in het najaar doen dit voordeel meer dan teniet.

Bij de beweiding worden de pinken na het melkvee geweid. In de berekeningen die zijn gemaakt is in eerste instantie geen rekening gehouden met de effecten van de andere kwaliteit van de urine-N die wordt uitgescheiden door jongvee.

4.2.3 Labmetingen

Naast de metingen met windtunnels in het veld zijn ook wat aanvullende metingen in het laboratorium uitgevoerd. Doel van deze labmetingen was om onder min of meer geconditioneerde omstandigheden verschillen in potentie voor ammoniakvervluchtiging tussen grond afkomstig van verschillende percelen op 'De Marke' in kaart te brengen. Op basis van dergelijke bepalingen kan worden vastgesteld of het zinnig is om rekening te houden met verschillen tussen percelen, enerzijds met betrekking tot de kwantificering van de ammoniak vervluchtiging anderzijds met betrekking tot het toewijzen van dunne mest aan bepaalde percelen.



Figuur 4 Schematisch overzicht van de gebruikte laboratoriumopstelling

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. fles gevuld met demiwater | 4. flow regelaar |
| 2. fles gevuld met demiwater | 5. verdeel-blokjes |
| 3. fles gevuld met watjes | 6. blad met grond gevulde petrischalen |

Voor de labmetingen is gebruik gemaakt van een opstelling die oorspronkelijk is ontwikkeld en toegepast door Rutgers (pers. mededeling). Het systeem bestaat uit een aantal bladen waarop petrischalen gevuld met grond worden geplaatst (zie Figuur 4). Tussen de bladen worden verdeelsteentjes geplaatst die lucht over de petrischalen leiden. Deze lucht wordt met een debiet van 4 liter per minuut door twee wasflessen gevuld met water gezogen. Hierdoor raakt de lucht verzadigd met water. Door deze, met water verzadigde lucht over de petrischalen te verdelen, wordt voorkomen dat de grond in de schalen gedurende de experimenten uitdroogt en processen (zoals de hydrolyse van ureum) tot stilstand komen.

Van de percelen 1, 5, 11, 16, 20 en 21 van 'De Marke' werd grond verzameld. De percelen werden zodanig gekozen dat de verschillen zo groot mogelijk waren. De verzamelde grond werd gezeefd waarbij eventuele verontreinigingen (stenen, plantenresten, e.d.) werden verwijderd. Vervolgens werd in totaal 10 g grond in een petrischaal gedaan. Hieraan **werd** 10 g ureumoplossing toegevoegd. De gehele opstelling werd opgesteld bij een constante temperatuur (14 °C). Na 0, 2, 4, 8, 12, 48 en 72 uur werd de inhoud van petrischalen geanalyseerd op het gehalte aan ammonium-N, nitraat-N, ureum en drogestof. Daarnaast werd de oppervlakte pH gemeten.

4.3 Resultaten

4.3.1 Veldmetingen

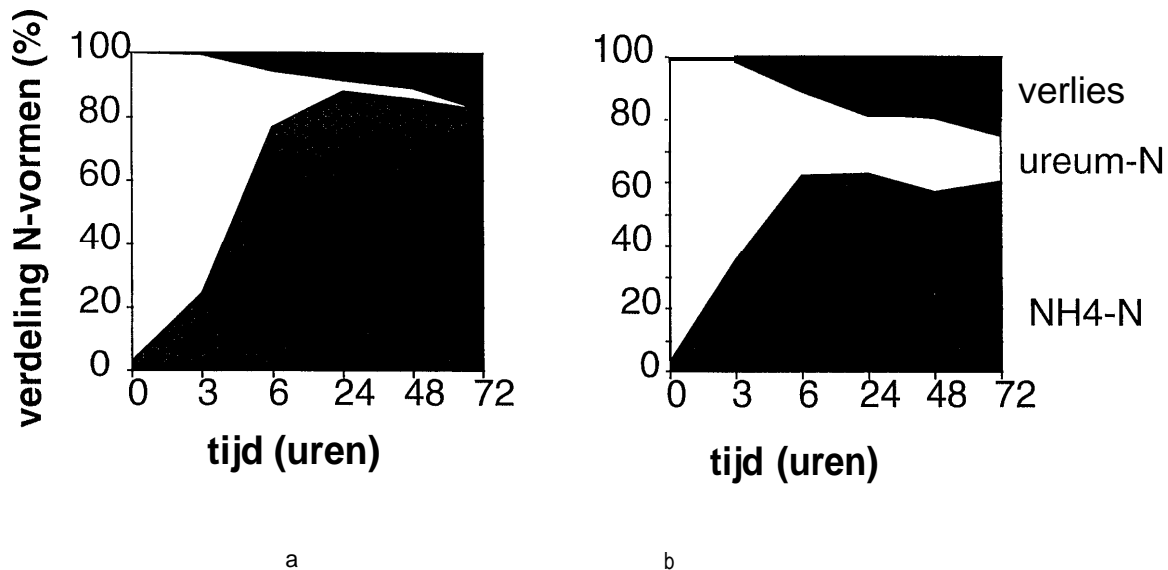
In Tabel 2 is een samenvatting gegeven van de resultaten van de verschillende meetperioden. Uit Tabel 2 blijkt dat ten opzichte van de geprognoseerde emissiepercentages de vervluchtiging van ammoniak bij de drie verschillende wijzen van toediening hoger was dan verwacht. Vooral bij het toedienen van dunne mest via zodenbemesting in het voorjaar was de vervluchtiging van ammoniak hoog. Later in het groeiseizoen was dit weliswaar lager maar nog altijd hoger dan hetgeen waarvan was uitgegaan. Mogelijk dat de oorzaak voor de hoge vervluchtiging van ammoniak in het voorjaar is gelegen in het feit dat de dunne mest werd toegediend op een nagenoeg kale (nauwelijks vorstvrije) harde grond. In meetperiode 5 (dunne mesttoediening in de zomer) was een weiderest aanwezig waardoor de verversingsgraad van de lucht die in contact staat met de bodem waarschijnlijk aanzienlijk lager is geweest.

Tabel 2 Overzicht van de gemiddelde resultaten van de verschillende objecten waaraan is gemeten op 'De Marke'. Tussen haakjes in de eerste kolom is de corresponderende meetperiode uit Tabel 1 gegeven. In de tweede kolom is - indien relevant - de standaardafwijking van de metingen gegeven.

object	Hoeveelheid vervluchtigd (kg N ha ⁻¹)	% Nmin vervluchtigd	
		gemeten	standaard
Bouwland			
- inzaai grasland (1)	3,6	4.7 (0,36)	1,25
- inzaai maïs (3)	4,2	5.2 (0,08)	1,25
Zodenbemesting			
- voorjaar (2)	14,0	23,4 (1,98)	8
- zomer (5)	8,9	14,6 (4,10)	8
Urine (4)			
- 250 kg N ha ⁻¹	24,2	9.7	8
- 500 kg N ha ⁻¹	48,2	10.9	
- 1000 kg N ha ⁻¹	94,4	9.0	

4.3.2 Labmetingen

In de Figuren 6a en 6b zijn, bij wijze van illustratie, enkele resultaten van de labproeven gegeven. Het betreft de hoeveelheid ureum-N, ammonium-N en nitraat-N in de grond van de percelen 1 (Figuur 6a) en 22 (Figuur 6b). De hoeveelheden zijn gegeven als percentage van de totale toegediende hoeveelheid N. Wanneer de som van de drie N-pools lager uitkomt dan 100 %, is aangenomen dat het verschil kan worden beschouwd als de stikstof die verloren is gegaan door ammoniakvervluchtiging.



Figuur 6 Overzicht van de de hoeveelheid ureum, ammonium, nitraat en de vervluchtiging van ammoniak op de percelen 1 (a) en 22 (b) van 'De Marke' uitgezet tegen de tijd die is verstreken sinds toediening van ureumoplossing, zoals waargenomen in de lab-opstelling.

4.3.3 Ammoniakvervluchtiging bij beweiden en toedienen van dunne mest op 'De Marke'

De combinatie van de veld- en labproeven levert informatie waarmee de eenvoudige modelbenadering - zoals beschreven in paragraaf 2.1 - kan worden gevuld met perceels- en jaarspecifieke informatie. Met een dergelijk model kunnen berekeningen worden uitgevoerd op basis waarvan voorlopige uitspraken kunnen worden gedaan over de vervluchtiging van ammoniak op perceels-, gewas- en bedrijfsniveau. In Tabel 3 is een overzicht gegeven van de ingeschatte ammoniakvervluchtiging uit mesttoediening en urine op drie van de percelen van 'De Marke' (de percelen 5, 8 en 20).

Uit Tabel 3 blijkt dat de ammoniakvervluchtiging sterk afhankelijk is van het grondgebruik. In Tabel 4 is de vervluchtigde ammoniak gegeven per gewas. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen tijdelijk en blijvend grasland, snijmaïs en voederbieten. Tevens is het gemiddelde op bedrijfsniveau gegeven. Uit Tabel 4 blijkt dat gemiddeld meer dan 12 kg N per ha vervluchtigde na drijfmesttoediening.

Om tot de totale ammoniakvervluchtiging te komen moet bij de cijfers in Tabel 4 de vervluchtiging uit de excreties uit de weide worden opgeteld. Deze cijfers worden gepresenteerd in Tabel 5. Uit Tabel 5 blijkt dat de totale ammoniakvervluchtiging door toedienen van dunne mest en bij beweiding ruim 18 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ bedraagt. Dit is ongeveer het dubbele van de hoeveelheid die was berekend op basis van normatieve vervluchtigingspercentages.

Tabel 3 Overzicht van de geschatte ammoniakvervluchtiging (als gevolg van mesttoediening en beweiding) op een aantal percelen over de verschillende jaren en gemiddeld over de jaren. Alle cijfers zijn in kg N ha⁻¹.

Object	hoeveelheid vervluchtigd				
	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	gem
perceel 5	maïs	tgras	tgras	tgras	
- mesttoediening	0,0	27,8	30,7	21,0	19,9
- weidemest	0,0	10,4	8,5	9,0	7,0
perceel 8	tgras	maïs	tgras	tgras	
- mesttoediening	19,5	1,3	21,6	20,6	15,8
- weidemest	36,5	0,0	15,0	14,0	16,4
perceel 20	tgras	vbiet	vbiet	maïs	
- mesttoediening	16,5	3,5	5,7	8,4	8,5
- weidemest	1,7	0,0	0,0	0,0	0,4

Tabel 4 Overzicht van de geschatte ammoniakvervluchtiging uit drijfmest gemiddeld per gewas over de verschillende jaren en gemiddeld over alle jaren. Alle cijfers zijn in kg N ha⁻¹.

Object	hoeveelheid vervluchtiging				
	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	gem
tijdelijk grasland	15,4	22,9	24,8	21,6	21,1
blijvend grasland	14,1	15,3	16,5	15,2	15,3
Snijmaïs	0,8	2,0	4,9	1,9	1,9
MKS		1,9	2,7	2,4	2,3*
Voederbieten	0,9	4,3	3,5	1,7	2,6
gemiddeld bedrijf	9,0	12,7	15,1	12,9	12,4

* berekend als gemiddelde van drie jaren

Tabel 5 Overzicht van de geschatte ammoniakvervluchtiging (als gevolg van mesttoediening en beweiding) gemiddeld per gewas over de verschillende jaren en gemiddeld over de jaren op 'De Marke'. Alle cijfers zijn uitgedrukt in kg N ha⁻¹.

Object	%	hoeveelheid vervluchtiging				gem
		1992/1993	1993/1994	1994/1995	1995/1996	
tijdelijk grasland	41,3	28,6	30,9	33,8	29,4	30,6
- mesttoediening		15,4	22,9	24,8	21,6	21,1
- beweiding		13,2	8,0	9,0	7,8	9,5
blijvend grasland	17,2	24,8	25,7	27,8	23,4	25,4
- mesttoediening		14,1	15,3	16,5	15,2	15,3
- urine-N		10,7	10,4	11,3	8,2	10,2
Bieten	9,2	0,9	4,3	3,5	1,7	2,6
Snijmaïs	24,0	0,8	2,0	4,9	1,9	1,9
MKS	8,0*	-*	1,9	2,7	2,4	2,3*
Gemiddeld bedrijf	100,0	16,2	17,6	20,9	17,7	18,1

4.4 Discussie en Conclusies

Hoewel op 'De Marke' de ammoniakvervluchtiging bij toedienen van mest en bij beweiden niet hoog is, zou de maximum hoeveelheid zoals die is beschreven in de doelstellingen van het proefbedrijf overschreden worden uitgaande van de gemeten emissies. De oorzaak hiervan is enerzijds gelegen in het feit dat meer stikstof op het bedrijf in omloop is als oorspronkelijk was berekend. Anderzijds zijn de gemeten emissiepercentages bij het toedienen van mest en bij beweiding hoger dan eerder was aangenomen. Met betrekking tot het laatste vallen vooral de hoge emissiepercentages na toedienen van mest via zodenbemesting in negatieve zin op.

Zeker in het voorjaar bij toedienen van dunne mest op grasland op kale, harde, grond was de gemeten emissie ten opzichte van het geprognoseerde emissiepercentage (gebaseerd op zodeninjectie) bijna een factor drie hoger. Bij toedienen in de zomer was het gemeten emissiepercentage weliswaar lager, maar nog altijd hoger dan aangenomen in de berekeningen die ten grondslag liggen aan de bedrijfsopzet.

Ook bij het toedienen van dunne mest op bouwland vervluchtigde enige ammoniak. De hoeveelheden bedroegen echter slechts enkele kilogrammen en lijken inherent aan het toedienen van dunne mest in de praktijk. Visueel werd het resultaat van het toedienen van dunne mest steeds als goed beoordeeld. De ammoniakvervluchtiging uit (kunst)urine kwam ongeveer overeen met de verwachtingen. Ook het gedrag van de grond op 'De Marke' kwam overeen met hetgeen eerder in experimenten op andere gronden was waargenomen. In de laboratoriumproeven werden duidelijk verschillen tussen de verschillende percelen in omzettingssnelheden aangetoond. Het is echter ook duidelijk dat het grondgebruik en de intensiteit van beweiding dominerende factoren zijn die de ammoniakvervluchtiging bepalen.

Gezien de invloed van mesttoediening (vooral zodenbemesting) in het voorjaar is halverwege dit jaar besloten een aantal metingen niet uit te voeren in 1996, maar het hiermee vrijkomende budget te gebruiken om de metingen in 1997 te kunnen herhalen. In 1997 zullen derhalve nogmaals metingen naar de ammoniakvervluchtiging bij de toediening van mest in het voorjaar worden uitgevoerd. Tevens zal in 1997 met urine van de veestapel op 'De Marke' worden gewerkt. Dit in tegenstelling tot 1996 toe met kunsturine is gewerkt.

Inmiddels is gebleken dat de resultaten van de tunnelmetingen na zodenbemesting in de zomer van 1997 sterk afwijken van de resultaten verkregen in 1996. Gemiddeld werden zelfs negatieve waarden voor de emissie gemeten (Ketelaars, 1998). Na toediening van natuurlijke urine en ureumoplossing werden wel vergelijkbare waarden gemeten. inspectie van de gegevens toonde aan dat de resultaten zeer gevoelig zijn voor de concentraties aan ammoniak in de ingaande lucht. Wanneer tunnels geplaatst worden op praktijkpercelen die over het gehele oppervlak bemest zijn, worden hoge maar ook zeer variabele concentraties in de ingaande lucht gemeten. Bij lokale toediening van urine of ureumoplossing is er een veel geringere belasting van de ingaande lucht met ammoniak. De conclusie is dat het resultaat van tunnelmetingen sterk beïnvloed wordt door de plaatsing van de tunnel t.o.v. het ammoniakverdampende oppervlak. Verschillen in situering van de tunnels op het perceel en t.o.v. de heersende windrichting beïnvloeden vermoedelijk de ammoniakconcentratie in de ingaande lucht en daarmee het meetresultaat. Mogelijk verklaren deze verschillen de uiteenlopende uitkomsten verkregen in 1996 en 1997.

De hier gegeven cijfers omtrent ammoniakvervluchtiging en de daaruit berekende hoeveelheden voor het totale bedrijf dienen dus met de nodige voorzichtigheid gehanteerd te worden.

4.5 Literatuur

- Bietz, J.A. (1974) Micro-Kjeldahl analysis by an improved automated ammonia determination following manual digestion. *Analytical Chemistry* 46; 1617- 1618.
- Bremner, J.M. and Mulvaney, R.L. (1978) Urease activity in soils. In: Burns, R.C. (ed) *Soil enzymes*; 149-196. Academic Press London.
- Bussink, D.W. (1992) Ammonia volatilization from grassland receiving nitrogen fertilizer and rotationally grazed by dairy cattle. *Fertilizer Research* 33; 257-265
- Hilhorst, G.J. en C.K. de Vries, 1994, *Bedrijfsverslag proefbedrijf voor melkveehouderij 'De Marke' 1993*, 86 p.
- Hilhorst, G.J., 1995, *Bedrijfsverslag proefbedrijf voor melkveehouderij 'De Marke' 1994*, 89 p.
- Hilhorst, C.J., 1996, *Bedrijfsverslag proefbedrijf voor melkveehouderij 'De Marke' 1995*, x p.
- Hilhorst, C.J., in voorbereiding, *Bedrijfsverslag proefbedrijf voor melkveehouderij 'De Marke' 1996*, x p.
- Ketelaars, J.J.M.H., 1998, *Metingen ammoniakvervluchtiging na toediening van drijfmest en urine op proefbedrijf 'De Marke' in 1997*. AB-DLO rapportage.
- Lockyer, D.R. and Whitehead, D.C. (1990) Volatilization of ammonia from cattle urine applied to grassland. *Soil Biology Biochemistry* 22, 8 ; 1137- 1142.
- Middelkoop, N. *Ammoniakemissie in de stal*. Dit verslag
- Sherlock, R.R. & K.M. Goh, 1984, Dynamics of ammonia volatilization from simulated urine patches and aqueous urea applied to pasture, I. Field experiments. *Fertilizer Research* 5, pg 181 - 195.
- Sherlock, R.R. & K.M. Goh, 1985a. Dynamics of ammonia volatilization from simulated urine patches and aqueous urea applied to pasture, II. Theoretical derivation of a simplified model. *Fertilizer Research* 6, pg 3 - 22.
- Sherlock, R.R. & K.M. Goh, 1985b. Dynamics of ammonia volatilization from simulated urine patches and aqueous urea applied to pasture, III. Field verification of a simplified model. *Fertilizer Research* 6, 23-36.
- Vertregt, N. and Rutgers, B. (1988) Ammonia volatilization from urine patches in grassland. In: *Volatile emissions from livestock farming and sewage operations*. Nielsen, V.C., J.H. Voorburg and P.L'Hermite (eds), 85-91. Elsevier Applied Science, London.
- Vertregt, N and Selis, H. (1990). Ammonia volatilization from cattle and pig slurry applied to grassland. CABO-DLO rapport 130, Wageningen, 17 pp.

4.6 Bijlage: Metingen ammoniakvervluchtiging na toediening van drijfmest en urine op proefbedrijf 'De Marke' in 1997

door J.J.M.H. Ketelaars

Methodiek

In 1996 en 1997 zijn door AB-DLO een aantal metingen gedaan m.b.t. de ammoniakvervluchtiging bij beweiding en bij toedienen van drijfmest op proefbedrijf 'De Marke'. De metingen zijn verricht m.b.v. kunstmatig geventileerde tunnels. Per object/periode zijn telkens drie tunnels gebruikt. Het resultaat van elke metingen is opgebouwd uit een meting van het tunneldebiet, de bemonsterde hoeveelheid lucht en de concentratie van ammoniak in in- en uitgaande lucht. In beide jaren is ervoor gekozen de ingaande lucht niet te zuiveren van ammoniak om een mogelijke overschatting van de ammoniakvervluchtiging te voorkomen.

Metingen in 1997

In 1997 is in totaal vier periodes gemeten: twee maal na zodenbemesting, éénmaal na toediening van een ureumoplossing aan grasland en éénmaal na toediening van kunsturine. De ureumoplossing bevatte 21.6 g ureum per liter (d.i. 5 g N/l), de urine 5.33 g N/l. Met de ureumoplossing werd het equivalent van 228 kg N/ha toegediend, met de urine 242 kg N/ha.

Resultaten

In bijgaande tabel zijn de resultaten van de ammoniakemissiemetingen samengevat. Hieruit blijkt het volgende.

In 1997 bedroeg de ammoniakvervluchtiging gemeten in 3 tunnels:

- na zodenbemesting op perceel 9 in juni:
 - in drie dagen tijds -4.0, -0.7 en 0.1 N kg/ha, ofwel gemiddeld -1.5 kg N/ha.
- na zodenbemesting op perceel 15 in juni:
 - in drie dagen tijds 2.9, 8.4 en -14.2 kg/ha, ofwel gemiddeld -1.0 kg N/ha.
- na toediening ureumopl. op perceel 8 in juli:
 - in 4 dagen: 47.8, 13.5 en 33.8 kg/ha, ofwel gemiddeld 31.7 kg N/ha;
 - dit is 14% van de toegediende hoeveelheid N.
- na toediening van urine op perceel K3 in juli:
 - in 4 dagen: 16.6 en 27.2 kg/ha (dag 4 van één tunnel ontbreekt),
 - ofwel gemiddeld 21.9 kg N/ha, dit is 9% van de toegediende N.

In 1996 bedroeg de ammoniakvervluchtiging gemeten in 3 tunnels volgens opgaaf van Toon van der Putten:

- na zodenbemesting in maart: 23.4 kg N/ha (22% van de N_{min}),
- na zodenbemesting in augustus: 14.6 kg N/ha (10.3 % van de N_{min}),
- na toediening van 250 kg kunsturine N/ha: 24.2 kg N/ha (9.7% van toegediende N).

Commentaar

De resultaten van de emissiemetingen na urinetoediening van ureumoplossing en urine zijn van dezelfde orde grootte als in eerder onderzoek vastgesteld, rekening houdend met de spreiding in individuele metingen.

De metingen na zodenbemesting geven een afwijkend beeld. Gemiddeld genomen werd er geen emissie geconstateerd. Echter, in de ingaande lucht werden hoge concentraties aan ammoniak aangetroffen, wat duidt op een actieve ammoniakverdamping vanaf het perceel waarop mest was toegediend. Bij de metingen aan objecten waaraan urine of ureumoplossing toegediend werd, waren de ammoniakconcentraties in de ingaande lucht meestal lager; dit is begrijpelijk aangezien de ingaande lucht in dit geval minder verontreinigd was door de omgeving.

Na zodenbemesting waren de concentraties in in- en uitgaande lucht feitelijk van dezelfde orde van grootte, reden waarom geen netto-emissie werd geconstateerd. Vermoedelijk door een niet geheel representatieve bemonstering van de in- en uitgaande lucht kon het gebeuren dat de concentratie in de ingaande lucht soms hoger was dan in de uitgaande lucht. Het resultaat is in zo'n geval een (schijnbaar) negatieve emissie. Dit leidde tot het paradoxale resultaat dat - hoewel er hoge ammoniakconcentraties in de ingaande lucht gemeten werden en er dus ammoniak in de directe omgeving van de tunnels vervluchtigde - er ogenschijnlijk nauwelijks emissie (of zelfs gemiddeld een negatieve emissie) gemeten werd.

Samenvattend is de conclusie dat de metingen in 1997 geen betrouwbare conclusies toelaten over het niveau van ammoniakvervluchtiging na zodenbemesting op praktijkpercelen van De Marke. Voor de toediening van urine op beweide grasland geldt dit in mindere mate, hoewel ook hier de grote verschillen tussen tunnels in een zelfde periode zorgt voor een grote spreiding in uitkomsten.

Zuivering van de ingaande lucht zal ongetwijfeld leiden tot positieve waarden voor de vervluchtiging in de tunnels na zodenbemesting. Het is echter denkbaar dat dit tot een systematische overschatting van de vetvluchtiging van het perceel zelf leidt. Om dit risico te vermijden is ervoor gekozen zuivering achterwege te laten.

Ammoniak-emissiemetingen De Marke 1997

zode bemesting perceel 9 09/06/97 t/m 12/06/97

dag	tunnel 1				tunnel 2				tunnel 3							
	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha/dag	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha/dag	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha/dag	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha
1	*	*	*	*	78,68	79,42	0,74	0,21	94,67	99,03	4,36	0,84	94,67	99,03	4,36	0,93
2	41,01	29,67	-11,35	-2,89	47,54	46,55	-0,99	-0,28	50,75	52,95	2,19	0,42	50,75	52,95	2,19	1,31
3	22,76	17,01	-5,75	-1,51	22,24	19,56	-2,67	-0,74	29,89	23,11	-6,78	-1,30	29,89	23,11	-6,78	0,10
cum. 1-3 dagen				-3,98				-0,70								0,10

* slangtje monsterpunt in, los gesloten

zode bemesting perceel 15 18/06/97 t/m 20/06/97

dag	tunnel 1				tunnel 2				tunnel 3							
	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha/dag	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha/dag	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha/dag	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha
1	64,73	59,16	-5,56	-1,51	80,78	92,22	11,43	2,98	88,10	35,27	-52,83	-14,84	88,10	35,27	-52,83	-14,43
2	13,93	25,57	11,64	3,07	3,45	35,37	31,91	6,15	30,30	33,79	3,49	0,91	30,30	33,79	3,49	-13,43
3	9,15	18,97	9,82	1,13	24,20	20,92	-3,28	-0,68	20,19	17,42	-2,78	-0,79	20,19	17,42	-2,78	-14,16
cum. 1-3 dagen				2,94				8,41								-14,16

kunsturine (ureumopl.) perceel 8 14/07/97 t/m 18/07/97

dag	tunnel 1				tunnel 2				tunnel 3							
	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha/dag	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha/dag	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha
1	11,37	114,37	102,99	21,10	19,16	54,78	35,62	9,74	19,07	96,12	77,05	20,44	19,07	96,12	77,05	16,89
2	5,52	91,15	85,63	17,50	17,50	32,24	14,74	3,98	15,10	62,77	47,67	12,59	15,10	62,77	47,67	29,31
3	4,88	47,52	42,64	8,69	16,65	22,35	5,70	1,53	17,05	27,44	10,39	2,74	17,05	27,44	10,39	31,92
4	2,45	24,28	21,83	4,45	11,12	11,37	0,25	0,07	12,28	18,95	6,67	1,76	12,28	18,95	6,67	33,82
cum. 1-4 dagen				47,79				13,51								33,82

urin e perceel K.3 21/07/97 t/m 25/07/97

dag	tunnel 1				tunnel 2				tunnel 3							
	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha/dag	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha/dag	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha	conc in ugN/m3	conc uit ugN/m3	A conc ugN/m3	N-emissie kg/ha
1	4,43	90,98	86,55	17,95	8,13	59,07	50,94	13,37	7,75	85,33	77,58	20,02	7,75	85,33	77,58	16,13
2	2,15	34,01	31,86	6,59	7,96	20,81	12,84	3,33	9,35	38,36	29,01	7,61	9,35	38,36	29,01	23,78
3	2,61	16,72	14,11	2,92	9,81	13,32	3,50	0,91	9,30	16,84	7,54	1,99	9,30	16,84	7,54	25,75
4	*	**	**	*	5,72	11,58	5,87	1,55	10,52	15,89	5,38	1,45	10,52	15,89	5,38	27,20
cum. 1-4 dagen				23,98				19,15				16,56				31,07

** turbine stona h'eref aan



5 Voederverzorging

**F. van der Schans
PR**

Inhoudsopgave

5.1 Inleiding	1
5.2 Beschrijving bedrijfssysteem	1
5.3 Resultaten	1
5.3.1 Gewassen	1
5.3.1.1 Opbrengst.....	1
5.3.1.2 Kwaliteit	2
5.3.2 Omvang veestapel . . .	4
5.3.3 Voeropname	4
5.3.3.1 Gehele veestapel	4
5.3.3.2 Melkgevende koeien	* 6
5.3.3.3 Droogstaande koeien	* 10
5.3.3.4 Pinken	12
5.3.3.5 Kalveren	13
5.4 Perspectief	14
5.4.1 Omvang veestapel	14
5.4.1.1 Melkvee	15
5.4.1.2 Jongvee	15
5.4.2 Optimalisatie voeropname	16
5.4.2.1 Melkgevende koeien	17
5.4.2.1 Droogstaande koeien	17
5.4.2.2 Pinken	18
5.4.2.3 Kalveren	18
5.4.2.4 Alle dieren	18
5.4.3 Bijstelling prognose.....	19
5.4.4 Samenvattend	19
5.5 Conclusie	19
5.6 Literatuur	21
Bijlagen	23

5.1 Inleiding

Op proefbedrijf De Marke vindt sinds 1992 onderzoek plaats naar de mogelijkheden van melkveehouderij met geringe mineralenverliezen. Hierdoor wijkt het bedrijfssysteem op een groot aantal plaatsen (sterk) af van de huidige praktijk. Dit heeft uiteraard zijn effect op de mineralenhuishouding. De mineralenverliezen zijn ten opzichte van de praktijk dan ook veel lager.

In het onderzoek op De Marke worden de mineralenstromen in de verschillende bedrijfsonderdelen nauwlettend gevolgd. Met betrekking tot de voedervoorziening betekent dit dat zowel de hoeveelheid als de samenstelling van het opgenomen voer nauwkeurig wordt vastgelegd. Daartoe worden een groot aantal monsters van gewas en voer genomen en wordt de voeropname van alle diergroepen bijgehouden.

In dit hoofdstuk worden de resultaten van vier jaar gewasopbrengst en -kwaliteit en voeropname weergegeven. Deze resultaten worden vergeleken met de prognoses zoals die voorafgaand aan de start van dit bedrijfssysteem zijn gemaakt (Biewinga e.a., 1992). Eventuele afwijkingen tussen de prognose en het resultaat worden bediscussieerd. Bekeken wordt of de prognoses voor de komende jaren bijgesteld moeten worden en of er verbeteringen in het bedrijfssysteem mogelijk zijn.

5.2 Beschrijving bedrijfssysteem

De Marke heeft een oppervlakte van ongeveer 55 ha zandgrond met een melkquotum van circa 655.000 kg melk. Dit resulteert in een quotumintensiteit van bijna 12.000 kg melk per ha, het gemiddelde van melkveebedrijven in het zandgebied in het begin van de jaren '90. Er is uitgegaan van een gemiddelde melkproductie van ruim 8000 kg per koe per jaar en een vervangingspercentage van 25%. De veestapel bestaat zodoende uit 80 melkkoeien en bijna 50 stuks jongvee. De afgelopen jaren was het aantal melkkoeien iets lager en het aantal stuks jongvee iets hoger dan de prognose.

Er worden drie verschillende gewassen verbouwd: gras, mais en voederbieten. De circa 31 ha grasland bestaat uit 1/3 blijvend en 2/3 tijdelijk grasland. Tijdelijk grasland wisselt af met bouwland waarop 18 ha mais en 6 ha voederbieten wordt verbouwd. Een deel van de maïs wordt als maïskolvensilage (MKS) geoogst. De afgelopen jaren is het areaal voederbieten geleidelijk teruggelopen ten gunste van mais.

De melkkoeien weiden in de zomer gedurende ongeveer 5 maanden. De eerste jaren is beperkte beweiding toegepast, later siëstabeweiding. De droge koeien worden het gehele jaar op stal gehouden. De pinken weiden op het grasland tot eind oktober / begin november en mogen in het na- en/of voorjaar het vanggewas op de maïspcelen beweiden. De kalveren weiden in de zomer slechts enkele maanden.

5.3 Resultaten

5.3.1 Gewassen

De opbrengst en de kwaliteit van de verschillende gewassen wordt voor een deel bepaald door het niveau van bemesten. Op De Marke wordt op perceelsniveau de behoefte doorgerekend waarbij rekening wordt gehouden met het gewas, vochtleverend vermogen, fosfaattoestand en de vrijkomende stikstof uit oude zode of vanggewas. De stikstofbemesting op gras, maïs en voederbieten bedraagt respectievelijk 250, 100 en 150 kg per ha.

5.3.1.1 Opbrengst

Op De Marke worden de opbrengsten van de verschillende gewassen per perceel (per snede) vastgelegd. Tevens wordt van al het (eigen gewonnen) ruw- en krachtvoer de voederwaarde bepaald. Tabel 1 geeft een overzicht van de netto hoeveelheden gewasopbrengst per ha. Deze netto hoeveelheden zijn de opbrengsten na aftrek van beweidings- en voederwinningsverliezen.

Tabel 1 Netto gewasopbrengsten (ton droge stof per ha per jaar)

	prognose	1992	1993	1994	1995	1996
Gras	9,3	9,0	9,6	9,2	9,2	8,5
Snijmaïs	11,2	9,0	12,0	10,0	9,0	11,4
MKS	7,1		8,3	6,8	7,2	7,6
Maïsstro	4,2		1,7	3,1	2,6	2,7
Voederbieten	11,6	14,0	15,8	10,2	9,2	
Bietenblad	2,5	1,6	2,0	1,7	1,7	

Er zijn grote verschillen in gewasopbrengst tussen de jaren. Deze verschillen worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de variatie in de vochtvoorziening over de jaren en gedurende het groeiseizoen. De gemiddelde hoeveelheid neerslag tijdens het groeiseizoen was, met uitzondering van 1993, lager dan het langjarig gemiddelde. Hierdoor was de gewasopbrengst van gras, behalve in 1993, lager dan de prognose. De opbrengst van maïs lag in 1993 en 1996 boven de prognose. De hoge opbrengst van maïs in 1996 was opmerkelijk. In dit droge jaar viel voor de maïs op het juiste moment, rond de kolfzetting, voldoende neerslag. De opbrengst van voederbieten was naast de vochtvoorziening, sterk afhankelijk van het oogsttijdstip. Vanaf 1993 is een deel van de voederbieten eind september geoogst en ingekuild met snijmaïs.

5.3.1.2 Kwaliteit

Wekelijks wordt van het weidegras een monster genomen. Dit wordt samengevoegd tot een maandelijks monster dat geanalyseerd wordt. Het gemiddelde van de maandelijks monsters van april tot en met september staat in tabel 2. De gemiddelde kwaliteit van het weidegras varieert niet sterk over de jaren. Het grootste kwaliteitsverschil tussen de jaren betreft het OEB-gehalte. Een belangrijke oorzaak hiervoor is uiteraard de stikstofbemesting. Daarnaast beïnvloeden echter een groot aantal min of meer onzekere factoren de beschikbare hoeveelheid stikstof tijdens het groeiseizoen.

Er is nauwelijks verschil tussen de verwachte gehalten voor VEM, DVE en OEB en het gemiddelde van 1992-1996. Alleen het OEB-gehalte was iets hoger, 63 ten opzichte van 55 g per kg droge stof. Dit wordt veroorzaakt doordat het ruw-eiwitgehalte iets hoger is dan de prognose. Het kaliumgehalte is iets hoger dan verwacht. Hier staat een duidelijk lager fosforgehalte tegenover.

Het fosforgehalte van het weidegras is de laatste jaren geleidelijk gedaald. De eerste jaren lag het fosforgehalte ongeveer op de tabelwaarde van het Centraal Veevoeder Bureau, 4,1 gram per kg droge stof (CVB, 1997). De laatste twee jaar ligt het hier ruim onder, 3,7 gram per kg droge stof.

Tabel 2 Kwaliteit weidegras

	Prognose	1992	1993	1994	1995	1996	1992-96	BLGG ¹
Droge stof (g/kg product)		160	158	163	173	171	165	165
VEM (g/kg ds)	974	987	981	996	979	997	988	1006
DVE (g/kg ds)	103	116	100	104	101	99	104	107
OEB(g/kg ds)	55	44	62	80	75	55	63	94
Ruw eiwit (g/kg ds)	213	234	223	243	237	215	230	259
Ruwe celstof (g/kg ds)		202	210	204	214	220	210	205
Ruw as (g/kg ds)		97	100	103	99	102	100	104
K (g/kg ds)	31,0	34,1	39,4	37,5	36,8	36,2	36,8	37,2
P (g/kg ds)	4,5	4,0	4,1	4,2	3,8	3,7	4,0	4,1

¹ Gemiddelde BLGG analyses van 1994-1995

De VEM-waarde van het weidegras is op De Marke iets lager dan in de praktijk, 988 ten opzichte van 1006 VEM per kg droge stof. Uit de analyses van het BLCG blijkt tevens dat zowel het OEB als het ruw-eiwitgehalte van vers gras op De Marke veel lager was dan in de praktijk, circa 30 gram per kg droge stof. Van elke partij kuilgras wordt een monster gestoken en geanalyseerd. Het gewogen gemiddelde per jaar van deze analyses staat in tabel 3. In deze cijfers is het herfstgras dat samen met maïsstro en bietenblad is ingekuuld niet meegenomen. De variatie in kwaliteit van het kuilgras over de verschillende jaren is vrij klein. De VEM-waarde van het kuilgras, gemiddeld 872 VEM per kg droge stof, is relatief hoog in vergelijking met analyses die door het BLGG zijn uitgevoerd. Het gemiddelde van de afgelopen vijf jaar lag op 857 VEM per kg droge stof. Ook in vergelijking met de tabelwaarden van het CVB ligt de voederwaarde van kuilgras op De Marke op een hoog niveau (CVB, 1997). Bij een stikstofbemesting van 300 kg op jaarbasis bedraagt de voederwaarde van de eerste snede ruim 900 en in latere sneden 825 VEM per kg droge stof. De gemiddelde voederwaarde van kuilgras komt goed overeen met de prognose. Verwacht werd dat het kuilgras 880 VEM, 74 g DVE en 52 g OEB zou bevatten. Het fosforgehalte van het kuilgras is laatste jaren gedaald van 4,4 naar 3,7 gram per kg droge stof. Dit laatste niveau komt overeen met de prognose. Het kaliumgehalte van het kuilgras is veel hoger dan de prognose.

Tabel 3 Kwaliteit kuilgras

	Prognose	1992	1993	1994	1995	1996	1992-96	BLGG ¹
Droge stof (g/kg product)		545	473	401	525	449	479	475
VEM (g/kg ds)	880	905	847	874	866	866	872	857
DVE (g/kg ds)	74	81	70	67	74	71	72	70
OEB (g/kg ds)	52	48	59	60	31	48	49	60
Ruw eiwit (g/kg ds)		192	189	183	165	180	182	200
Ruwe celstof (g/kg ds)		229	235	256	247	244	242	244
Ruw as (g/kg ds)		117	132	106	107	122	117	122
K (g/kg ds)	26,0	36,0	43,7	37,9	35,8	38,5	38,4	35,2
P (g/kg ds)	3,7	4,1	4,4	4,0	3,7	3,7	4,0	4,0

¹ Gemiddelde BLCG analyses van 1991-1995

Het drogestofgehalte van de snijmaïs is duidelijk verschillend tussen de jaren. Desondanks is de kwaliteit erg constant en de voederwaarde (VEM) relatief hoog. De gemiddelde voederwaarde lag op 951 VEM, 47 g DVE en -27 g OEB per kg droge stof. Het gemiddelde van de monsters die door het BLCC zijn onderzocht lag de afgelopen 5 jaar op 910 VEM, 45 g DVE en -23 g OEB. Het fosforgehalte in snijmaïs is de laatste jaren gelijk aan de prognose, 3,7 g per kg droge stof.

Tabel 4 Kwaliteit snijmaïs

	Prognose	1992	1993	1994	1995	1996	1992-96	BLGG ¹
Droge stof (g/kg product)		377	310	279	354	300	324	329
VEM (g/kg ds)	910	936	935	937	981	965	951	910
DVE (g/kg ds)	49	46	40	53	48	48	47	45
OEB (g/kg ds)	-29	-22	-30	-29	-25	-28	-27	-23
Ruw eiwit (g/kg ds)	79	81	65	84	82	79	78	81
P (g/kg ds)	2,2	1,7	2,0	2,2	1,9	1,8	1,9	1,9

¹ Gemiddelde BLCG analyses van 1991-1995

Het VEM-gehalte van de snijmaïs is iets hoger dan de prognose, 951 ten opzichte van 910 VEM per kg droge stof. De gerealiseerde DVE- en OEB-gehalten wijken nauwelijks af van de prognose. Het fosforgehalte van de snijmaïs is iets lager dan verwacht.

Conclusie: Het eigen ruwvoer is over het algemeen van een vergelijkbare kwaliteit, VEM-gehalte, als de gangbare praktijk. Het ruweiwitgehalte van het weide- en kuilgras ligt circa 10% beneden het gemiddelde van de analyses van het BLGG. Dit heeft een aanmerkelijk lager OEB-gehalte in het gras tot gevolg. Daarnaast is er de laatste jaren een daling van de fosforgehaltenes in zowel weide-, kuilgras als snijmaïs. De

VEM-, DVE- en OEB-gehalten van de ruwvoerders wijken nauwelijks af van de prognose. De belangrijkste verschillen zijn een iets hoger OEB-gehalte van weidegras en een hoger VEM-gehalte van snijmaïs. De kaliumgehalten van kuil- en weidegras zijn hoger dan verwacht. Het fosforgehalte van weidegras is aanmerkelijk lager dan verwacht.

5.3.2 Omvang veestapel

De omvang van de veestapel is sterk bepalend voor het totale voerverbruik. Daarom wordt nu kort ingegaan op de omvang van de veestapel, tabel 4. Bij de prognose voor de veestapel is uitgegaan van een melkproductie van 8000 kg melk per koe en een vervangingspercentage van 25%. Dit geeft een veestapel van 80 melkgevende + droge koeien, 22 pinken en 24 kalveren.

Tabel 4 Omvang veestapel

		1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1992-96
Melkvee	prognose 80	80,7	83,8	80,5	79,8	81,2
Pinken (11 - 24 maanden) ¹	22	28,7	27,4	31,1	24,7	28,0
Kalveren (5 - 11 maanden)	12	12,9	19,9	13,2	13,9	15,0
Kalveren (tot 5 maanden)	12	14,3	16,0	14,0	16,7	15,3
Totaal	126	136,6	147,1	138,8	135,1	139,4

¹ Bij de prognose is uitgegaan van 22 pinken van 1 tot 2 jaar en 24 kalveren van 1 tot 2 jaar

De melkproductie was de afgelopen jaren gelijk tot iets hoger dan de prognose, bijlage 1. Het aantal melkkoeien kwam dan ook goed overeen met de prognose. Er was echter wel meer jongvee aanwezig dan vooraf berekend. De prognose werd met gemiddeld 6,0 pinken en 6,3 kalveren overschreden.

5.3.3 Voeropname

5.3.3.1 Gehele veestapel

In tabel 5 is de drogestofopname van de gehele veestapel weergegeven. Bij de interpretatie van de verschillen in de totale drogestofopname moet rekening worden gehouden met de verschillen in voederwaarde van de producten. Verderop in dit hoofdstuk wordt de voeropname uitgesplitst per diergroep.

Bij de opzet van De Marke is uitgegaan van een totaal voerverbruik van 619 ton droge stof. Het gemiddelde van de afgelopen vier boekjaren was bijna 60 ton droge stof hoger. Dit verschil wordt voor 75% veroorzaakt door een hogere ruwvoeropname, oftewel 45 ton droge stof per jaar. Daarnaast is ook nog eens 13 ton droge stof krachtvoer extra opgenomen. De oorzaak van de hogere voeropname is een grotere veestapel dan waarvan is uitgegaan en een hogere voeropname van vrijwel alle diercategorieën. Hierop wordt verderop ingegaan.

De lagere opname aan normaal kuilgras wordt voor een belangrijk deel gecompenseerd door de hogere opname aan herfstkuilgras. Dit herfstkuilgras is in een mengkuil opgeslagen tezamen met onder andere maïsstro en bietenblad. Bij de registratie van de voeropname is een exacte scheiding van deze producten uit de mengkuil niet mogelijk.

Tabel 5 Voeropname veestapel (ton droge stof per jaar)

	Prognose	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1992-96
Kuilgras	134	185	172	136	103	149
Weidegras	146	101	115	128	117	115
Snijmaï's (incl. bieten) ¹	148	143	175	192	167	169
Voerresten ²		23	13	16	17	17
Overig ³	27	9	57	45	85	49
Totaal ruwvoer	455	462	533	517	490	500
Voederbieten	65	38	32	17	24	28
MKS	23	27	46	78	43	48
Mengvoer	76	107	91	84	108	98
Premix	PM	2	2	4	5	3
Totaal krachtvoer	164	174	171	184	179	177
Totaal	619	635	704	701	669	677
<i>Stikstof-input</i>	<i>15,3</i>	<i>16,5</i>	<i>18,2</i>	<i>17,6</i>	<i>18,1</i>	<i>17,6</i>

¹ In 1994/95 en 1995/96 is een deel van de voederbieten tezamen met de snijmaï's ingekuuld. Na conservering is de voederwaarde (VEM) van voederbieten vrijwel gelijk aan die van snijmaï's.

² Voerresten van melkgevende koeien die door jongvee en droogstaande koeien zijn opgenomen. Bij de prognose zijn de voerresten verrekend in de verschillende voeders.

³ Overig ruwvoer bestaat hoofdzakelijk uit maïsstro, bietenblad en herfstgras.

Het eerste jaar was de droge-stofopname van ruwvoer van de gehele veestapel aanmerkelijk lager dan de laatste jaren. Dit wordt veroorzaakt doordat in het eerste jaar het bedrijfssysteem nog niet stabiel was. Er was een veestapel aangekocht die daardoor nog in opbouw was en er waren nauwelijks 'bijproducten als maïsstro, bietenblad en herfstkuilgras beschikbaar. De opname van deze bijproducten vallend onder de post 'overig ruwvoer', is de afgelopen jaren dan ook aanmerkelijk toegenomen. Gemiddeld is per jaar bijna 50 ton droge stof aan maïsstro, bietenblad en herfstgras opgenomen door hoofdzakelijk de droge koeien en het jongvee. Daarnaast hebben deze dieren ook de voerresten van het melkvee opgenomen, gemiddeld 17 ton droge stof per jaar.

In het benutten van 'bijproducten' van de krachtvoervangers als maïsstro en bietenblad, en het beweiden van het vanggewas onder snijmaï's, Italiaans raaigras wijkt de bedrijfsvoering van De Marke af van de praktijk. Door deze en andere eenvoudige maatregelen zoals het naweiden van de melkkoeien door pinken wordt op De Marke in totaliteit circa 50 tot 60 ton droge stof 'afvalproducten' benut.

Door wisselende gewasopbrengsten in de afgelopen jaren is de hoeveelheid beschikbaar eigen geteeld krachtvoer niet constant. Zodoende varieert de verhouding van de opgenomen hoeveelheden eigen geteeld en aangekocht krachtvoer sterk. Het totale voerverbruik over de afgelopen vier jaar is echter vrijwel gelijk. De duidelijke hogere melkproductie in de laatste twee jaar, zie bijlage 1, lijkt hier geen effect op te hebben gehad.

Op een bedrijf als De Marke is het beheersen van de mineralenstromen in de verschillende onderdelen van het bedrijfssysteem een continu aandachtspunt. Belangrijker dan de drogestofopname van de dieren is de totale input van stikstof middels het voer in de veestapel. Gemiddeld nam de veestapel de afgelopen 4 jaar 17,6 ton stikstof op. Dit is 15% meer dan de verwachte stikstofopname, 15,3 ton. Aangezien de drogestofopname ruim 9% hoger was, had het opgenomen voer gemiddeld een hoger eiwitgehalte dan verwacht.

In tabel 6 is de voeropname van de veestapel uitgesplitst naar melkvee en jongvee. Vergelijking met de prognose geeft aan dat het melkvee ruim 35 ton droge stof meer opneemt, oftewel 7%. Bij het jongvee is de overschrijding van de prognose met 21 ton droge stof relatief groter, 22%. Een belangrijke reden hiervoor is de omvang van de veestapel. Bij de opzet van De Marke is uitgegaan van 46 stuks jongvee. De afgelopen jaren waren echter gemiddeld bijna 60 stuks jongvee aanwezig. Dit is ruim 30% hoger dan de prognose.

Tabel 6 Voeropname melkvee en jongvee, prognose en resultaat (ton droge stof per jaar)

	Melkvee		Jongvee	
	Prognose	1992-96	Prognose	1992-96
Kuilgras	110	132	24	17
Weidegras	108	69	38	47
Snijmaïs (incl. bieten) ¹	131	156	17	13
Voerresten ²		10		7
Overig ³	17	28	10	21
Totaal ruwvoer	366	395	89	105
Voederbieten	62	26	3	1
MKS	23	48	0	0
Mengvoer	74	89	2	9
Premix	PM	3	PM	0
Totaal krachtvoer	159	166	5	11
Totaal	525	561	94	116

¹ In 1994/95 en 1995/96 is een deel van de voederbieten tezamen met de snijmaïs ingekuuld. Na conservering is de voederwaarde (VEM) van voederbieten vrijwel gelijk aan die van snijmaïs.

² Voerresten van melkgevendende koeien die door jongvee en droogstaande koeien zijn opgenomen. Bij de prognose zijn de voerresten verrekend in de verschillende voeders.

³ Overig ruwvoer bestaat hoofdzakelijk uit maïsstro, bietenblad en herfstgras.

Uit deze cijfers blijkt duidelijk dat minder krachtvoervangers en meer aangekocht krachtvoer is opgenomen. Belangrijkste oorzaak hiervoor is de lagere opname van voederbieten. Omdat bleek dat voederbieten in grote hoeveelheden niet geschikt zijn voor hoogproductief melkvee is in de afgelopen jaren het areaal voederbieten geleidelijk teruggebracht en is een deel van de voederbieten met de snijmaïs ingekuuld. Hierdoor is het areaal maïs iets toegenomen. Deze maïs wordt deels als snijmaïs en deels als MKS geoogst.

In tabel 7 is de totale drogestofopname uitgedrukt per 100 kg voor vet- en eiwitgehalte gecorrigeerde melk (FPCM). Voor de productie van 100 kg FPCM wordt door de totale veestapel van De Marke 26 kg droge stof krachtvoer (inclusief premix) opgenomen. Het totale voerverbruik, kracht- en ruwvoer, was de afgelopen jaren ongeveer 1 kg droge stof per kg FPCM en is de laatste jaren licht dalend. Al eerder is opgemerkt dat het voerverbruik ongeveer 9% hoger is dan de prognose. Dat blijkt ook uit de gegevens in deze tabel. De prognose was 100 kg droge stof per 100 kg FPCM en het gemiddelde resultaat van 1992 tot 1996, 91 kg droge stof per 100 kg FPCM.

Tabel 7 Voerverbruik veestapel (kg droge stof per 100 kg FPCM)

		prognose	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1992-96
Aangekocht	krachtvoer	11	16	14	13	17	15
Eigen teelt	krachtvoer	13	10	11	14	9	11
Totaal	krachtvoer	24	26	25	27	26	26
Totaal	kracht- en ruwvoer	91	96	103	101	99	100

5.3.3.2 Melkgevendende koeien

De voeropname van de melkgevendende koeien is uitgesplitst naar stal- en weideperiode. Een overzicht van de begin- en einddata van de verschillende weide- en stalperiodes staat in tabel 8. De melkgevendende koeien zijn naar buiten gegaan zodra er voldoende gras beschikbaar was en de weersomstandigheden dit toelieten. Dit varieerde de afgelopen jaren van de tweede week van april tot de eerste week van mei. In alle jaren zijn de koeien in de eerste week van oktober opgesteld. Dit om grote uitspoeling van nitraat te voorkomen, Gemiddeld hebben de melkgevendende koeien de afgelopen vier jaar bijna 5,4 maand geweid. Dit is gelijk aan de prognose.

Tabel 8 Overzicht stal- en weideperioden van de melkgevende koeien (zomer 1992 tot en met winter 1995/96)

Periode	Begindatum	Einddatum	Dagen
Zomer 1992	4 mei	4 oktober	154
Winter 1992/93	5 oktober	18 april	196
Zomer 1993	19 april	3 oktober	168
Winter 1993/94	4 oktober	24 april	203
Zomer 1994	25 april	2 oktober	161
Winter 1994/95	3 oktober	9 april	189
Zomer 1995	10 april	1 oktober	175
Winter 1995/96	2 oktober	5 mei	217

Bij de start van De Marke is uitgegaan van beperkte beweiding met enige bijvoeding op stal. Een dergelijk voersysteem heeft als nadeel dat de energie en stikstof in de pens niet gelijktijdig beschikbaar komt voor de pensmicroben. Hierdoor verloopt de pensfermentatie niet optimaal. De oplossing die op De Marke voor dit probleem is gevonden is siëstabeweiding. Bij dit systeem weiden de melkgevende koeien na het melken vier tot vijf uur en komen daarna terug op stal. Op stal krijgen de melkkoeien een aanzienlijke hoeveelheid ruwvoer, met name snijmaïs en kuilgras. Daarnaast wordt de krachtvoervervanger maïskolvensilage gevoerd. Vanaf 1993 wordt op De Marke siëstabeweiding toegepast.

Bij siëstabeweiding is het aantal uren beweiding vrijwel gelijk aan een systeem met beperkte beweiding waarbij de koeien 'snachts op stal staan. Door de kortere weideperioden is de verwachting dat bij siëstabeweiding de uitscheiding van mest en urine in de weide verminderd. Op dit aspect van de siëstabeweiding wordt in een volgend hoofdstuk verder ingegaan.

In de zomer was de drogestofopname van de melkgevende koeien per dag gemiddeld 5,8 kg weidegras, 5,9 kg snijmaïs en 1,7 kg overig ruwvoer, tabel 9. Daarnaast is gemiddeld 5,7 kg droge stof aan krachtvoer opgenomen waarvan bijna de helft MKS. De gemiddelde totale drogestofopname bedroeg bijna 19,5 kg. Dit betekent dat bij een systeem van siëstabeweiding op De Marke slechts 30% van het rantsoen uit vers gras bestaat. Bij deze hoeveelheden weidegras moet wel opgemerkt worden dat het een berekende en niet een bepaalde grasopname is. Bij deze berekening wordt er vanuit gegaan dat de energiebehoefte van melkgevende koeien in de wei gelijk is aan de energieopname". Op De Marke bleek de energieopname van de melkgevende koeien tijdens de stalperiode echter duidelijk hoger dan de energiebehoefte, tabel 9. Bij een VEM-dekking van ook 109% tijdens de weideperiode zouden de melkgevende koeien bijna 2 kg droge stof weidegras per dag meer opnemen.

Tabel 9 Voeropname weideperiode 1992 tot en met 1995 (kg droge stof per melkgevende koe per dag)

	prognose	1992	1993	1994	1995	1996	1992-96
Kuilgras	0,0	3,8	1,9	0,5	0,5	2,7	1,9
Weidegras	9,3	5,1	5,7	5,9	6,6	5,3	5,7
Snijmaïs (incl. bieten) ¹	5,3	4,4	6,5	6,8	5,7	4,6	5,6
Overig ²	1,0		0,6	0,0	0,9	0,1	0,3
Voederbieten	0,0	-	-	-	-	-	-
MKS	2,0	2,1	2,1	3,6	2,5	1,5	2,4
Bijproducten	0,0	-	-	-	-	1,9	0,4
Krachtvoer	2,9	3,9	2,3	2,3	3,5	2,7	2,9
Premix	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Totaal	20,4	19,4	19,2	19,2	19,9	18,8	19,3

¹ In 1994/95 en 1995/96 is een deel van de voederbieten tezamen met de snijmaïs ingekuuld. Na conservering is de voederwaarde (VEM) van voederbieten vrijwel gelijk aan die van snijmaïs.

² Overig ruwvoer bestaat hoofdzakelijk uit maïsstro, bietenblad en herfstgras.

¹ Van de berekende energiebehoefte wordt de energieopname uit snijmaïs, kuilgras, overig ruwvoer en krachtvoer afgetrokken. Daarna wordt de energieopname uit weidegras gelijk gesteld aan de resterende energiebehoefte.

Gepoogd is om iets meer duidelijkheid te krijgen in de werkelijk opgenomen hoeveelheid weidegras. Daartoe is de berekende opname van weidegras vergeleken met de bepaalde opname van weidegras. Dit laatste gebeurt door schattingen van de grashoeveelheid bij in- en uitscharen te doen, bijlage 2. In deze vergelijking zouden de melkgevende koeien circa 10% meer weidegras opnemen. Hierdoor zou de VEM-dekking op ongeveer 104 % uitkomen. Omdat het schatten van de opgenomen hoeveelheid weidegras relatief onbetrouwbaar is, wordt in dit verslag alleen de berekende hoeveelheden weergegeven. In de afgelopen vier jaar is de opname van weidegras gestegen van 5,1 naar 6,6 kg droge stof per dag. Doordat ernaar gestreefd wordt de energie- en eiwitbehoefte op elkaar af te stemmen is er minder kuilgras maar meer snijmaïs gevoerd. De hogere opname van snijmaïs is daarnaast gunstig omdat de energiesoort in snijmaïs, zetmeel, uitermate geschikt is voor hoogproductief melkvee. De laatste jaren wordt alleen bij de overgang van stal- naar weideperiode en andersom en tijdens periodes waarin onvoldoende weidegras beschikbaar is kuilgras bijgevoerd. De krachtvoergifft in de zomer ligt gemiddeld op ongeveer 6 kg droge stof per koe per dag en is daarmee relatief hoog. Dit wordt veroorzaakt doordat de opname van weidegras, met een hoge voederwaarde, gering is in vergelijking met de gangbare praktijk. Echter bijna de helft van het krachtvoer wordt op het eigen bedrijf geteeld.

label 10 Voeropname stalperiode 1992/93 tot en met 1995/96 (kg droge stof per melkgevende koe per dag)

	prognose	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1992-96
Kuilgras	7,8	7,9	8,1	7,5	6,5	7,5
Snijmaïs (incl. bieten) ¹	3,8	5,2	5,9	6,8	5,7	5,9
Overig ²		0,0	0,0	0,0	0,7	0,7
Voederbieten	4,5	2,4	2,0	1,3	1,7	1,9
MKS			1,5	2,3	0,8	1,5
Bijproducten		0,0	0,0	0,0	1,1	1,1
Krachtvoer	2,9	3,9	3,7	3,1	3,2	3,5
Premix		0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal	19,0	19,5	21,3	21,1	19,9	20,5

¹In 1994/95 en 1995/96 is een deel van de voederbieten tezamen met de snijmaïs ingekuild. Na conservering is de voederwaarde (VEM) van voederbieten vrijwel gelijk aan die van snijmaïs.

² Overig ruwvoer bestaat hoofdzakelijk uit maïsstro, bietenblad en herfstgras.

De melkgevende koeien namen de afgelopen vier winters gemiddeld 20,5 kg droge stof op. Hiervan was 2/3 ruwvoer, met name kuilgras (37%) en snijmaïs (30%). Daarnaast werd 1/3 krachtvoer, circa 6,8 kg droge stof, opgenomen. De helft van het krachtvoer in de winter bestond uit mengvoer, daarnaast ruim een kwart voederbieten en bijna 20% MKS. De afgelopen winterperiodes is de totale ruwvoeropname met ongeveer 1,5 kg droge stof per dag gestegen. In de winter van 1995/96 is iets meer krachtvoer aangekocht omdat onvoldoende eigen krachtvoer voorradig was. Door tegenvallende resultaten van voederbieten bij hoogproductief melkvee, is de laatste jaren minder voederbieten gevoerd. Daarom worden vanaf 1996 geen voederbieten meer geteeld en gevoerd op De Marke. Tijdens de stalperiode kregen de melkgevende koeien de laatste twee jaar 1,0 kg droge stof kuilgras en 0,7 kg droge stof voederbieten minder dan de eerste twee jaar. Hiertegenover stond een hogere opname van weidegras, snijmaïs en MKS. Wellicht heeft dit een positief effect gehad op de melkproductie. Deze is bij vrijwel gelijke gehalten ruim 1 kg, oftewel 70 gram vet en eiwit per dag, toegenomen.

Op De Marke wordt er naar gestreefd om de dieren naar de VEM-, DVE-, OEB- en P- behoeftenorm te voeren. Desondanks blijkt uit tabel 11 duidelijk dat de melkgevende koeien gemiddeld bijna altijd boven de behoefte gevoerd zijn. Belangrijkste verklaring hiervoor is de individuele diervariatie in voerbehoefte, voeropname en efficiëntie. Door deze variatie is het noodzakelijk om alle dieren minimaal naar behoefte te voeren. Immers dieren die beneden de behoeftenorm gevoerd worden en dan met name de VEM- en DVE-norm, zullen dalen in melkproductie. Als alle dieren minimaal naar behoefte gevoerd worden, zal een deel van de dieren boven behoefte gevoerd worden. Hierdoor ligt de gemiddelde voeropname boven behoefte. Daarnaast is het niet altijd mogelijk om het rantsoen naar wens samen te stellen. De mogelijkheden van rantsoenoptimalisatie worden begrensd door de hoeveelheid en kwaliteit van de verschillende voedermiddelen.

Door de al eerder genoemde berekeningswijze voor de opname van weidegras is in de zomer de VEM-dekking per definitie 100%. In de winter was de energieopname duidelijk hoger dan de behoefte. Dit uit zich in een VEM-dekking van gemiddeld 109%. De eiwitopname, DVE en OEB, lag de afgelopen jaren ver boven de behoefte. De DVE-dekking varieerde van 113% tot 133% en er werd 240 tot 560 gram OEB per dag opgenomen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de theoretisch haalbaar veronderstelde norm van 0 gram OEB niet daadwerkelijk is nagestreefd.

Aanvankelijk was de fosforopname aanzienlijk hoger dan de fosforbehoefte. Na introductie van een premix zonder toegevoegd fosfor, is de fosfordekking behoorlijk teruggelopen. Met name met betrekking tot de fosforvoorziening is het bijzonder moeilijk een dekking van 100% te realiseren omdat de beschikbare voedermiddelen dit niet altijd toelaten.

Tabel 11 Opname van en behoefte aan energie, eiwit en fosfor (per melkgevende koe per dag) en stikstof- en fosforefficiënties (%)

	weide 1992	weide 1993	weide 1994	weide 1995	weide 1992- 1996	weide 1992- 96
Opname						
kVEM (/dag)	18,7	18,7	19,2	19,3	18,8	18,9
DVE (g/dag)	1793	1590	1653	1750	1582	1674
OEB (g/dag)	427	460	370	563	309	426
P (g/dag)	77	75	65	74	60	70
Behoefte						
kVEM (/dag)	18,7	18,7	19,2	19,3	18,8	18,9
DVE (g/dag)	1499	1580	1631	1630	1587	1585
P (g/dag)	63	64	66	66	64	65
Dekking						
VEM (%)	100	100	100	100	100	100
DVE (%)	120	101	101	107	100	106
P (%)	122	117	98	112	94	109
N-efficiëntie	24,6	26,3	29,4	23,4	28,1	26,4
P-efficiëntie	30,7	29,6	37,8	28,9	37,8	33,0
Eiwitoverschot ¹	721	470	392	683	304	514

¹ Het OEB-overschot vermeerderd met de hoeveelheid eiwit die boven de DVE-behoefte is gevoerd.

Tabel 1 1a Opname van en behoefte aan energie, eiwit en fosfor (per melkgevende koe per dag) en stikstof- en fosforefficiënties (%)

	stal 1992/93	stal 1993/94	stal 1994/95	stal 1995/96	stal 1992/96
Opname					
kVEM (/dag)	18,2	20,1	20,2	18,9	19,4
DVE (g/dag)	1593	1746	1701	1642	1671
OEB (g/dag)	329	241	347	204	280
P (g/dag)	77	81	71	69	75
Behoefte					
kVEM (/dag)	17,0	18,1	17,9	18,4	17,9
DVE (g/dag)	1421	1557	1560	1591	1532
P (g/dag)	60	64	63	64	63
Dekking					
VEM (%)	107	111	113	103	109
DVE (%)	112	112	109	103	109
P (%)	128	127	113	108	119
N-efficiëntie	25,7	26,7	26,2	28,8	26,9
P-efficiëntie	26,6	28,6	31,4	33,9	30,1
Eiwitoverschot ¹	501	430	488	255	419

¹ Het OEB-overschot vermeerderd met de hoeveelheid eiwit die boven de DVE-behoefte is gevoerd.

De stikstofefficiëntie van de melkgevende koeien, (output stikstof in vlees en melk gedeeld door input stikstof via voer), was in zomer iets lager dan in de winter, gemiddeld ruim 26,5%. Hiermee is de stikstofefficiëntie bijna 3,5% lager dan de prognose. Door de ruime DVE-dekking en het relatief hoge OEB-overschot kon de bij de opzet verwachte 30% stikstofefficiëntie voor de melkgevende koeien niet gehaald worden.

In tabel 11 is ook het 'eiwitoverschot' weergegeven. Dit is de hoeveelheid DVE die boven de DVE-behoefte is gevoerd vermeerderd met het OEB-overschot. Het eiwitoverschot varieert van ruim 250 gram per dag tot meer dan 700 gram per koe per dag. Verhoging van de stikstofefficiëntie is mogelijk door het eiwitoverschot terug te dringen. De mate waarin dit mogelijk is komt in § 4.2 aan de orde.

Bij het opstellen van de prognose was duidelijk dat het niet mogelijk zou zijn altijd op de norm te voeren. Hierdoor is uitgegaan van een gemiddeld dagelijks DVE- en OEB-overschot van respectievelijk 158 en 384 gram tijdens de weideperiode en -18 en 176 gram in de stalperiode. Dit betekent dat het gemiddelde eiwitoverschot in de weideperiode de prognose benaderd, 567 ten opzichte van 541 gram per dag. Het gemiddelde eiwitoverschot tijdens de stalperiode is echter veel hoger dan de prognose, 419 ten opzichte van 159 gram per dag.

5.3.3.3 Droogstaande koeien

De droge koeien worden het gehele jaar op stal gehouden. Het rantsoen van deze dieren bestaat uit de minste kwaliteit kuilgras, mengkuil (maïsstro / herfst-kuilgras / bietenblad) en voerresten van de melkgevende koeien. Daarnaast wordt soms snijmaïs en graszaadstro gevoerd.

Tabel 12 Voeropname droogstaande koeien 1992/93 tot en met 1995/96 (kg droge stof per droogstaande koe per dag)

	prognose	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1992- 96
Mengkuil	0,0	0,1	4,2	4,7	8,0	4,3
Kuilgras	1,0	1,7	2,1	2,0	0,2	1,5
Snijmaïs (incl. bieten)'	4,6	0,4	0,0	0,1	0,4	0,2
Voerresten ²		5,9	1,2	1,6	1,8	2,6
Overig"	1,4	0,2	1,8	1,6	0,2	1,0
Krachtvoer	0,1					
Premix	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal	7,1	8,4	9,4	10,1	10,8	9,7

¹ In 1994/95 en 1995/96 is een deel van de voederbieten tezamen met de snijmaïs ingekuild. Na conservering is de voederwaarde (VEM) van voederbieten vrijwel gelijk aan die van snijmaïs.

² Voerresten van melkgevende koeien die door jongvee en droogstaande koeien zijn opgenomen.

³ Overig ruwvoer bestaat hoofdzakelijk uit maïsstro, bietenblad en herfstgras.

In de afgelopen drie jaar is de samenstelling van het rantsoen voor de droogstaande koeien enigszins veranderd, tabel 12. In het eerste jaar bestond bijna 70% van het rantsoen uit voerresten van de melkgevende koeien. Deze voerresten bevatten naast ruwvoer ook een klein gedeelte krachtvoer(-vervangers). Hierdoor had het totale rantsoen in het eerste jaar een te hoge voederwaarde voor de droge koeien, gemiddeld 850 VEM per kg droge stof. In de volgende jaren zijn daarom minder voerresten gevoerd. Hiervoor in de plaats kwam een mengkuil van maïsstro / herfst-kuilgras / bietenblad. In jaren dat onvoldoende lage kwaliteit ruwvoer beschikbaar was, is hooi en graszaadstro gevoerd. Dit valt onder de post 'overig' in tabel 12.

Tabel 13 Opname van en behoefte aan energie, eiwit en fosfor (per droogstaande koe per dag)

	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1992- 96
Opname					
kVEM (/dag)	7,1	7,0	7,6	8,1	7,5
DVE (g/dag)	514	457	458	461	473
OEB (g/dag)	209	357	347	506	355
P (g/dag)	36	30	32	34	33
Behoefte					
kVEM (/dag)	7,1	7,0	7,0	6,8	7,0
DVE (g/dag)	341	332	341	319	333
P (g/dag)	27	27	27	28	27
Dekking					
kVEM (%)	100	101	109	119	107
DVE (%)	151	138	134	145	142
P (%)	133	111	119	121	121
Eiwitoverschot'	382	482	464	648	495

¹ Het OEB-overschot vermeerderd met de hoeveelheid eiwit die boven de DVE-behoefte is gevoerd.

Ondanks een afname van de kwaliteit van het totale rantsoen zijn de droge koeien in staat gebleken om in hun energiebehoefte te voldoen, tabel 13. Met betrekking tot DVE, OEB en P worden de droge koeien duidelijk boven de behoeftenorm gevoerd. Dit uit zich dan ook in een eiwitoverschot van bijna 0,5 kg per koe per dag. Correctie van het aanbod van eiwit en fosfor zodat het beter afgestemd is op de behoefte, is bij de droge koeien, evenals bij het grootste deel van het jongvee, niet mogelijk. Dit komt omdat geen krachtvoer gevoerd wordt waarmee gestuurd kan worden.

Het eiwitoverschot van de droge koeien is volgens de prognose -41 gram per dag. Dit overschot bestaat uit 102 gram DVE-overschot en -143 gram OEB-overschot per koe per dag. Het gerealiseerde DVE-overschot is hiermee vrijwel gelijk aan de prognose. Het OEB-overschot was de afgelopen jaren echter bijna 500 gram per dag hoger, 355 ten opzichte van -143 gram per koe per dag. Dit grote verschil wordt veroorzaakt

doordat de werkelijk gevoerde ruwvoerders, waaronder bietenblad en herfstkuilgras, een veel hoger eiwit-/OEB-gehalte hadden dan de ruwvoerders waarvan bij de prognose is uitgegaan, onder andere snijmaïs.

5.3.3.4 Pinken

De voeropname van het jongvee wordt in twee groepen geregistreerd: 'Kalveren' en 'Pinken'. Deze indeling is uiteraard leeftijdsgebonden maar wordt op De Marke strikt genomen bepaald door de plaats waar het jongvee gehuisvest is. Tot ongeveer 11 maanden staat het jongvee apart in de jongveestal. Bij deze dieren wordt vanaf circa 5 maanden de voeropname geregistreerd. Tot een leeftijd is het op De Marke praktisch gezien vrijwel onmogelijk gebleken om de voeropname vast te stellen. De groep kalveren is het jongvee van circa 5 tot 11 maanden dat in de jongveestal is gehuisvest. Vanaf gemiddeld 11 maanden gaat het jongvee naar de ligboxenstal. Tot het afkalven op 24 - 25 maanden leeftijd behoort dit jongvee tot de groep pinken.

Tabel 14 Voeropname stal- en weideperiode (kg droge stof per pink per dag)

	Weide 1992	Weide 1993	Weide 1994	Weide 1995	Stal 1992/93	Stal 1993/94	Stal 1994/95	Stal 1995/96
Mengkuil					1,5	3,4	3,4	5,1
Kuilgras					3,0	0,7	1,3	0,1
Snijmaïs (incl. bieten) ¹					1,7	0,5	0,1	0,5
Voederbieten					0,8	0,3	0,0	0,0
Voerresten ²					0,3	1,3	2,0	2,0
Weidegras	7,5	8,6	8,1	8,1				
Overig ³						1,0	0,9	0,0
Premix					0,1	0,1	0,1	0,1
Opname totaal	7,5	8,6	8,1	8,1	7,3	7,3	7,8	7,8

¹ In 1994/95 en 1995/96 is een deel van de voederbieten tezamen met de snijmaïs ingekuild. Na conservering is de voederwaarde (VEM) van voederbieten vrijwel gelijk aan die van snijmaïs.

² Voerresten van melkgevende koeien die door jongvee en droogstaande koeien zijn opgenomen.

³ Overig ruwvoer bestaat hoofdzakelijk uit maïsstro, bietenblad en herfstgras.

Op stal nemen de pinken gemiddeld ongeveer 7,5 kg droge stof op, tabel 14. Net als bij de droge koeien bestaat het rantsoen hoofdzakelijk uit de mindere kwaliteit ruwvoer. In het eerste jaar werd nog een aanzienlijke hoeveelheid kuilgras gevoerd, de volgende jaren werd dit vervangen door een mengkuil van maïsstro / herfstkuilgras / bietenblad. Tegenover een geleidelijke afname van de hoeveelheid snijmaïs en voederbieten staat een toename van de hoeveelheid voerresten van de melkkoeien. Het stalrantsoen van de pinken had een voederwaarde van gemiddeld 790 VEM en 45 g DVE per kg droge stof.

De pinken in de weide hebben gemiddeld een iets hogere leeftijd en dus lichaamsgewicht. Hierdoor is de energiebehoefte van de pinken in de wei iets hoger. De drogestofopname van weidegras wordt net als bij de melkkoeien berekend uit de energiebehoefte van de dieren.

Tabel 15 Opname van en behoefte aan energie, eiwit en fosfor (per pink per dag)

	Weide 1992	Weide 1993	Weide 1994	Weide 1995	Stal 1992/93	Stal 1993/94	Stal 1994/95	Stal 1995/96
Opname								
kVEM (/dag)	7,5	8,2	8,1	7,8	6,0	5,6	6,1	6,1
DVE (g/dag)	930	853	897	859	373	346	366	341
OEB (g/dag)	292	381	731	656	45	183	278	277
P (g/dag)	31	31	35	34	25	23	24	22
Behoeft								
kVEM (/dag)	7,5	8,2	8,1	7,8	5,8	5,9	6,1	6,1
DVE (g/dag)	284	313	317	300	265	256	260	259
P (g/dag)	22	23	23	23	21	21	21	22
Dekking								
kVEM (%)	100	100	100	100	103	95	100	100
DVE (%)	327	273	283	286	141	135	141	132
P (%)	141	135	152	148	119	110	114	100
Eiwitoverschot'	938	921	1311	1215	153	273	384	359

¹ Het OEB-overschot vermeerderd met de hoeveelheid eiwit die boven de DVE-behoefte is gevoerd.

Net als bij de droge koeien zijn de mogelijkheden van sturing in de energie-, eiwit- en fosforgehaltes zeer beperkt. De hoeveelheid en kwaliteit van de beschikbare voeders bepaalt dan ook de mogelijkheden van normvoeding. De beschikbare voeders hebben gemiddeld relatief hoge DVE- en fosforgehaltes ten opzichte van de lage behoeftes van de pinken. Het gevolg is dat tijdens de stalperiode maar liefst 35 tot 40% boven de DVE-norm en tot 20% te veel fosfor is opgenomen, tabel 15. De pinken namen voldoende energie op om in hun behoefte te voorzien. Tijdens de weideperiode weiden de pinken op de resten van de melkkoeien en op het vanggewas dat onder / na de mais groeit. Deze rest- en bijproducten hebben veel hogere eiwit- en fosforgehaltes dan noodzakelijk is voor de pinken. Het eiwitoverschot oftewel de hoeveelheid eiwit die niet benut wordt, varieert bij de pinken van ruim 150 tot bijna 400 gram per dag op stal en van ruim 900 tot meer dan 1300 gram per dag in de wei.

5.3.3.5 Kalveren

Vanaf een leeftijd van circa vijf maanden wordt van de kalveren op De Marke de voeropname geregistreerd. In tabel 16 staan de resultaten van de kalveren van vijf tot elf maanden.

Tabel 16 Voeropname stal- en weideperiode (kg droge stof per kalf per dag)

	Weide 1992	Weide 1993	Weide 1994	Weide 1995	Stal 1992/93	Stal 1993/94	Stal 1994/95	Stal 1995/96
Kuilgras					2,4	3,7	3,0	1,6
Snijmaïs (incl. bieten) ¹				0,1	2,3	2,1	2,3	3,0
Voerresten ²					0,1			
Weidegras	3,4	4,3	4,2	4,6				
Overig ³				0,1		0,1		1,2
Mengvoer	0,8	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,6	0,4
Totaal	4,2	4,8	4,7	5,1	5,2	5,26,4	5,9	6,2

¹ In 1994/95 en 1995/96 is een deel van de voederbieten tezamen met de snijmaïs ingekuuld. Na conservering is de voederwaarde (VEM) van voederbieten vrijwel gelijk aan die van snijmaïs.

² Voerresten van melkgevende koeien die door jongvee en droogstaande koeien zijn opgenomen.

³ Overig ruwvoer bestaat hoofdzakelijk uit maïsstro, bietenblad en herfstgras.

Tabel 17 Opname van en behoefte aan energie, eiwit en fosfor (per kalf per dag)

"	Weide		Stal		Weide		Stal	
	1992	1992/93	1993	1993/94	1994	1994/95	1995	1995/96
Opname								
kVEM (/dag)	4,2	4,5	4,6	5,5	4,7	5,4	4,8	5,6
DVE (g/dag)	501	311	473	389	510	374	535	376
OEB (g/dag)	151	80	200	161	392	152	383	50
P (g/dag)	18	17	18	21	20	19	21	18
Behoefte								
kVEM (/dag)	4,2	4,0	4,6	4,3	4,7	4,2	4,8	4,3
DVE (g/dag)	261	256	260	246	249	252	247	249
P (g/dag)	16	17	17	18	17	17	18	18
Dekking								
kVEM (%)	100	113	100	129	100	129	100	130
DVE (%)	192	121	182	158	205	148	217	151
P (%)	113	100	106	117	118	112	117	100
Eiwitoverschot'	391	135	413	304	653	274	671	177

' Het OEB-overschot vermeerderd met de hoeveelheid eiwit die boven de DVE-behoefte is gevoerd.

Het rantsoen voor de kalveren van 5 tot 11 maanden leeftijd heeft een hogere kwaliteit dan dat van de pinken en de droge koeien. Naast 4,5 tot 6,0 kg droge stof ruwvoer krijgen de kalveren ongeveer 0,5 kg droge stof mengvoer. De gemiddelde voederwaarde van het rantsoen van de kalveren op stal bedroeg 885 VEM en 60 g DVE per kg droge'stof. Uiterekend is dat de kalveren in de wei ongeveer 4,5 kg droge stof weidegras op zouden nemen om in hun energiebehoefte te voorzien. Naast vers gras krijgen de kalveren in de weideperiode ongeveer 0,5 kg droge stof mengvoer bijgevoerd.

Op stal worden de kalveren duidelijk boven de behoefte gevoerd. Niet alleen wordt 15% tot 30% boven de energiebehoefte gevoerd, tevens nemen de kalveren bijna 1,5 maal de behoefte aan eiwit (DVE) op, tabel 17. In de wei is de energieopname per definitie gelijk aan de energiebehoefte. Desondanks is de DVE-dekking bijzonder ruim, meer dan 200%. Een groot deel van het opgenomen eiwit wordt niet door de kalveren benut. Dit blijkt uit het eiwitoverschot van gemiddeld ruim 200 gram per dag op stal en meer dan 500 gram per dag in de weide.

5.4 Perspectief

Uit de resultaten van de afgelopen jaren blijkt dat de voeropname van de gehele veestapel aanmerkelijk hoger is dan volgens de prognose bij start van het bedrijfssysteem. Belangrijkste redenen hiervoor zijn het relatief grote aantal stuks jongvee en een hogere voeropname dan op basis van de berekende voerbehoefte noodzakelijk wordt geacht. De hogere voeropname, gecombineerd met enigszins hogere eiwitgehalten, heeft ook een hogere stikstofinput in de veestapel tot gevolg. Hierdoor is de prognose van de stikstofinput ruim overschreden.

Terugdringing van de voeropname van de gehele veestapel is mogelijk door vermindering van het aantal dieren of door de voeropname van de dieren te verlagen. De mogelijkheden van beide aspecten worden nader uitgewerkt.

5.4.1 Omvang veestapel

De afgelopen vier jaar had de veestapel van De Marke een omvang van gemiddeld 80 melkkoeien en 59 stuks jongvee. Het aantal melkkoeien was daarmee vrijwel gelijk aan de prognose. Er was echter bijna 30% meer jongvee dan bij de start van het bedrijf noodzakelijk werd geacht. Zijn er mogelijkheden om het totale voerverbruik te verminderen door het aantal stuks vee terug te dringen?

5.4.1.1 Melkvee

Terugdringing van het aantal melkkoeien is alleen mogelijk bij een toename van de melkproductie per koe. De afgelopen jaren is de melkproductie gestegen van bijna 8250 kg FPCM naar ruim 8500 kg FPCM per koe per jaar. Een verdere stijging is niet uitgesloten. Echter de laatste twee jaar is de melkproductie stabiel. Noodzakelijk voor een productiestijging is een toename van de drogestofopname, energie en eiwit, per koe per dag. De belangrijkste factoren die effect hebben op de drogestofopname zijn de verhouding ruwvoer / krachtvoer in het rantsoen, de kwaliteit van de verschillende voedermiddelen en een hogere voeropnamecapaciteit. Dit laatste is sterk gerelateerd met de melkproductieaanleg en wordt daarom als zodanig niet afzonderlijk behandeld.

Een hoger aandeel krachtvoer in het rantsoen kan leiden tot een hogere droge stof en energieopname en daardoor melkproductie. Dit kan er toe leiden dat meer krachtvoer aangekocht moet worden. Dit zou echter een nadelig effect op de stikstofefficiëntie op bedrijfsniveau hebben. Verhoging van de melkproductie door een hogere krachtvoergift is dan ook niet de oplossing voor een betere mineralenbenutting op bedrijfsniveau.

De drogestofopname kan toenemen als de kwaliteit van de voedermiddelen, hoofdzakelijk ruwvoerders, verbetert. Daarom volgt De Marke de ontwikkelingen op het gebied van de weidebouw en voederwinning nauwgezet. Gezien de hoge kwaliteit van het eigen gewonnen voer en de toegepaste technieken, mogen de verwachtingen op dit terrein niet hoog gespannen zijn. Ook een evenwichtige samenstelling van het rantsoen kan bijdragen aan een verhoging van de voeropname. Dit is een van de redenen waarom vanaf 1996 op De Marke geen voederbieten meer geteeld worden.

Conclusie: Een verlaging van het voerverbruik door het melkvee door vermindering van het aantal melkkoeien wordt niet verwacht.

5.4.1.2 jongvee

Door een hoger vervangingspercentage, 30% ten opzichte van een prognose van 25%, was het aantal stuks jongvee de afgelopen jaren gemiddeld 12 stuks hoger dan de prognose. Het hogere aantal stuks jongvee is één van de oorzaken van het hogere voerverbruik. Daarom is vermindering van het aantal stuks jongvee gewenst.

Op De Marke nam een kalf van 5 tot 11 maanden leeftijd gemiddeld ruim 1000 kg droge stof voer op. Daarna werd tot een leeftijd van 24 maanden nog eens 2800 kg droge stof voer opgenomen. Als de prognose voor het aantal stuks jongvee gehaald wordt, dan zijn er 6 pinken (11 - 24 maanden) en 3 kalveren (5 - 11 maanden) minder nodig. Dit geeft een vermindering van het voerverbruik van bijna 20 ton droge stof en is exact het verschil tussen de prognose en het gerealiseerde voerverbruik van het jongvee. Naast een lager voerverbruik bij minder jongvee daalt uiteraard ook de stikstofinput in de veestapel. De afgelopen jaren was de stikstofinput van een pink van 11 tot 24 maanden gemiddeld 90 kg, die van een kalf van 5 tot 11 maanden 29 kg. Uitgaande van het boventallige aantal stuks jongvee van 6 pinken en 3 kalveren, kan bij een jongveestapel gelijk aan de prognose de stikstofinput dalen met 628 kg per jaar oftewel 11,4 kg per ha per jaar. Dit gaat overigens gepaard met een verlaging van de stikstofoutput, in de vorm van lichaamsgroei, van circa 46 kg per jaar.

Verlaging van het vervangingspercentage en verhoging van de melkproductie per koe hebben beide een mindering van het aantal stuks jongvee tot gevolg. Een sterke verhoging van de melkproductie mag gezien de voorgaande opmerkingen in §4.1.1 niet verwacht worden. Er zal dus gezocht moeten worden naar de mogelijkheden om het vervangingspercentage te verlagen.

Bij een nieuw op te zetten bedrijfssysteem mag, onder andere door aanpassingsproblemen van de aangekochte dieren, een hoger vervangingspercentage worden verwacht. Jaarlijks werden de afgelopen jaren gemiddeld 24 koeien vervangen terwijl bij de prognose werd uitgegaan van 20 dieren. De belangrijkste afvoerredenen waren melkproductie, vruchtbaarheid, uiergezondheid en -kwaliteit en benen. (Een overzicht van de afvoerredenen is weergegeven in bijlage 3.) De laatste drie redenen veroorzaken gedwongen afvoer en zijn terug te dringen door aanpassingen van het bedrijfssysteem c.q. de bedrijfsvoering. In de volgende hoofdstukken worden nog enige suggesties gedaan waardoor de afvoer door been- en klauwproblemen verminderd kan worden. Daarnaast zijn de afgelopen jaren verschillende

aanpassingen gedaan in met name de melkinrichting om de incidentie van mastitis te verlagen. De komende jaren zal nog meer aandacht aan de diergezondheid geschonken worden.

Selectie op melkproductie door een hoge vervanging heeft als doel de melkproductie te verhogen en daardoor de stikstofefficiëntie van het gehele bedrijfssysteem te verbeteren. Er moet dan ook continu de afweging worden gemaakt tussen productieverhoging en verlaging van de uitstoot van melkkoeien. Dat deze afweging ook plaats vindt blijkt wel uit de afname van het aantal koeien dat voor productie is afgevoerd. In 1993 lag dit op 12, 1994 op 7, 1995 nog op 3 en in 1996 zijn geen dieren vanwege een te lage melkproductie afgevoerd. De lagere afvoer vanwege melkproductie had nog nauwelijks effect op het totale aantal afgevoerde koeien. De resultaten over 1996 lijken echter perspectief te bieden.

Conclusie: Er zijn mogelijkheden om het aantal stuks jongvee op het bedrijf te verminderen **door een** verlaging van het vervangingspercentage. Belangrijk hiervoor is een afname van de gedwongen afvoer van melkkoeien vanwege mastitis en been- en klauwproblemen.

5.4.2 Optimalisatie voeropname

De voeropname per dier was de afgelopen jaren veel hoger dan verwacht werd bij de start van het bedrijf. Hierdoor hebben verschillende diergroepen **boven** behoefte energie, eiwit en fosfor opgenomen. In het kader van deze publicatie wordt ingegaan op de eiwitopname (DVE en OEB) boven behoefte, oftewel het 'eiwitoverschot'. In **tabel 18** is de totale input van eiwit in de veestapel (resultaat en prognose) en het eiwitoverschot van de verschillende diergroepen weergegeven.

Tabel 18 input van eiwit in de veestapel (prognose en resultaat 1993-1996) en het eiwitoverschot' van de verschillende diergroepen (kg N per ha)

	prognose	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	gemiddeld
Eiwitinput	278	299	330	320	329	320
Eiwitoverschot						
Melkkoeienopstal	6,6	20,3	18,5	19,3	10,6	17,2
Melkkoeien in wei	18,7	22,8	16,1	12,8	24,7	19,1
Droge koeien	-0,5	3,9	6,2	4,8	8,0	5,7
Pinkeropstal		2,5	4,2	5,9	5,1	4,4
Pinken in wei		13,0	12,6	22,9	14,7	15,8
Kalvereropstal		1,3	4,5	2,4	1,9	2,5
Kalveren in wei		1,7	2,6	3,4	2,5	2,6
Totaal		65,6	64,7	71,5	67,5	67,3

[†] Het OEB-overschot vermeerderd met de hoeveelheid eiwit **die** boven de DVE-behoefte is gevoerd.

De afgelopen jaren was de eiwitinput in de veestapel gemiddeld ruim 40 kg stikstof hoger dan de prognose. Een belangrijke oorzaak van deze hogere eiwitinput ligt bij het boven de norm voeren. Het eiwitoverschot, de hoeveelheid eiwit die boven de norm gevoerd is, bedroeg de afgelopen jaren ruim 65 kg, waarvan 38 kg tijdens de weideperiode. Van het totale eiwitoverschot nemen de melkgevende koeien ruim de helft voor hun rekening. Normvoeding voor alle dieren, 0 gram OEB per dier per dag en DVE-opname volgens de norm, zou leiden naar een eiwitinput die lager is dan de prognose. Echter normvoeding is niet haalbaar voor alle dieren. Ingegaan wordt op de mogelijkheden om het eiwitoverschot bij de verschillende diergroepen te verlagen.

5.4.2.1 Melkgevende koeien

Ruim de helft van het totale eiwitoverschot wordt gerealiseerd door de melkgevende koeien. Bij de prognose is in de berekening van het eiwitoverschot er vanuit gegaan dat een OEB-opname van de melkkoeien van 0 gram per dag voldoende is. Praktisch gezien is het niet haalbaar om alle dieren gedurende de gehele lactatie exact 0 gram OEB per dag te voeren. Ook exact op de DVE-norm voeren is met name tijdens de weideperiode niet mogelijk. Hiermee is in de oorspronkelijke berekeningen rekening gehouden. Dit leidde tot een eiwitoverschot van 28 en 79 kg per koe voor respectievelijk de stal- en weideperiode, zie tabel 19. De afgelopen vier jaar bedroeg het feitelijke eiwitoverschot tijdens de stal en weide respectievelijk 73 en 81 kg per koe. Het te hoge eiwitoverschot wordt met name tijdens de stalperiode gerealiseerd, in de weide is de eiwitopname vrijwel gelijk met de prognose. Dit laatste wordt deels veroorzaakt doordat de opname van het eiwitrijke weidegras waarschijnlijk onderschat wordt. Bij de melkgevende koeien bestaat circa 15% van het rantsoen uit aangekochte krachtvoerders. Hierdoor zou het in principe mogelijk moeten zijn om de prognose voor de melkgevende koeien te realiseren. Het gemiddelde jaarlijkse eiwitoverschot zou dan dalen met ruim 46 kg per melkgevende koe. Op jaarbasis per ha betekent dit een daling van het eiwitoverschot met 10,9 kg stikstof.

Tabel 19 DVE-, OEB- en totaal eiwitoverschot¹, prognose en gerealiseerd (kg eiwit per dier tijdens weide-, stal- en droogstandsperiode)

		prognose	1992/96	Vershil
Melkkoe stal	DVE-overschot	-3,0	24,1	27,1
	OEB-overschot	31,0	48,5	17,5
	Eiwitoverschot	28,0	72,6	44,6
Melkkoe weide	DVE-overschot	23,0	15,5	-7,5
	OEB-overschot	56,0	65,2	9,2
	Eiwitoverschot	79,0	80,7	1,7
Melkkoe droogstand	DVE-overschot	5,0	6,8	1,8
	OEB-overschot	-7,0	17,7	24,7
	Eiwitoverschot	-2,0	24,5	26,5

¹ Het OEB-overschot vermeerderd met de hoeveelheid eiwit die boven de DVE-behoefte is gevoerd.

5.4.2.1 Droogstaande koeien

De droogstaande koeien krijgen een rantsoen dat bestaat uit eigen geteeld ruwvoer van de laagste kwaliteit. Desondanks overschrijdt de DVE-opname de behoefte met ruim 40% en wordt meer dan 350 gram OEB per dag opgenomen terwijl de energiebehoefte vrijwel exact gedekt wordt. Het overschot aan DVE en OEB per droogstaande koe was volgens de prognose respectievelijk 5,0 en -7,0 kg, zie tabel 19. Het verwachte DVE-overschot werd vrijwel gehaald, het OEB-overschot was echter bijna 25 kg hoger dan de prognose. Bij de opzet van het bedrijf is uitgegaan van het voeren van een aanzienlijke hoeveelheid snijmaïs (5 kg droge stof) aan de droge koeien. Afgezien van het feit dat niet zoveel snijmaïs beschikbaar is heeft snijmaïs voor droge koeien een bijkomend nadelig effect. Door (meer) snijmaïs in het rantsoen op te nemen wordt het energiegehalte van het rantsoen zo hoog dat vervetting van de droge koeien in de hand wordt gewerkt. Problemen met de gezondheid zoals stofwisselingsziekten en vermindering van de vruchtbaarheid mogen dan verwacht worden.

Verlaging van het eiwitoverschot van de droogstaande koeien is alleen mogelijk door voeders met een laag eiwitgehalte aan te kopen of door vermindering van de kwaliteit van het eigen geteelde ruwvoer. Omdat De Marke zelfvoorzienend is voor ruwvoer is het aankopen van (slechte kwaliteit) ruwvoer geen optie. Door vermindering van de hoeveelheid herfstkuilgras zal het eiwitgehalte van het ruwvoer voor de droge koeien dalen. Hierdoor nemen de droge koeien bij eenzelfde drogestofopname minder eiwit op. Daarom is het wenselijk om de hoeveelheid herfstkuilgras, of ander eiwitrijk ruwvoer met een matige voederwaarde dat aan de droge koeien wordt gevoerd, zo veel als mogelijk te verminderen. Vooral nog wordt geen verlaging van het eiwitoverschot van de droogstaande koeien verwacht.

5.4.2.2 Pinken

Voor de pinken geldt tijdens het stalseizoen hetzelfde probleem als voor de droge koeien. De beschikbare hoeveelheid en kwaliteit van het ruwvoer bepalen in belangrijke mate het eiwitoverschot. De bijdrage van de pinken op stal aan het eiwitoverschot is overigens vrij gering. In de wei is de eiwitopname van de pinken veel te hoog. Dit leidt tot een eiwitoverschot van meer dan 1 kg per dag. Verlaging van dit overschot in de wei is alleen mogelijk door de pinken een eiwitarm voedermiddel bij te voeren. Praktisch biedt het bijvoeren in de wei geen enkel perspectief. Omdat op stal beter op de norm gevoerd kan worden, is het opstallen van de pinken een alternatief. Een nadeel van dit alternatief is het niet benutten van weideresten van de melkkoeien. De voederefficiëntie en stikstofbenutting op bedrijfsniveau zal door het opstallen van de pinken waarschijnlijk niet toenemen. De kosten, door meer bloten, voederwinning en uitrijden van mest nemen echter wel toe.

5.4.2.3 Kalveren

De kalveren hebben een geringe bijdrage in het totale eiwitoverschot, ruim 5 kg stikstof per ha per jaar. Desondanks is het wel mogelijk om bij deze dieren het eiwitoverschot enigszins terug te dringen. Doordat zowel op stal als in de wei ongeveer 0,5 kg krachtvoer wordt bijgevoerd kan gestuurd worden in het energie- en eiwit aanbod. In de wei zal dit nauwelijks effect hebben. Bij een lagere krachtvoergift zal de berekende grasopname stijgen om in de energiebehoefte te voorzien. Als op stal geen krachtvoer verstrekt wordt dan zal de energie- en eiwitopname beter afgestemd zijn op de behoefte. Het achterwege laten van krachtvoer bij de kalveren in de stalperiode geeft een verlaging van het eiwitoverschot van bijna 1 kg stikstof per jaar.

5.4.2.4 Alle dieren

Vrijwel alle dieren worden boven de eiwitbehoefte gevoerd, met name als het rantsoen voor een groot deel uit weide- of kuilgras bestaat. Bij deze dieren, onder andere de droge koeien, pinken en kalveren, zijn er nauwelijks mogelijkheden om middels de hoeveelheid of kwaliteit van het aangekochte (kracht-)voer de eiwitopname te verlagen. Ook is aangegeven dat er nauwelijks mogelijkheden zijn om de samenstelling van het rantsoen zodanig te wijzigen dat het eiwitgehalte daalt. Een mogelijkheid die nog niet besproken is verlaging van het eiwitgehalte van de eigen geteelde voeders, met name weide- en kuilgras. Dit is mogelijk door een lager niveau van stikstofbemesting of te beweiden en maaien bij zwaardere sneden. Hier moeten echter wel enkele kanttekeningen geplaatst worden.

Bij een lager bemestingsniveau moet rekening gehouden worden lagere grasopbrengst. Hierdoor moet meer voer aangekocht worden. Desondanks zal de mineralenbalans waarschijnlijk verbeteren omdat het stikstofverlies dat noodzakelijk is bij de productie van dit aangekochte voer niet wordt meegerekend. Het blijft de vraag of op deze wijze daadwerkelijk efficiënter geproduceerd wordt. Een andere kanttekening die bij een lager bemestingsniveau geplaatst kan worden is het aandeel klaver in het grasland. Bij een lager bemestingsniveau neemt waarschijnlijk het aandeel klaver toe. Hierdoor is het twijfelachtig of het eiwitgehalte van het weide- en kuilgras daalt. In onderzoek op de Waiboerhoeve bij een bemesting van bijna 70 kg stikstof en meer dan 30% klaver waren de gehalten aan ruw eiwit, DVE en OEB respectievelijk 240, 100 en 80 gram per kg droge stof. De gehalten aan ruw eiwit en OEB zijn daarmee hoger dan het gemiddelde van de afgelopen vijf jaar op De Marke. Het kuilgras met klaver had in hetzelfde onderzoek eiwitgehalten vergelijkbaar met die van het kuilgras op De Marke. Omdat ook op De Marke er naar gestreefd wordt naar grasland met klaver, kan betwijfeld worden of vermindering van de stikstofbemesting een lager eiwitgehalte van het weide- en kuilgras tot gevolg heeft.

5.4.3 Bijstelling prognose

Er zijn op dit moment nog onvoldoende argumenten die een wezenlijke bijstelling van de totale voerbehoefte rechtvaardigen. Op dit moment wordt gewerkt aan een vernieuwd Koemodel. Naar verwacht ontstaat er met een dergelijk model meer inzicht in de voerbehoefte van met name de hoogproductieve dieren zoals die op De Marke gehouden worden. Daarom zal te zijner tijd met het vernieuwde Koemodel de voerbehoefte van de gehele veestapel opnieuw berekend moeten worden. Wellicht moet op basis hiervan de prognose bijgesteld worden.

5.4.4 Samenvattend

Verkleining van de veestapel is mogelijk door het vervangingspercentage te verlagen tot de prognose en niet meer dan het voor vervanging benodigde aantal stuks jongvee aan te houden. Dit geeft een verlaging van de stikstofinput van 11,4 kg per ha.

Bij de voeding van de melkgevende koeien zou het mogelijk moeten zijn om jaarlijks 10,9 kg stikstof per ha te besparen. Zelfs dan worden de dieren niet (altijd) op de normen voor DVE- en OEB-behoefte gevoerd. Bij de kalveren is ook een verlaging van de stikstofinput mogelijk, 1 kg stikstof per ha per jaar. Het is niet uitgesloten dat met een verminderde stikstofbemesting en/of het weiden en maaien van zwaardere sneden de stikstofinput nog verder verlaagd kan worden.

Door verkleining van de veestapel en wijzigingen in de voeding kan de totale stikstofinput verlaagd worden met 23,3 kg per ha per jaar. De gerealiseerde stikstofinput zou daarmee nog bijna 20 kg per ha per jaar hoger zijn dan de huidige prognose.

5.5 Conclusie

Gewasopbrengst

De gewasopbrengsten op De Marke zijn tot nu toe iets lager dan de prognose bij de start van het bedrijfssysteem. De belangrijkste oorzaak hiervan is de slechte vochtvoorziening van de afgelopen jaren. In een relatief vochtig groeiseizoen als 1993, werden de prognoses dan ook gehaald. De lagere gewasopbrengsten hebben geleid tot een afname van de voervoorraad en een verhoging van de aankoop van (kracht)voer.

Ruwvoer kwaliteit

De kwaliteit van het kuilgras en de snijmaïs, VEM-waarde, zijn enigszins hoger dan het gemiddelde van de analyses van het BLCC. Daar staat tegenover dat het VEM-gehalte van vers gras iets achter blijft bij de praktijk. Op De Marke is dan ook gebleken dat een lager bemestingsniveau niet per definitie gepaard hoeft te gaan met een lagere ruwvoer kwaliteit.

Het ruweiwitgehalte van zowel weide- als kuilgras is aanmerkelijk lager, circa 10%, dan in de praktijk. Het DVE-gehalte van weide- en kuilgras wijkt niet af van de praktijk, het OEB-gehalte is respectievelijk 31 en 11 gram per kg droge stof lager. Het hogere eiwitgehalte van het gras in de praktijk wordt veroorzaakt doordat de stikstofbemesting in de praktijk op een hoger niveau ligt.

Voeropname veestapel

De voeropname van de gehele veestapel is beduidend hoger dan de prognose. Er is bijna 10% meer ruwvoer en 8% meer krachtvoer verbruikt. Deze hogere voeropname leidde samen met een hoger stikstofgehalte van het opgenomen voer tot een 15% hogere stikstofinput in de veestapel. De hogere voeropname wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door het jongvee. De kalveren en pinken namen ruim 22% meer voer op dan verwacht. Belangrijkste reden hiervoor is de grotere omvang van de jongveestapel. De hogere voeropname van de melkgevende en droogstaande koeien betreft hoofdzakelijk ruwvoer. Gemiddelde werd per kg, voor vet- en eiwitpercentage gecorrigeerde, melk (FPCM) 1 kg droge stof voer opgenomen.

Voeropname weidegras

Het is vrijwel onmogelijk om in bedrijfsverband de opname van gras in de weide te bepalen. Daarom wordt de opname van weidegras berekend uit de energiebehoefte en de opname van de overige voedermiddelen waarbij verondersteld wordt dat de energieopname gelijk is aan de energiebehoefte. Echter tijdens de stalperiode is de energieopname bijna altijd hoger dan de energiebehoefte. Daarom is het niet uitgesloten dat ook tijdens de weideperiode de energieopname hoger is dan de behoefte. Om hier **meer inzicht** in te krijgen is de berekende grasopname vergeleken met de geschatte (bepaalde) grasopname gedurende de jaren 1993- 1996, zie bijlage 2.

De grasopname wordt bepaald op basis van de geschatte grashoeveelheid bij in- en uitscharen. Gebleken is dat de bepaalde grasopname van de melkgevende koeien gemiddeld 10% hoger is dan de berekende grasopname. Omdat weidegras maar een beperkt deel van het totale rantsoen uitmaakt betekent het dat de totale drogestofopname circa 4% hoger zou zijn als wordt uitgegaan van de geschatte grasopname. Het lijkt dus waarschijnlijk dat ook tijdens de weideperiode de drogestofopname hoger is dan op basis van de energiebehoefte berekend is.

Voeropname melkgevende koeien

De melkgevende koeien namen tijdens de stalperiode gemiddeld bijna 20,5 kg droge stof op. In het weideseizoen lag de (berekende) voeropname ruim 1 kg lager. De opname van energie, eiwit en fosfor was hoger dan de behoefte. Tijdens de stalperiode is gemiddeld 9% meer energie opgenomen dan de behoefte. De totale hoeveelheid eiwit, DVE en OEB, die boven de normen gevoerd is, varieerde van 255 tot 721 gram per koe per dag. Door het ruime eiwitoverschot was de stikstofefficiëntie lager dan verwacht. De gemiddelde stikstofefficiëntie lag met ruim 26,5% bijna 3,5% lager dan de prognose.

Voeropname droogstaande koeien

De voeropname van de droogstaande koeien was gemiddeld 9,7 kg droge stof per koe per dag. De energievoorziening, VEM-dekking, is de afgelopen jaren toegenomen van 100% naar 119%. De eiwitvoorziening, DVE-dekking, was alle jaren ruim, gemiddeld 142%. Doordat de OEB-opname de afgelopen jaren sterk is gestegen, is ook het eiwitoverschot toegenomen. Het eiwitoverschot is gestegen van 382 in 1992/93 naar 648 gram per koe per dag in 1995/96.

Voeropname pinken

De pinken met een leeftijd van circa 11 tot 24 maanden nemen voor een belangrijk deel de voer- en weideresten van de melkgevende koeien op. Desondanks is met name de voeropname in de **weide beduidend** hoger dan de behoefte. De DVE-dekking in de weideperiode was gemiddeld bijna 300%. Ook het OEB-overschot in de weide was aanzienlijk. Het totale eiwitoverschot varieerde van 153 tot 384 gram per dier per dag tijdens de stalperiode en 921 tot 1311 per dier per dag in de weideperiode.

Voeropname kalveren

De kalveren van 5 tot 11 maanden leeftijd namen gemiddeld 4,7 kg droge stof op tijdens de weideperiode en 5,9 kg droge stof tijdens de stalperiode. Tijdens de stalperiode lag de energieopname bijna 30% boven de behoefte. Met name tijdens de weideperiode is de eiwitvoorziening ruim. Dit leidde tot een eiwitoverschot in de weide en stalperiode van gemiddeld respectievelijk ruim 200 en meer dan 500 gram per dier per dag.

Vermindering voetverbruik

Terugdringing van het voerverbruik door een kleinere veestapel is slechts in beperkte mate mogelijk. Door verhoging van de melkproductie per koe neemt het aantal melkkoeien af. Echter gezien de beschikbare hoeveelheid en kwaliteit eigen geteeld voer wordt een duidelijke verhoging van de melkproductie per koe niet verwacht. Het aantal stuks jongvee wordt in belangrijke mate bepaald door het afvoerpercentage van de melkkoeien. Vermindering van de afvoer van melkkoeien gelijk aan de prognose wordt nog steeds nagestreefd. Om dit te bereiken zijn de afgelopen jaren verschillende aanpassingen binnen het bedrijf uitgevoerd. Verwacht wordt dat het aantal stuks jongvee waarvan bij de opzet is uitgegaan voldoende zou moeten zijn. Dit geeft een aanmerkelijk verlaging van het voerverbruik, circa 20 ton droge stof.

Stikstofinput

De stikstofinput in de veestapel lag de afgelopen jaren gemiddeld op 320 kg per ha per jaar. Dit was 42 kg hoger dan de prognose. Oorzaken hiervan zijn de grotere veestapel en de hoeveelheid voer, met name eiwit, die boven de behoefte is opgenomen.

Huidig eiwitoverschot

Uitgaande van de huidige behoeftenormen voor DVE en OEB is het eiwitoverschot berekend. Dit eiwitoverschot bedroeg ruim 67 kg N per ha per jaar. In theorie is het mogelijk om de eiwitinput in de veestapel met 67 kg N per ha per jaar te verlagen. Bij de prognose is reeds uitgegaan van een 'onvermijdelijk' eiwitoverschot van ruim 25 kg voor alleen de melkgevende koeien. In de praktijk van De Marke is vermindering van het eiwitoverschot mogelijk door de rantsoenen van de verschillende diergroepen verder te optimaliseren. Hierbij bepalen de beschikbare hoeveelheid en kwaliteit van de voedermiddelen de mogelijkheden.

Vermindering eiwitoverschot

Het gemiddelde vervangingspercentage lag de afgelopen jaren bijna 5% boven de prognose van 25%. Verwacht wordt dat de komende jaren de prognose haalbaar moet zijn. Hierdoor kan de jongveestapel krimpen met 6 pinken (11 tot 24 maanden) en 3 kalveren (5 tot 11 maanden). Een vermindering van de stikstofinput in de veestapel van 11,4 kg per ha per jaar lijkt hierdoor mogelijk. Een aanvullende verkleining van de melkveestapel door een hogere melkproductie wordt niet verwacht omdat de melkproductie op een relatief hoog niveau ligt.

Bij de melkgevende koeien zijn wijzigingen van de rantsoenen door krachtvoerders met een lager eiwitgehalte te voeren mogelijk. Hierdoor kan in principe de prognose gehaald moeten worden en daalt de stikstofinput met 10,9 kg per ha per jaar. Bij de kalveren kan de krachtvoergift verminderd worden. Dit levert een verlaging van de eiwitinput van 1 kg stikstof per ha per jaar. Bij de andere diergroepen, droogstaande koeien en pinken, wordt geen vermindering van de stikstofinput verwacht omdat rantsoenaanpassingen nauwelijks mogelijk zijn. Deze dieren worden immers gevoerd met vrijwel alleen rest- en bijproducten.

Prognose stikstofinput

Verlaging van de stikstofinput met **in totaal** 23,3 kg per ha per jaar lijkt mogelijk. Hiervoor is het noodzakelijk de jongveestapel te verkleinen en melkkoeien en kalveren door aanpassingen van het rantsoen beter op de norm te voeren. De afgelopen jaren lag de stikstofinput gemiddeld op 320 kg per ha per jaar. Door de genoemde maatregelen is het mogelijk om de stikstofinput te verlagen tot circa 297 kg per ha per jaar. Hiermee ligt het verwachte resultaat de komende jaren nog bijna 20 kg stikstof per ha per jaar boven de prognose.

Hoewel er aanwijzingen zijn dat de voerbehoefte van hoog productieve melkkoeien onderschat wordt, is bijstelling van de prognose op dit moment niet nodig. Het is echter wenselijk om met een vernieuwd Koemodel de voerbehoefte opnieuw door te rekenen en de prognose te verifiëren.

5.6 Literatuur

Aarts, H.F.M. (1995). Weide- en voederbouw op De Marke: op zoek naar de balans tussen productie en emissie. De Marke rapport nr. **12**.

Biewinga, E. E., H. F. M. Aarts en R.A. Donker (1992). Melkveehouderij bij stringente milieunormen. Bedrijfs- en onderzoeksplan van het Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu. De Marke rapport nr. 1.

Centraal Veevoeder Bureau (1997). Verkorte **tabel** 1997. CVB-reeks nr. **20**.

Hijink, J.W.F. en A.B. Meijer (1987). Het Koemodel. PR-publicatie nr. 50.
De Marke (1994). Tussenbalans 1992 - 1994. De Marke rapport nr. 10.

Meijer, R., Tj. Boxem, G. Smolders, A. van der Kamp en C.H. Wentink (1994). Voederbieten voor melkvee. PR-publicatie nr. **88**.

Meijer, R.G.M., G.J. Rimmelink en Tj. Boxem (1996). OEB-niveau in melkveerantsoenen. PR-publicatie nr. 116.

Schans, F.C. van der, H.F.M. Aarts, E.E. Biewinga, G.J. Hilhorst en C.K. de Vries (1996). Vijf jaar De Marke. Melkveehouderij met strenge milieudoelstellingen. De Marke rapport.

Schils, R.L.M., M.C. Verboon, Tj. Boxem en S.J.F. Antuma (1995). Verlaging stikstofbemesting en introductie witte klaver. Onderzoek op Melkvee 2 in de periode 1990-1993. PR-publicatie nr. 106.

Visser, H. de, A. Klop, J. van der Meulen en H. Valk (1996). Invloed van N-bemesting op graskwaliteit: Nutriëntenstromen voor en na de lever. In: Mededelingen ID-DLO nr. 28.

Bijlagen

Bijlage 1 Melkproductie 1992 - 1996

	prognose	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96
Melk (kg/koe/jaar)	8100	7644	7747	8149	7952
Vetge halte (%)	4,40	4,60	4,40	4,36	4,50
Eiwitgehalte (%)	3,35	3,47	3,49	3,51	3,50
Meetmelk (kg FPCM/koe/jaar)	8500	8246	8187	8584	8501

Bijlage 2 Opname weidegras berekend en bepaald 1992 - 1996

	1993	1994	1995	1996	1993/96
Berekend (kg droge stof/jaar)					
Melkkoeien	68130	67100	83545	51187	67491
Pinken'	40354	44600	38265	30818	38509
Kalveren	9050	7741	5676	5034	6875
Totaal	117534	119441	127486	87039	112875
Bepaald (kg droge stof/jaar)					
Melkkoeien	78216	74923	78302	64306	73937
Pinken	30643	35178	29077	25347	30061
Kalveren	13650	14874	8601	6582	10927
Totaal	122509	124975	115980	96235	114925
Verskil absoluut (kg droge stof/jaar)					
Melkkoeien	-10086	-7823	5243	-13119	-6446
Pinken	9711	9422	9188	5471	8448
Kalveren	-4600	-7133	-2925	-1548	-4052
Verskil relatief (%)					
Melkkoeien	115	112	94	126	110
Pinken	76	79	76	82	78
Kalveren	151	192	152	131	159

¹ De opname van weidegras **inclusief** het Italiaans raaigras dat onder de maïs is geteeld

Bijlage 3 Aantal afgevoerde melkkoeien per afvoerreden 1992 - 1996

	1992	1993	1994	1995	1996	Gemiddeld
Benen	4	2	2	2	2	2,4
Dood	1	0	0	0	2	0,6
Leeftijd	2	0	1	3	1	1,4
Melkproductie	5	12	7	3	0	5,4
Noodslachting	1	0	3	4	1	1,8
Overig	0	0	0		2	0,6
Uiergezondheid	1	1	2	4	3	2,2
Uierkwaliteit	2	1	3	6	3	3,0
Verworpen	1	5			1	1,8
Voeding	0	0		2	2	1,0
Vruchtbaarheid	6	4	2	3	4	3,8
Totaal	23	25	22	29	21	24,0

6 Ammoniakemissie op De Marke: overzicht en perspectieven

Edo Biewinga
CLM

Inhoudsopgave

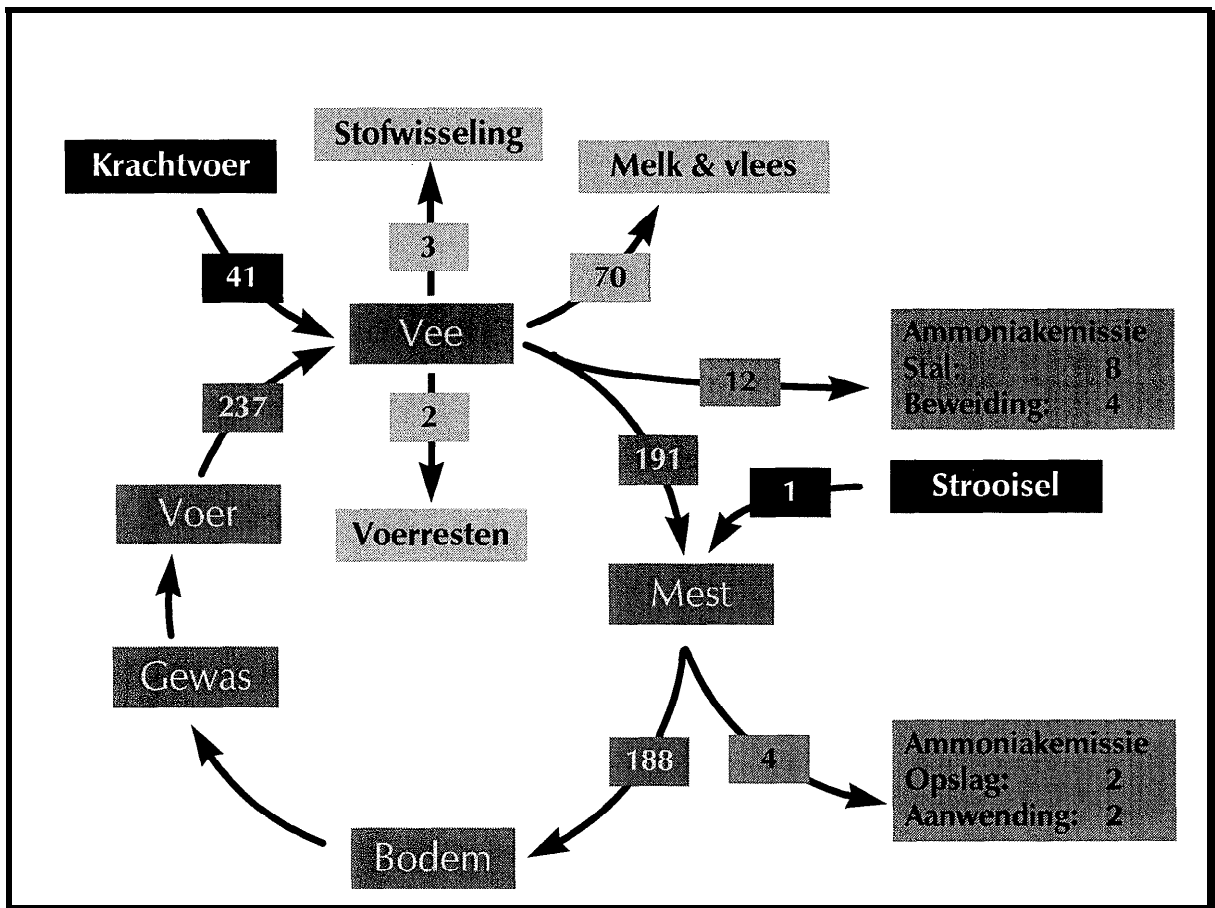
6.1 Inleiding	1
6.2 Overzicht van ammoniakemissies op De Marke	2
6.2.1 Doelstelling..	2
6.2.2 Prognose..	2
6.2.3 Gemeten en berekende emissies	3
6.3 Analyse van genomen maatregelen	4
6.3.1 Vloersysteem ligboxenstal	5
6.3.2 Afdekking mestsilos5
6.3.3 Zoden bemesting grasland6
6.3.4 Mestinjectie bouwland7
6.3.5 Voeding en beweiding..7
6.3.6 Overige bronnen..8
6.3.7 Analyse vanuit bedrijfsvoering medio jaren '80	9
6.4 Conclusies	10
6.5 Bronnen	11

6.1 Inleiding

In de voorgaande bijdragen hebben we gekeken naar de stikstofuitscheiding en ammoniakemissie in afzonderlijke stukken van de mineralencyclus. In deze bijdrage proberen we de resultaten te integreren (zie figuur 6.1). Wat is het totale effect van de voeding en van de specifieke maatregelen op de ammoniakemissie van De Marke? Wat zijn de kosten per verminderde kilogram stikstofemissie? Wat zijn de perspectieven voor verdere reducties?

Achtereenvolgens komen aan bod:

- overzicht van ammoniakemissies op De Marke: doel - prognose - gemeten/berekend (§ 6.1);
- analyse van belangrijkste genomen maatregelen voor de reductie van ammoniakemissie qua effectiviteit en kosten per kg stikstof (§ 6.2);
- conclusies: oordeel over genomen en te nemen maatregelen, bijgestelde prognose, consequenties voor bedrijf en onderzoek (§ 6.3).



Figuur 6.1 Gedeeltelijke stikstofkringloop voor De Marke: prognose in kg N per ha

6.2 Overzicht van ammoniakemissies op De Marke

6.2.1 Doelstelling

Bij de start van het bedrijf is als doel voor de ammoniakemissie geformuleerd: 70% reductie ten opzichte van de gemiddelde situatie in 1980. Gezien de landelijke trends komt dat overeen met een reductie van 70,6% ten opzichte van 1985. Het gemiddelde melkveebedrijf medio jaren '80 had een ammoniakemissie van 103 kg N per ha uit mest, beweiding en kunstmest en van 46 kg N per ha uit overige bronnen. De norm voor De Marke luidt daarom (Biewinga e.a. 1992):

- 30 kg N per ha voor de ammoniakemissie uit mest, beweiding en kunstmest;
- 44 kg N per ha voor de totale ammoniakemissie.

Daarnaast geldt een streefwaarde voor de totale ammoniakemissie van 15 kg N per ha per jaar.

6.2.2 Prognose

In rapport no. 1 van De Marke hebben we berekend hoe de stikstofstromen van het gemiddelde melkveebedrijf op zand er medio jaren '80 uitzagen en welke stromen we - op grond van de geplande maatregelen - verwachtten op De Marke. Tabel 6.1 geeft op basis daarvan de cijfers weer die betrekking hebben op de ammoniakemissie. De prognose ligt voor mest etc. duidelijk onder de norm, maar voor het totaal maar in geringe mate.

Tabel 6.1 Oorspronkelijke prognose voor de ammoniakemissie van De Marke, vergeleken met de emissie van het gemiddelde melkveebedrijf op zandgrond medio jaren '80. Alle kg N uitgedrukt per ha bedrijf.

	medio jaren '80			prognose De Marke		
	N-stroom kg N/ha	emissie %	emissie kg N/ha	N-stroom kg N/ha	emissie %	emissie kg N/ha
stal (N-uitscheiding vee)			13	147	5,2% N ²⁾	8,0
opslag	} 201	} 13,0% N ¹⁾	16	142	1% N ³⁾	2,1
aanwending dm grasland		60% Nm		111	2,5% Nm	1,4
aanwending dm bouwland	} 169		} 47	29	1,25% Nm	0,2
aanwending kunstmest	331	1,5% N	5	96	1% N	1,0
beweiding, urine		13% N		36	7,5% N	2,7
beweiding, mestflatten	} 193	60% Nm	} 22	19	60% Nm	1,4
totaal uit mest/beweid./km			103			16,6
stofw.verl. uit plaagverl.	9	50% N	5	5	50% N	2,7
stofw.verl. uit maaiverl.	16 ⁴⁾	20% N	3	5 ⁴⁾	10% N	0,5
stofw.verl. uit beweid.verl.	42	20% N	8	13	10% N	1,3
conservering	184	7 à 12% N ⁵⁾	17	160	7 à 12% N ⁵⁾	16,1
verademing vee	486	2% N	10	276	1% N	2,7
stofw.verl. uit voerresten	6	50% N	3	ca. 0 ⁶⁾	- ⁶⁾	0,0
totaal uit overige bronnen			46			23,4
totale ammoniakemissie			149			40,0

Noten:

1) stal en opslag, medio jaren '80: 13% vervluchtiging van roostervloer en kelder, waarvan 50% toegerekend aan stal en 50% aan opslag; daarnaast 10% vervluchtiging uit externe opslag, waarin gemiddeld 1/6 van de mest wordt opgeslagen.

2) stal, prognose: hoofdstroom betreft 130 kg N/ha in de ligboxenstal (N-uitscheiding melkvee en droogstaand vee), waarvan 5,2% vervluchtigt, oftewel 6,8 kg N/ha; daarnaast jongveestal met N-stroom

van 17 kg N/ha, waarbij uit dunne mest 13% vervluchtigt van roostervloer/kelder en uit vaste mest 9,8% van ingestrooide loopstal en 2,0% van mestplaat, oftewel totaal 2,2 kg N/ha, waarvan 1,3 kg N/ha toegerekend aan stal en 0,9 kg N/ha aan opslag.

- 3) opslag, prognose: hoofdstroom betreft 123 kg N/ha van ligboxenstal naar silo, waarvan 1,0% vervluchtigt, oftewel 1,2 kg N/ha; daarnaast 0,9 kg N/ha uit jongveemestopslag (zie noot 2);
- 4) maaiverliezen: bij berekening voor medio jaren '80 zijn maaiverliezen mechanische verliezen en drogingsverliezen; bij de prognose voor De Marke zijn alleen mechanische verliezen toegerekend aan maaiverliezen, terwijl de drogingsverliezen zijn meegerekend bij de conservering.
- 5) conservering: voor medio jaren '80: 7% bij gras (zie ook noot 4) en 12% bij maïs; voor prognose De Marke: 10% bij gras, 12% bij maïs, 7% bij voederbieten, 10% bij bietenblad, 9% bij MKS, 12% bij MKS-stro.
- 6) voerresten: bij prognose De Marke verwaarloosbaar verondersteld.

6.2.3 Gemeten en berekende emissies

De metingen aan emissies uit de stal en in het veld zijn behandeld in de voorgaande artikelen. De metingen aan de emissie na zodenbemesting en mestinjectie zijn helaas te onbetrouwbaar gebleken. Daarom gaan we hier voor zodenbemesting en mestinjectie uit van de metingen die begin jaren '90 zijn uitgevoerd door de DLO-veldmeetploeg. Die metingen zijn van recentere datum en talrijker dan de metingen die de basis vormden voor de prognose voor De Marke.

Ook aan de emissie uit de mestsilo van De Marke is gemeten. De mestsilo is geheel afgedekt, met betonnen platen (voorzien van luiken en twee ontluchtingspijpjes). Destijds is voor deze relatief dure afdekking gekozen om de emissie van methaan en ammoniak goed te kunnen meten en om eventueel onderzoek te kunnen doen naar mestvergiftiging in de opslag. In 1995 bleek dat de silo, anders dan bedoeld, nog niet gasdicht was. Sindsdien zijn verschillende operaties uitgevoerd om de naden en kieren te dichteren. De meeste lekken zijn daarmee gedicht, maar om een gegarandeerd gasdichte silo te verkrijgen zullen de naden in 1998 nogmaals worden gekit. In 1995 en 1996 hebben AB-DLO en CLM oriënterende metingen uitgevoerd om de luchtstromen en de ammoniakemissie van de silo te bepalen, met gasmeters (debiet) en wasflessen met fosforzuur (concentratie). De uitgevoerde metingen geven aan dat de in- en uitgaande luchtstromen en de aangetroffen concentraties zeer gering zijn. Ze wijzen op een verwaarloosbare emissie van ammoniak. Nadere metingen in 1998 na afdichting van de silo zullen verder uitsluitsel moeten geven. Aan de andere ammoniakemissies dan die uit dierlijke mest is op De Marke niet gemeten. Verderop komen we terug op de mogelijke omvang van deze emissies.

De resultaten van metingen en daarop gebaseerde berekeningen omtrent emissies uit dierlijke mest en kunstmest zijn vervat in tabel 6.2.

Tabel 6.2 Gemeten en berekende ammoniakemissie uit mest, kunstmest en beweiding van De Marke, vergeleken met de prognose van tabel 6. 1

	prognose			gemeten/berekend ('94-'96) ¹⁾		
	N-stroom kg N/ha	emissie %	emissie kg N/ha	N-stroom kg N/ha	emissie %	emissie kg N/ha
stal	147	5,2% N ²⁾	8,0	179	4,9% N ²⁾	9,1
opslag	142	1% N ³⁾	2,1	170	0,0% N ³⁾	0,7
aanwending dm grasland	111	2,5% Nm	1,4	129	13,3% Nm ⁴⁾	8,7 ⁴⁾
aanwending dm bouwland	29	1,25% Nm	0,2	41	1,7% Nm ⁵⁾	0,3 ⁵⁾
aanwending kunstmest	96	1% N	1,0	86	1% N ⁶⁾	0,9
beweiding, urine	36	7,5% N	2,7	36	10,9% N ⁷⁾	3,9
beweiding, mestflatten	19	60% Nm	1,4	19	60% Nm ⁶⁾	1,4
totaal uit mest/beweid./km			76,6			25,0

Noten:

1) N-stroom op basis van gemiddelde mestproductie in boekjaren '94/'95 en '95/'96; emissiepercentages gemeten in 1995 en 1996.

2) stal: voor prognose, zie noot 2 bij tabel 6.1.; voor gemeten/berekend: hoofdstroom betreft 168 kg N/ha in de ligboxenstal (melkvee, droogstaand vee en pinken), waarvan 4,9% vervluchtigt (zie bijdrage

Middelkoop), oftewel 8,3 kg N/ha; daarnaast jongveestal met N-stroom van 11 kg N/ha, waarbij uit dunne mest 13% vervluchtigt van roostvloer/kelder en uit vaste mest 9,8% van ingestrooide loopstal en 7,5% van mestplaat (emissiepercentages jongveestal niet gemeten, maar conform prognose; alleen voor mestplaat verhoogd, omdat deze in afwijking van prognose niet is afgedekt); voor jongveestal daarmee 1,5 kg N/ha, waarvan 0,9 kg N/ha toegerekend aan stal en 0,7 kg N/ha aan opslag.

- 3) opslag: voor prognose, zie noot 3 bij tabel 6. 1; voor gemeten/berekend: hoofdstroom betreft 166 kg N/ha uit ligboxenstal en jongveestal naar silo, waarvan 0,0% vervluchtigt; daarnaast 0,7 kg N/ha uit jongvee-mestopslag (zie noot 2).
- 4) aanwending dm grasland: emissiepercentage volgens Mulder & Huijsmans 1994 (gemiddelde van 35 metingen aan zodenbemesting met vooral rundermest op klei en veen in de periode 1990-1993); 14,3 kg N per ha grasland, dus 8,7 kg N per ha bedrijf.
- 5) aanwending dm bouwland: emissiepercentage volgens Mulder & Huijsmans 1994 (gemiddelde van 2 metingen aan mestinjectie met varkensmest op zavelbouwland in de periode 1990-1992); 0,9 kg N per ha bouwland, dus 0,3 kg N per ha bedrijf.
- 6) geen metingen verricht op De Marke; daarom emissiepercentage van prognose gehandhaafd.
- 7) gemiddeld emissiepercentage van 3 metingen op De Marke (9,7%, 13,9% en 9,1%), zie bijdragen Van der Putten en Ketelaars.

Tabel 6.2 laat zien dat de totale ammoniakemissie uit mest, kunstmest en beweiding uitkomt op 25,0 kg N per ha. De emissie komt daarmee duidelijk onder de norm van 30 kg N per ha.

Uitkomen onder de norm lijkt bevredigend. Toch zijn er meerdere redenen om geen genoegen te nemen met deze uitkomst en deze nader te analyseren:

- één van de grotere posten, aanwending op grasland, is relatief onzeker; het gebruikte emissiepercentage is vooral gebaseerd op metingen aan kleigrond; op zandgrond, met een lagere kationenadsorptiecapaciteit (CEC), is het emissiepercentage mogelijk hoger;
- als de 'overige' ammoniakbronnen op het bedrijf inderdaad 23,4 kg N per ha emitteren (zoals tabel 6. 1 aangeeft), komt de totale emissie boven de norm van 44 kg N per ha;
- de streefwaarde, van 15 kg N per ha voor de totale ammoniakemissie, wordt nog lang niet gehaald;
- het is goed mogelijk dat de genomen maatregelen niet de meest effectieve en/of kosteneffectieve combinatie behelzen; mogelijk is een genomen maatregel overdreven of moet een andere juist sterker worden doorgetrokken.

We gaan daarom nader in op de verschillen tussen prognose en resultaten en - vervolgens - op de genomen maatregelen.

Hoe verhouden de resultaten zich ten opzichte van de prognoses?

Tabel 6.2 laat zien dat de emissie van stal en opslag goed overeenkomt met de verwachtingen. De emissie uit de mest silo lijkt zelfs geringer dan oorspronkelijk verondersteld, maar hier moeten we nog een slag om de arm houden. De emissie van de stal ligt procentueel iets gunstiger dan verwacht, maar door de grotere N-stroom komt de emissie toch nog iets boven het geraamde niveau.

De emissie bij beweiding spoort redelijk met de verwachtingen, maar het gemeten emissiepercentage ligt iets hoger dan dat van de prognose.

De emissie bij mestinjectie op bouwland ligt volgens de hier uitgevoerde berekeningen nauwelijks hoger dan in de prognose.

De emissie bij zodenbemesting op grasland gooit echter roet in het eten. Het emissiepercentage ligt volgens de hier gebruikte landelijke metingen van begin jaren '90 veel hoger dan volgens de metingen eind jaren '80 die we gebruikten voor de prognose. Met daarbij nog een wat grotere N-stroom komt de emissie na zodenbemesting zes keer zo hoog uit als in de prognose: 8,7 versus 1,4 kg N per ha bedrijf.

Al met al komt de gemeten en berekende ammoniakemissie, van 25,0 kg N per ha, 50% uit boven de prognose van 16,6 kg N per ha. Het verschil is vrijwel geheel te wijten aan de hogere emissie bij mestaanwending op grasland.

6.3 Analyse van genomen maatregelen

Om beter zicht te krijgen op de betekenis van de verschillende emissiebronnen en de bijbehorende emissiereducerende maatregelen, zullen we een aantal maatregelen nader analyseren qua effectiviteit en kosteneffectiviteit. We doen dat voor vijf maatregelen (c.q. groepen van maatregelen):

- vloersysteem ligboxenstal
- afdekking mestsilo
- zodenbemesting grasland
- mestinjectie bouwland
- voeding en beweiding.

Per maatregel berekenen we de kosten en de effectiviteit door de situatie op De Marke met en zonder toepassing van die maatregel te vergelijken. De rest van het bedrijfssysteem blijft dan dus gelijk. Door het gemeten emissiepercentage en het referentiepercentage toe te passen op de reële N-stroom van De Marke krijgen we een zo realistisch mogelijk beeld van het effect van de maatregel. Emissiereductie en kosten geven we steeds aan per ha per jaar van het hele bedrijf (dus totaal gedeeld door 56,5). Tabel 6.3 geeft de resultaten voor de vijf genoemde groepen maatregelen.

Hieronder geven we per maatregel toelichting op de rekenwijze en beschouwen we de uitkomsten. We beginnen met de relatief eenduidige maatregelen in de stal, bij de opslag en bij aanwending. Daarna komen we op de maatregelen rond voeding en beweiding, die een veel complexere relatie met de ammoniakemissie hebben.

6.3.1 Vloersysteem ligboxenstal

Om de ammoniakemissie terug te dringen is de ligboxenstal voorzien van een dichte, hellende vloer met giergoot en mestschuif. Om gladheid te bestrijden is een sproeileiding aangelegd (zie bijdrage Hilhorst). Hoe effectief is dit systeem? Wat zijn de kosten?

Emissiereductie.

Het vloersysteem en de voeding reduceren de emissie van 13% op een gangbare roostervloer met kelder (tabel 6.1) tot 4,9% op De Marke (tabel 6.2). Dat is het emissiepercentage bij een vloer waarvan 77% gecoat is en 23% onbehandeld beton is. Op de gecoate vloer is de emissie 23% lager dan op een onbehandelde vloer (bijdrage Middelkoop). Omgerekend is dan het emissiepercentage op de gecoate vloer 4,6% en op de onbehandelde vloer 5,9%. Wat is de bijdrage van het vloersysteem en wat die van de voeding? We maken een splitsing op basis van cijfers van het IMAG-DLO (Smits e.a. 1995): op een vergelijkbaar vloertype bracht een drastische verbetering van de voeding de emissie terug van 7,8% naar 5,7% van de N-excretie. Vertalen we dat naar de hier gevonden emissies, dan zou de emissie zonder voedingsmaatregelen 6,3% op de gecoate vloer en 8,1% op de onbehandelde vloer bedragen. De gecoate vloer levert dan een reductie met 6,7% (van 13% naar 6,3%). Bij een N-stroom van 168 kg N/ha is dat een reductie van 11,2 kg N/ha. De onbehandelde vloer levert een reductie met 4,9% oftewel 8,2 kg N/ha.

Meerkosten.

De meerkosten van het vloersysteem ten opzichte van een roostervloer met kelder bedragen bij volledige coating f 12.569 per jaar, dus f 222 per ha. Zonder coating zijn de meerkosten f 4.205 per jaar, dus f 74 per ha (bijdrage Hilhorst). Per kg N emissiereductie wordt ook ca. 0,9 kg N bespaard aan kunstmest; bij een kunstmestprijs van f 1,08 (KW/N-V 1996) levert dat ca. f 1,- kostenbesparing per kg N.

De resultaten van deze berekeningen zijn te vinden in tabel 6.3. De gecoate vloer levert een grotere emissiereductie op dan de onbehandelde vloer, maar het verschil is relatief gering: 11,2 tegenover 8,2 kg N per ha. Die drie kilo vastgehouden ammoniak wordt duur betaald: de coating kost f 48,33 per kg N. Het verschil in kosteneffectiviteit tussen de onbehandelde vloer en de gecoate vloer is daardoor aanzienlijk: f 8,02 per kg N versus f 18,82 per kg N.

6.3.2 Afdekking mestsilo

Uitgaande van een dichte vloer is een externe mestopslag het goedkoopste (op De Marke is de dichte vloer alleen onderkelderd om zonodig tegen relatief lage kosten een roostervloer te kunnen aanbrengen en te kunnen onderzoeken). Op De Marke is een betonnen silo gebouwd. Afgezien van de wettelijke verplichting hiertoe, ligt het ook uit het oogpunt van emissiebestrijding voor de hand om deze silo af te dekken. Om zonodig ook methaan te kunnen opvangen is een gasdichte, betonnen overkapping aangebracht. Maar hoe zit het met effectiviteit en kosten van deze overkapping?

- Emissiereductie.

Wat is de emissie van een open silo? Monteny (1991) geeft cijfers op basis van het onderzoek van De Bode c.s. aan minisilo's: voor de zomer 13,9-16,8 g NH₃/m²/dag, voor de winter 7,2-14,4 g NH₃/m²/dag. Bij een oppervlakte van 422 m² en de laagste waarden (vanwege het lage N-gehalte in de mest) is de emissie dan 1338 kg N per jaar. Op de totale stroom door de silo van 9395 kg N per jaar is dat 14,2% van Nt. De gemeten emissie bij de afgedekte silo van De Marke is 0% (tabel 6.2). De emissiereductie is daarmee 14,2%. Bij een N-stroom van 166 kg N/ha is dat 23,7 kg N/ha.

- Meerkosten.

De kosten van overkapping zijn sterk afhankelijk van de vorm van de silo; een hoge silo, met geringe diameter, is het meest voordelig. We gaan hier uit van een silo die net zo groot is als de huidige silo en de kelders onder de dichte vloer van De Marke tezamen, te weten 1900 m³. We houden de hoogte op 4,5 m. De diameter wordt dan 23,2 m. Gezien de zeer lage emissie gaan we uit van de duurste afdekking volgens KWIN-V (1996): een investering van f 2050,- per m doorsnede. De jaarkosten bedragen dan $f 47.560,- \times (5 + 2,5 + 7 \times 0,5) \times 0,01 = f 5232,-$ voor het bedrijf.

Tegenover deze kosten staat niet alleen een besparing van stikstof, maar ook van regenwater: door de overkapping bespaart De Marke opslagkosten en uitrijkosten. Wat vangt een niet-afgedekte silo aan regenwater? Gegeven een neerslag van 775 mm en enige verdamping gaan we ervan uit dat 500 mm (oftewel 0,5 m³ per m²) in de silo wordt opgevangen en moet worden uitgereden. Omdat in de periode maart-augustus regelmatig kan worden uitgereden, nemen we aan dat voor slechts 350 mm extra opslagcapaciteit nodig is. Bij een oppervlakte van 422 m² moet er dus 211 m³ worden uitgereden en 148 m³ extra opslagcapaciteit worden gerealiseerd. De investering voor opslag bedraagt f 50,- per m³ (geëxtrapoleerd van KWIN-V 1996); de jaarkosten zijn dan $f 50,- \times (5 + 2,5 + 7 \times 0,5) \times 0,01 = f 5,50$ per m³ per jaar. De uitrijkosten begroten we op f 7,50 per m³ (KWIN-V 1996 voor zodenbemesting). De totale besparing bij een afgedekte silo is dan $211 \times f 7,50 + 148 \times f 5,50 = f 2397,-$ per jaar.

Per saldo zijn de kosten van overkapping dan f 2835,- per jaar voor het bedrijf, dus f 50,18 per ha per jaar.

De overkapping van de mestsilo blijkt een groot effect te hebben op de ammoniakemissie: 23,7 kg N/ha. De kosten worden voor een flink deel terugverdiend door besparingen op het opslaan en uitrijden van regenwater en op kunstmest. De overkapping kost dan per kg bespaarde stikstofemissie slechts f 1,11 (tabel 6.3). Zouden we uitgaan van de cijfers van de prognose van De Marke, met een iets geringere emissiereductie en een kleinere meststroom door de silo, dan zouden de kosten nog f 3,50 per kg N bedragen.

6.3.3 Zodenbemesting grasland

Voor de aanwending van mest op grasland ging in de oorspronkelijke opzet van De Marke de voorkeur uit naar zodeninjectie, vanwege een geringere ammoniakemissie (1,8 à 3,4% van Nm bij zodeninjectie versus 2 à 13% bij zodenbemesting). In de praktijk heeft De Marke echter al snel gekozen voor zodenbemesting, soms aangevuld met rollen om de sleuven te dichten. Effect en kosten zijn als volgt.

- Emissiereductie.

Op basis van DLO-metingen hebben Mulder & Huijsmans (1994) een gemiddelde emissie berekend van 13,3% van Nm. In de bijbehorende referentiemetingen is de emissie bij oppervlakkige aanwending gemiddeld 78,2% van Nm. De reductie is dan 64,9% van Nm. De gemiddelde aanwending op grasland is 61 m³ met een gehalte van 3,43 kg N per m³ en 51% Nm, oftewel 107 kg Nm per ha grasland. De reductie door zodenbemesting bedraagt dan 69,2 kg N per ha grasland oftewel 42,4 kg N per ha bedrijf.

- Meerkosten.

De meerkosten van zodenbemesting ten opzichte van bovengrondse aanwending (zij het niet meer toegestaan) bedragen f 3,- per m³ (f 7,50 tegenover f 4,- à 5,-, volgens KWIN-V 1996). Bij een aanwending van 61 m³ per ha grasland is dat f 183,- per ha grasland oftewel f 112,07 per ha bedrijf. Tegenover deze kosten staan meerdere winstpunten. Alleen de stikstofbesparing rekenen we hier mee.

De overige, zoals minder besmeuring, tijdiger aanwending etc., laten we hier buiten beschouwing.

Het effect van zodenbemesting, een reductie met 42,4 kg N per ha per bedrijf, is groter dan van alle andere maatregelen (zie tabel 6.3). De kosten komen op f 1,64 per kg N.

6.3.4 Mestinjectie bouwland

Voor de mestaanwending op bouwland heeft De Marke vanaf het begin gewerkt met mestinjectie, met een injecteur met tanden op ca. 25 cm afstand. Wat zijn effect en kosten?

- Emissiereductie.

De in DLO-metingen bepaalde emissie bedraagt 1,7% van Nm (Mulder & Huijsmans 1994). In de bijbehorende referentie is de emissie bij oppervlakkige aanwending gemiddeld 55,5% van Nm. De reductie is dan 53,8% van Nm. De gemiddelde aanwending is 28 m³, met 49,0 kg Nm per ha bouwland. De reductie door injectie bedraagt dan 26,4 kg N per ha bouwland ofwel 1 0,2 kg N per ha bedrijf.

- Meerkosten.

De meerkosten van mestinjectie vergeleken met bovengrondse aanwending bedragen f1,50 per m³ (Handboek *rundveehouderij* 1994). Bij aanwending van 28 m³ per ha bouwland is dat f42,- per ha bouwland ofwel f16,28 per ha bedrijf.

Mestinjectie is daarmee een goedkope maatregel: f0,57 per kg bespaarde stikstof (tabel 6.3).

6.3.5 Voeding en beweiding

De eerdergenoemde maatregelen beperken de ammoniakemissie door het emissiepercentage te verlagen. De stikstofstroom beperken ze niet. Bij voedingsmaatregelen ligt dat anders: die beperken primair de stikstofstroom en daarmee de ammoniakemissie. Maar voedingsmaatregelen kunnen ook invloed hebben op het emissiepercentage. Het verband tussen N-uitscheiding en ammoniakemissie is dan niet meer lineair, maar bijvoorbeeld exponentieel: bij een grotere N-uitscheiding neemt ook de emissiefactor toe. Een dergelijk verband vonden Bussink (1996) in zijn beweidingsonderzoek en Smits e.a. (1995) in hun stalonderzoek. Een verlaging van de emissiefactor is met name te verwachten als de ureumconcentratie in de urine afneemt; voedingsmaatregelen die leiden tot een vermindering van de N-uitscheiding leiden echter niet altijd tot een vermindering van de ureumconcentratie (Boomaerts e.a. 1995; Smits e.a. 1996). Omdat nog te weinig onderzoek is gedaan naar de relatie tussen N-uitscheiding, ureumconcentraties en ammoniakemissie, gaan we in onderstaande berekeningen voorlopig uit van een lineair verband tussen N-uitscheiding en ammoniakemissie. We nemen dus aan dat voedingsmaatregelen alleen invloed hebben op de stikstofstroom en niet op de emissiefactor (het emissiepercentage). Een beperking van de uitscheiding in de stal met één kg N levert op De Marke dan een gemiddelde reductie van de ammoniakemissie uit stal, opslag en aanwending van 1 0,1% (specifiek voor de stalperiode 9,1% en voor de weideperiode 12,1%). Ook voor de kostenberekening is er een complicatie. Bij de voorgaande maatregelen konden de kosten eenduidig worden toegerekend aan ammoniakemissiereductie. Maar omdat voedingsmaatregelen de stikstofstroom verminderen, verminderen ze niet alleen de ammoniakemissie maar ook andere stikstofemissies. De kosten van voedingsmaatregelen mogen dus niet alleen aan ammoniakemissiereductie worden toegerekend. Welk deel moet wel daaraan worden toegerekend? Een handvat vormt de benadering van Biewinga e.a. (1992, p. 38): gegeven de efficiënties in de verschillende schakels van de bedrijfsvoering komt maar een beperkt deel van de uitgescheiden stikstof weer in de vorm van voer terug bij de koe. Bij een gangbaar bedrijf komt maar 32% weer terug, maar ook bij een sterk verbeterd bedrijf zoals De Marke volbrengt slechts ca. 60% de cyclus. Dat betekent dat op De Marke van iedere kg uitgescheiden stikstof nog 0,4 kg N verloren gaat. Een beperking van de uitscheiding met één kg N levert dan een reductie van het N-verlies met 0,4 kg N op. Hierboven zagen we dat bij een kg N-uitscheiding op De Marke 0,10 kg N aan ammoniakemissie hoort. De ammoniakemissie vormt dus 25% van het N-verlies dat hoort bij een kg N-uitscheiding. Het is dan redelijk om ook 25% van de kosten van voedingsmaatregelen toe te rekenen aan ammoniakemissiereductie. Een kostenberekening van voedingsmaatregelen kunnen we momenteel helaas nog niet goed uitvoeren. Die vereist eerst een economische analyse van het bedrijfssysteem.

Op dit moment beperken we ons daarom tot een grove berekening over de effectiviteit van drie maatregelen:

- op de norm voeren;
- in de stalperiode kuilgras vervangen door snijmaïs;
- in de weideperiode weidegras vervangen door snijmaïs.

- Emissiereductie bij het op de norm voeren.
Stel dat eenzelfde productie te realiseren is met 5% minder eiwit. De uitscheiding daalt dan met 7%. Vertaald naar De Marke is dat een daling van de N-stroom via de stal van 192 naar de huidige 179 kg N/ha en via de weide van 59 naar de huidige 55 kg N/ha. De besparing op de ammoniakemissie is daarmee $10,1\% \times 13 + 10,9\% \times 4 = 1,7$ kg N/ha.
- Emissiereductie bij het vervangen van kuilgras door snijmaïs.
Eén kg mais vervangt, gegeven de gehalten op De Marke (951 resp. 872 VEM per kg d.s.), 1,09 kg kuilgras. Per ha maïs (10.000 kg d.s.) daalt het stikstofaanbod daarmee van $10.000 \times 1,09 \times 2,91\% = 317$ kg N naar $10.000 \times 1,25\% = 125$ kg N, d.w.z. een daling met 192 kg N per ha maïs. Wordt bijvoorbeeld 20% van het bedrijf omgezet in mais, dan is de daling 38,4 kg N per ha bedrijf. Dat levert een reductie van de ammoniakemissie met $38,4 \times 9,1\% = 3,5$ kg N per ha bedrijf.
- Emissiereductie bij het vervangen van weidegras door snijmaïs.
Eén kg mais vervangt, gegeven de gehalten op De Marke (951 resp. 988 VEM per kg d.s.), 0,96 kg weidegras. Per ha mais (10.000 kg d.s.) daalt het stikstofaanbod daarmee van $10.000 \times 0,96 \times 3,68\% = 353$ kg N naar $10.000 \times 1,25\% = 125$ kg N, d.w.z. een daling met 228 kg N per ha maïs. Wordt het aandeel maïs bijvoorbeeld verhoogd van 3 naar 7 kg d.s. per dag, dan vereist dat 12,3% van het bedrijfsareaal. De N-uitscheiding daalt dan 28,1 kg N per ha bedrijf. Gaan we ervan uit dat 3/4 van de mest in de stal komt en 1/4 in de weide, dan levert dat een reductie van de ammoniakemissie met $28,1 \times 11,8\% = 3,3$ kg N per ha bedrijf.

De resultaten van deze drie voedingsmaatregelen zijn vermeld in tabel 6.3. In vergelijking met de eerdergenoemde maatregelen blijken alle drie de maatregelen maar een matig effect te hebben op de ammoniakemissie. Het effect van de maatregelen is beperkt doordat de emissiepercentages laag zijn. Tezamen scoren de voedingsmaatregelen nog redelijk. Op de norm voeren is financieel natuurlijk aantrekkelijk, maar over de kosten van de andere maatregelen kunnen we nog geen uitspraken doen.

Tabel 6.3 Kosten, emissiereductie en kosten per kg bespaarde stikstof voor vijf groepen ammoniakmaatregelen op De Marke.

	emissiereductie kg N per ha bedrijf	meerkosten f per ha bedrijf ¹⁾	kosten emissiered. f per kg N
vloersysteem:			
met coating		11,2	222- \mathcal{N} 18,82
zonder coating		8,2	74- \mathcal{N} 8,02
coating zelf		3,0	148- \mathcal{N} 48,33
afdekking mestsilos	23,7	50- \mathcal{N}	1,11
zodenbemesting grasland	42,4	112- \mathcal{N}	1,64
mestinjectie bouwland	10,2	16- \mathcal{N}	0,57
voeding en beweiding:			
op de norm voeren		1,7	
mais i.p.v. kuilgras		3,5	
mais i.p.v. weidegras		3,3	

Noten:

1) \mathcal{N} = kosten van kunstmest die worden bespaard door reductie ammoniakemissie.

6.3.6 Overige bronnen

Aan de overige bronnen van ammoniak (zie tabel 6.1) is op De Marke nog geen onderzoek gedaan. Wel wordt bijvoorbeeld de emissie bij verademing door vee grotendeels meegenomen in de gemeten ammoniakemissie van de stal: het vee staat meer dan 80% van de tijd op stal. Ook ammoniak die mogelijk vrijkomt uit uitgehaald kuilvoer emitteert in de stal en wordt dus meegenomen in de gemeten stalemissie. Overigens is het sterk de vraag of de stikstofverliezen bij conservering wel verloren gaan in de vorm van ammoniak, zoals tabel 6.1 aanneemt. Nader onderzoek naar stikstofverliezen bij conservering is dringend gewenst, op De Marke of elders.

6.3.7 Analyse vanuit bedrijfsvoering medio jaren '80

In het voorgaande hebben we de maatregelen steeds geanalyseerd vanuit het systeem De Marke: wat zijn effect en kosten van een maatregel als deze binnen de context van De Marke wordt toegevoegd c.q. weggehaald. Het is interessant deze exercitie ook eens uit te voeren als we kijken vanuit een gangbare bedrijfsvoering: wat is dan het effect van een maatregel en wat is dan de kosteneffectiviteit? In tabel 6.4 geven we de resultaten daarvan, waarbij de kostenberekening ruwweg overeenstemt met de voorgaande berekeningen, maar we de effectiviteit hebben berekend vanuit de gangbare bedrijfsvoering medio jaren '80.

De berekeningen die onder tabel 6.4 liggen stemmen ruwweg overeen met die van tabel 6.3. Alleen de berekening voor de afdekking van de mestsilos wijkt sterk af. Daarom wat toelichting daarop:

- Emissiereductie.

We gaan hier uit van een silo die slechts de helft van het jaar wordt gebruikt (ca. december tot juni) om de helft van de winterproductie op te slaan: ca. 12,5 m³ per ha. Bij een bedrijfsgrootte van 30 ha is dat 375 m³, wat bij een hoogte van 4 m een oppervlak levert van 94 m² en een doorsnee van 10,92 m.

Bij een open silo gaan we uit van een emissie van het gemiddelde van de eerdergenoemde waarden van Monteny (1991), te weten 13,1 g NH₃/m²/dag. De afdekking levert dan een reductie van dezelfde omvang. Bij 183 dagen over het totale oppervlak is dat 185 kg N voor het bedrijf, dus 6,2 kg N per ha.

- Meerkosten.

De kosten van overkapping leiden we weer af van een investering van f 2050,- per m doorsnede. Dat levert jaarkosten van $f 2050,- \times 10,92 \times (5 + 2,5 + 7 \times 0,5) \times 0,01 = f 2462,-$ voor het bedrijf, dus f 82,08 per ha. We gaan ervan uit dat regenwater buiten de opslagperiode vrijelijk kan wegstromen.

Doordat de silo maar de helft van het jaar wordt gebruikt en doordat - vergelijkbaar met de berekening in § 6.2.2 - een deel van het regenwater weer verdampt en een deel van het ingevangen regenwater al tijdens de opslagperiode kan worden uitgereden, levert overkappen maar een geringe waterbesparing op: 250 mm voor uitrijden en 150 mm voor extra opslagcapaciteit. Bij f 4,- per m³ voor oppervlakkig aanwenden en een investering van f 1 00,- per m³ opslagcapaciteit, komen we dan op een besparing van f 249,- per bedrijf, dus f 8,30 per ha.

Tabel 6.4 Kosten, emissiereductie en kosten per kg bespaarde stikstof voor vijf groepen ammoniakmaatregelen, gezien vanuit een gangbare bedrijfsvoering.

	emissiereductie kg N per ha bedrijf	meerkosten f per ha bedrijf ⁽¹⁾	kosten emissiered. f per kg N	
vloersysteem:				
	met coating	13,5	222- \mathcal{N}	15,44
	zonder coating	9,8	74- \mathcal{N}	6,55
	coating zelf	3,6	148- \mathcal{N}	40,11
afdekking mestsilos	6,2	74- \mathcal{N}	10,94	
zoden bemesting grasland	46,3	97- \mathcal{N}	1,10	
mestinjectie bouwland	7,1	9- \mathcal{N}	0,27	
voeding en beweiding:				
	op de norm voeren	8,2		
	maïs i.p.v. kuilgras	17,7		
	maïs i.p.v. weidegras	10,6		

Noten:

1) \mathcal{N} = kosten van kunstmest die worden bespaard door reductie ammoniakemissie.

Tabel 6.4 laat zien dat de effectiviteit per maatregel veelal groter is dan in tabel 6.3. Dat is ook logisch: doordat de uitgangssituatie veel slechter is, levert een maatregel meer effect op. De kosten per ha zijn ongeveer gelijk aan die in tabel 6.3. Dientengevolge zijn de kosten per kg N emissiereductie hier lager dan in tabel 6.3.

Voor de voedingsmaatregelen pakken in tabel 6.4 veel gunstiger uit dan in tabel 6.3. Ook dat is logisch: een reductie van de stikstofstroom heeft bij hoge emissiepercentages veel meer effect dan bij lage emissiepercentages. Het afdekken van de mestsilos daarentegen pakt hier veel slechter uit, doordat het

effect kleiner is (minder mest in de silo), de kosten hoger zijn en de besparingen geringer zijn. De nu gangbare bedrijfsvoering is natuurlijk beter dan die van medio jaren '80. De ammoniakemissie in de keten van stal tot aanwending was toen ca. 46%. Maar ook onder de huidige regelgeving kan in die keten nog gemakkelijk ca. 25% van de aanwezige stikstof vervluchtigen. Uitgaande van de nu gangbare bedrijfsvoering liggen de kosten van voedingsmaatregelen dus ongeveer midden tussen die van tabel 6.3 en tabel 6.4. Doordat vergelijkbare cijfers van de nu gangbare bedrijfsvoering ontbreken, kunnen we hiervoor geen gedetailleerdere berekening maken.

6.4 Conclusies

Wat betekent dit alles voor de maatregelen die De Marke heeft genomen en nog zou moeten nemen om de ammoniakemissie te reduceren? We kunnen de volgende conclusies trekken.

Oordeel over totale pakket maatregelen

1. De ammoniakemissie uit mest, kunstmest en beweiding op De Marke voldoet aan de daarvoor gestelde norm. De geregistreerde emissie is 25,0 kg N per ha, terwijl de norm 30 kg N per ha is. De streefwaarde, van 15 kg N per ha, wordt nog lang niet gehaald. Ten opzichte van de gemiddelde bedrijfsvoering medio jaren '80 bedraagt de reductie ca. 78 kg N per ha.
2. De geregistreerde ammoniakemissie van 25,0 kg N per ha is aanzienlijk hoger dan de prognose, die uitkwam op 16,6 kg N per ha. De overschrijding van de prognose wordt vrijwel geheel veroorzaakt door de emissie bij zodenbemesting: realisatie 8,7 kg N per ha bedrijf versus prognose 1,4 kg N per ha bedrijf.

Oordeel over afzonderlijke maatregelen

3. De emissie uit de stal komt goed overeen met de verwachtingen. Zolang op andere fronten geen aanzienlijke emissiewinst wordt gerealiseerd, heeft De Marke een emissiearme stal nodig om de norm te halen: bij het gangbare emissiepercentage van 13% zou de emissie 14,5 kg N per ha hoger liggen. De Marke zou wel binnen de norm blijven bij een vloersysteem zonder coating (emissie ligboxenstal dan 9,9 in plaats van 8,3 kg N per ha); de kosten per kg N zijn dan aanzienlijk lager dan bij een vloersysteem met coating. De resterende stalemissie is nog een van de grootste posten, maar verdere reductie lijkt voorlopig niet mogelijk tegen aanvaardbare kosten. De Marke moet vooral streven naar verdere verbetering van de technische en economische inpasbaarheid van emissiearme vloersystemen; belangrijk perspectief biedt het nieuwe vloersysteem, de sleuenvloer.
4. De emissie uit de mestopslag lijkt nog geringer te zijn dan aanvankelijk verondersteld, maar gezien de onzekerheid van de tot nu toe verrichte metingen is nog geen harde conclusie te trekken. Het overkappen van de mestsilos is voor De Marke een effectieve en goedkope maatregel. Meer algemeen is overkappen een goedkope maatregel als de silo relatief hoog is, de silo jaarrond wordt gebruikt en de omvang ervan is afgestemd op het mestvolume zonder regenwater.
5. De emissie na mestaanwending op grasland ligt volgens de hier uitgevoerde berekeningen aanzienlijk hoger dan de prognose. De huidige berekeningen zijn gebaseerd op meetgegevens begin jaren '90, die een vijf keer zo hoog emissiepercentage aangeven als de metingen eind jaren '80. De mestaanwending op grasland vormt daarmee het grootste ammoniaklek op De Marke. Een forse reductie van de emissie is wenselijk, bij voorkeur zonder daarbij de kosten per kg N noemenswaard te verhogen. Nader onderzoek is dus vereist, ook buiten De Marke. Het lijkt verstandig dan verder te zoeken naar vormen van zodeninjectie, waarbij de mest gegarandeerd in de grond terechtkomt en de injectiesleuf bovenaan min of meer wordt afgedicht.
6. Mestinjectie op bouwland blijkt een zeer effectieve en zeer goedkope maatregel. Uit ammoniakoogpunt is er weinig reden om naar verdere verbetering toe te werken.
7. Maatregelen in de voeding (zoals het vervangen van gras door mais) hebben een complex effect op de ammoniakemissie, doordat zij effect kunnen hebben op de stikstofstroom en op het emissiepercentage. Naar het effect op het emissiepercentage is nog onvoldoende onderzoek gedaan om dit goed mee te kunnen nemen in de berekeningen. Houden we alleen rekening met de invloed op de stikstofstroom, dan is het effect van voedingsmaatregelen op de ammoniakemissie van De Marke beperkt, als gevolg van de lage emissiepercentages. Tegelijk hebben deze maatregelen echter ook effect op andere stikstofverliezen. Uitgaande van een meer gangbare bedrijfsvoering, met veel hogere emissiepercentages, is het effect van voedingsmaatregelen op de ammoniakemissie veel groter.

De opname van stikstof door de veestapel van De Marke is nog te beperken met ca. 23,3 kg N per ha per jaar (bijdrage Van der Schans). Bij een emissie van 10,1% per kg N-uitscheiding, komt dit overeen met een mogelijke verdere reductie van de ammoniakemissie door voedingsmaatregelen op De Marke met 2,4 kg N per ha per jaar.

Het permanent opstallen van vee is ook bij deze gegevens geen adequate manier om de ammoniakemissie te beperken (in vergelijking met beperkt beweiden). Wel is het een goede manier om de uitspoeling te beperken.

Over de kosten van de genomen voedingsmaatregelen is nog geen kwantitatieve uitspraak te doen. Maar het wegwerken van verspilling in de voeding is natuurlijk altijd gunstig.

8. Wat betreft de overige ammoniakemissies (uit gewas, kuil etc.) is elders eerst nader onderzoek nodig voordat gericht maatregelen op De Marke zijn te nemen.

Bijgestelde prognose

9. De prognose voor De Marke moet op een aantal punten worden bijgesteld:
 - N-stroom omhoog (zie bijdragen Van der Schans en Hilhorst);
 - emissiepercentage silo omlaag, naar ca. 0,0% (nader te bepalen na metingen 1998);
 - emissiepercentages mestaanwending omhoog, naar 13,3% op grasland en 1,7% op bouwland (het emissiepercentage op grasland is aan te passen na uitvoering van nader onderzoek en bij toepassing van andere technieken);
 - emissie uit beweiding naar 10,9% van N in urine.

Vervolg van het onderzoek

10. Voor het vervolg van het ammoniakonderzoek op De Marke moeten de volgende prioriteiten gelden:
 - het emissieonderzoek moet zich vooral richten op de grote posten: stal en mestaanwending;
 - de maatregelen moeten vooral worden gezocht bij de voeding (zie bijdrage Van der Schans), het vloersysteem en bovenal de mestaanwending;Het onderzoek naar 'overige emissies', met name naar de stikstofverliezen bij conservering, moet vooral op andere locaties in Nederland worden uitgevoerd. Blijkt de omvang relevant, dan is ook onderzoek bij het lage N-niveau op De Marke wenselijk.

6.5 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 rapport nr. 1, Hengelo / Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht / DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, Wageningen.

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

Bussink, D.W., 1996. *Ammonia volatilization from intensively managed dairy pastures*. Proefschrift LUW, Wageningen.

Handboek voor de rundveehouderij, 1994. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Lelystad.

Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1996-1997, 1996. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad.

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

Mulder, E.M. & J.F.M. Huijsmans, 1994. *Beperking ammoniakemissie bij mesttoediening - Overzicht metingen DLO-veldmeetploeg 1990-1993*. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 18. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen.

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. *Livestock Production Science* 44:147-156.

Smits, M.C.J., A.M. van Vuuren & M.C. Verboon, 1996. Onderzoek naar urineproductie, urinelozingspatroon en ammoniakemissie bij rundvee. In: P.J. van der Aar e.a. (red.). *Veevoeding en ammoniakemissie: stand van zaken in het onderzoek*. Productschap voor Veevoeder, 's-Gravenhage.