

Case/control-metingen ammoniakemissie
Groene Vlag Roostervloer voor rosé-vleeskalverstallen



Emissiearme vleeskalverstallen

(C2259530/4681842)

1^e Deelrapport Fase 2

RAPPORT MEET-ID 2020-03

December 2020

Frans Ettema

Erik Lindeboom

Marco Noordman

Gert-Jan Monteny



VOORWOORD

De Provincie Noord-Brabant heeft, in het kader van een breder onderzoek naar emissie-arme vleeskalverstallen (C2259530/4681842), opdracht gegeven aan Meet-ID BV (hierna 'Meet-ID' genoemd) voor het uitvoeren van case/control-onderzoek onder beheerste omstandigheden aan de Groene Vlag Roostervloer voor rosé-vleeskalveren. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd.

Voor deze opdracht gelden de Algemene Voorwaarden van Meet-ID, die zijn gepubliceerd op de website www.meetid.nl.

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Materiaal en methoden	5
2.1 Meetopstelling	5
2.2 Meetmethode	8
2.4 Protocol aanbrengen faeces en urine	10
2.5 Meetperioden en dataverwerking	11
2.5.1 Emissiereductie	13
2.5.2 Bijdragen vloer en kelder	13
2.6 Overige waarnemingen	14
3. Resultaten.....	15
3.1 Verloop NH ₃ -concentratie en emissiereductie.....	15
3.2 Nat-chemische metingen	17
3.1.2 Bijdragen van vloer en kelder.....	19
4. Discussie	20
5. Conclusies.....	22
Literatuur.....	23
Bijlage A. NH ₃ -emissie per meting Groene Vlag Roostervloer	24
Bijlage B. Metingen 28 en 29 mei.....	26
Bijlage C. QCL versus Impinger	27

1. Inleiding

De Provincie Noord-Brabant heeft, in het kader van een breder onderzoek naar emissie-arme vleeskalverstallen (C2259530/4681842), Meet-ID opdracht gegeven om via case/control-metingen onder beheerste omstandigheden de emissiereductie vast te stellen van de zgn. Groene Vlag Roostervloer (zonder flappen) ten opzichte van traditionele betonnen roosters ('control') voor rosé-vleeskalveren.

Doel van de metingen is om een onderbouwing te krijgen van de emissiereductie van deze vloer ten opzichte van traditionele betonnen roosters met mestkelders, welke gangbaar is in de rosé-vleeskalverhouderij.

In dit rapport wordt verslag gedaan van de genoemde case/control-metingen, die zijn uitgevoerd in mei en juni 2020.

2. Materiaal en methoden

2.1 Meetopstelling

De meetopstelling bestaat uit een ruimte, waarin 2 afzonderlijke segmenten (elk 3,0 m * 3,7 m; mestkelder met vloer) zijn nagebouwd. De mestkelder (90 cm diep, gevuld met ca. 50 cm mest van een rosé-vleeskalverbedrijf uit Lemele) omvat beide segmenten, waarbij homogenisatie van de mengmest centraal staat om gelijke kelderomstandigheden (mestsamenstelling) te creëren. Via scheidings-schuiven zijn de kelders onder beide segmenten hermetisch af te sluiten, zodat onderlinge beïnvloeding wordt voorkomen omdat beide segmenten qua lucht en mest gescheiden zijn.

In het eerste segment van de meetopstelling waren 3 standaard roostervloerelementen (3 m breed; 1,10 m lang; balkbreedte 13 cm; spleetbreedte 30 mm) aangebracht. Dit is de 'control'. In het tweede segment was de Groene Vlag Roostervloer gerealiseerd. Deze vloer werd aangebracht op roostervloerelementen van eveneens 3 m breed en 1,10 m lang.

Deze roostervloerelementen hadden elk 7 balken met 3 spleten van 82 cm lang en 3,5 cm breed. Door het aanbrengen van de Groene Vlag Roostervloer werd de spleetbreedte verkleind tot 2,5 cm.

De Groene Vlag Roostervloer werd gedurende geruime tijd (>2 maanden) bevuild in een praktijkstal met rosé-vleeskalveren. Het aantal bevuilde groene kappen was echter niet voldoende voor de 3 roostervloerelementen. Daarom werden aanvullend groene kappen handmatig bevuild met faeces afkomstig van het vleeskalverbedrijf waar ook de mest werd betrokken. De opgedroogde aangebrachte faeces (zie foto 1) werd dagelijks van de kappen geschraapt, waarna verse faeces werd aangebracht. Uiteindelijk werd een gelijkmatige bevuiling van het gehele vloeroppervlak gerealiseerd (zie Foto's 2 en 3).



Foto 1. Handmatige, regelmatige bevuiling van de groene kappen van de Groene Vlag Roostervloer buiten de meetopstelling. Het onderscheid tussen de nieuwe, onbevuilde en de reeds bevuilde kappen is duidelijk te zien.



Foto's 2 en 3. Resultaat na regelmatige, handmatige bevuiling en verwijdering van overtollige faeces met een handschuif van de groene kappen gedurende een periode van meer dan 2 maanden.

Tegelijkertijd werden ook de betonnen roostervloerelementen in de control handmatig bevuild met faeces. Het resultaat is te zien op foto's 4 en 5.



Foto's 4 en 5. Resultaat na opbrengen van faeces op de traditionele betonnen roosters (links) en na handmatig schuiven direct voor het opbrengen van de urine (rechts).

De resterende ruimte van de case en de control werd afgesloten met een passende houten bak. Deze werd schoon en droog gehouden, zodat dit geen 'met mest besmeurd oppervlak' was.

De zijkanten van de control waren voorzien van rubber opblaasbare band (foto 6), om eventuele 'kelderlekkage' (open spleet van enkele cm tussen de zijkanten van de vloeren en de zijkanten van de Lindvall-dozen) te voorkomen. Aan beide voor- en achterzijden van de Lindvall-dozen waren rubber flappen om deze reden aangebracht. De rubber flappen waren 7,5 cm breed en alleen aan de achterzijde overlapte de flap met de roostervloer en de Groene Vlag Roostervloer; aan de voorzijde overlapte de flap met de houten bakken.



Foto 6. Inlaat van de perslucht voor het opblazen van een rubberen band aan de binnenzijde van de Lindvall-dozen.

Tabel 1 geeft een overzicht van het vloeroppervlak dat werkelijk werd bevuild (faeces) en benat (urine). Hierbij tellen roosterspleten e.d. niet mee, aangezien daar in deze meetopstelling geen faeces en/of urine aanwezig is.

Tabel 1. Het met faeces bevulde en met urine benatte vloeroppervlak voor de ‘control’ en de ‘case’.

	Control	Case
Breedte (cm) – bruto	300	300
Breedte (cm) – netto (minus flappen en/of bevestigingsstrips)	300	300
Lengte (cm) – bruto	370	370
Lengte (cm) – netto (minus 7,5 cm lange flappen aan 1 kopse kant)	362,5	362,5
Lengte (cm) – netto	$3 * 110 = 330 - 7,5 = 322,5$	$3 * 115 = 330 - 7,5 = 322,5$
Afstort (cm) – dichtgemaakt met houten bak	$370 - 330 = 40$	$370 - 330 = 40$
Oppervlak (cm ²) - netto	$300 * 322,5 = 96.750$	$300 * 322,5 = 96.750$
Aantal roosterspleten	6 rijen * 3 spleten = 18 spleten * 3 elementen = 54 spleten + 2 spleten tussen de elementen	6 rijen * 3 spleten = 18 spleten * 3 elementen = 54 spleten + 2 spleten tussen de elementen
Oppervlak roosterspleten (cm ²)	$54 * 82 * 3,0 = 13.284$	$54 * 82 * 2,5 = 11.070$
Oppervlak openingen tussen elementen (cm ²)	$2 * 300 * 3,0 = 1.800$	$2 * 300 * 2,5 = 1.500$
Werkelijk bevulde en benatte vloeroppervlak’ (cm ²)	$96.750 - 13.284 - 1.800 = 81.666$	$96.750 - 11.070 - 1.500 = 84.180$

De netto-voeroppervlakken (balken, matten, spleten) was gelijk. Voor de case is het bovenstaande oppervlak gebaseerd op een meting in het horizontale vlak. De matten zijn echter bolvormig, waardoor de werkelijke breedte 13,3 cm bedroeg in plaats van de ‘platte’ balkbreedte van 13,0 cm (+2,5%). Hiervoor is niet gecorrigeerd.

Het werkelijke ‘met urine benatte vloeroppervlak’ voor de roostervloer was 8,17 m², terwijl dit 8,42 m² was voor de Groene Vlag Roostervloer (+3%).

2.2 Meetmethode

De meetmethode bestaat uit 2 zgn. Lindvall-dozen, die passend zijn voor elk van de segmenten. Hiermee wordt derhalve de NH₃-emissie gemeten van de vloer en de onderliggende mestkelder. Voor aanvang van de meting worden de dozen neergelaten in een profiel, dat is voorzien van een waterslot. Elk van de Lindvall-dozen is voorzien van een ventilator (aanzuig-ventilator), waarmee lucht over de vloer wordt gezogen. Het ventilatiedebiet door elk van de dozen wordt geregeld via een unit, waarbij de luchtsnelheid over de vloer wordt ingesteld.

De luchtsnelheid over het vloeroppervlak was 0,15 m/s, met een bijbehorende debiet van (gemiddeld constant) 727 m³ per uur per doos. Deze waarde wordt verondersteld representatief te zijn voor een gemiddelde luchtsnelheid op het niveau van de vloer in een vleeskalverstal. Dit debiet

wordt gemeten met meetventilatoren. De lucht, die via de inlaat-opening aan de achterzijde van elke Lindvall-doos, door elk van de dozen stroomt, is afkomstig uit een bufferruimte van ca. 80 m³, gesitueerd achter de ruimte waar de meetopstelling staat. De lucht in deze bufferruimte wordt continu geconditioneerd met een klimatiserings-unit, zodat een constante temperatuur (15 °C) en relatieve luchtvochtigheid (70%) van de ventilatielucht worden gerealiseerd.



Figuur 1. Schematische weergave Lindvall-doos (bovenaanzicht) met luchtinlaat (rechts) en – uitlaat (links), de meetventilator (rood), de ventilator (geel) in de uitlaat, de monsternamenleiding voor de NH₃-achtergrondconcentratie (groen) en de gemeten NH₃-concentratie (paars).

In figuur 1 is de Lindvall-doos schematisch weergegeven. De NH₃-concentratie van de lucht die door de dozen wordt geleid, wordt continu gemeten met een foto-akoestische monitor (fabrikant: LSE Groningen) met 2 kanalen. Deze monitor heeft een ruisniveau van 30 ppb. Tussen elk van de ventilatoren en meetventilatoren wordt via een teflon slang lucht aangezogen uit de uitlaat-opening van de meetbakken. Daartoe wordt gebruikt gemaakt van membraanpompen met elk een debiet van 5,5 L/min. Vanuit de vrij uitstromende lucht na de pomp (via een T-stuk) wordt met een teflon-slang lucht (ca. 40 mL/min) aangezogen door de interne pomp van de monitor. De meetfrequentie is eenmaal per 90 seconden. Per kanaal (kanaal 1 = control; kanaal 2 = case) wordt gedurende 15 minuten gemeten (interne meetpunt-omschakeling na 15 minuten; dit is de meetcyclus). Per kanaal zijn dus 8 metingen per meetcyclus beschikbaar, waarvan de laatste 6 worden gemiddeld (de eerste 2 metingen worden genegeerd, vanwege de overgang tussen de kanalen). De gemeten NH₃-concentraties worden gelogd in ppm ('parts per million').

Eenmaal per meetperiode van 4 dagen wordt de NH₃-concentratie gemeten van de lucht die, vanuit de klimatiseringsinstallatie en bufferruimte, de Lindvall-dozen instroomt. Dit is de achtergrondconcentratie, met NH₃ afkomstig uit de directe omgeving (zie Formule [1]). Bij de onderhavige metingen heeft dat tussen de eerste 2 en de laatste 2 metingen plaatsgevonden (weekend).



Foto 7. Meetopstelling voor nat-chemie.

Aanvullend werden op 2 meetdagen nat-chemische metingen ('impinger') uitgevoerd aan de 'case', de 'control' en de achtergrond om de monitor te valideren en om gegevens te verkrijgen over de achtergrondconcentratie. Deze metingen werden uitgevoerd door Tauw BV uit Deventer. Hiervoor werd een 2^e monsternameleiding aangelegd vanaf beide meetventilatoren en een extra achtergrondleiding. Voor de monstername werden de pompjes van de meetopstelling van Tauw BV gebruikt.

2.4 Protocol aanbrengen faeces en urine

Op 26 mei 2020 om ca. 08:00 uur werd ca. 8 m³ verse mengmest, afkomstig van een rosé-vleeskalverbedrijf uit de buurt, in de kelder gebracht. Op dit bedrijf worden rosé-vleeskalveren gehouden in een traditionele stal met groepshuisvesting.

De mest werd op diezelfde dag gedurende ca. 30 minuten gemixt (met de schuiven geopend). Daarna werden de schuiven neergelaten (kelders weer gescheiden) en werd de mest bemonsterd (een monster per kelder) en geanalyseerd op drogestof, totaal-stikstof en ammonium-stikstof. De hoogte van de mest in de kelders was ca. 50 cm.

Voorafgaand aan elke meting werd op elk van de beide vloeren het protocol gevolgd dat door Elzing *et al.* (1992 *a en b*) werd ontwikkeld, getest en toegepast. Per vloer wordt handmatig ca. 5 kg verse faeces aangebracht, afkomstig van hetzelfde bedrijf als waarvan de mest afkomstig was. De faeces werd bemonsterd (mengmonster van de faeces voor beide vloeren) en geanalyseerd op drogestof, totaal-stikstof en ammonium-stikstof.

De faeces werd met een hand-schuif gelijkmatig in de breedterichting over beide vloeren (balken) verdeeld. Overtollig materiaal werd in de lengterichting via de roosterspletten in de mestkelder afgeschoven. Voor beide handelingen werd een rubberen roosterschuif gebruikt.

De urine was afkomstig uit een slachterij voor vleeskalveren in Den Bosch en was voor dit doel aan de slachtlijn verzameld (februari 2020) en ingevroren. De ingevroren urine (ruim 100 L) werd naar Meet-ID getransporteerd, waar het ontdooide en in een koelkast (120 L inhoud) bij ca. 4 °C werd bewaard. Van de opgeslagen hoeveelheid werd een duplo-monster genomen en geanalyseerd op

drogestof (alleen faeces en mengmest; WI 4.25-111), totaal-stikstof (WI 4.25-115), ammonium-stikstof (mest: WI 4.25-103; urine: WI 4.25-114) en pH (alleen urine).

Het protocol voor de toediening van de urine is onder andere gebaseerd op Vaughan et al. (2014), waarbij is aangenomen dat een vleeskalf ca. 10 keer per dag urineert (vergelijkbaar met melkvee; Monteny, 2000) en dat per keer ca. 0,5 – 0,6 L urine wordt uitgescheiden. Bij Meet-ID is het beschikbare vloeroppervlak ca. 10 m². Wanneer aangenomen wordt dat een vleeskalf in de praktijk 2 m² aan vloeroppervlak beschikbaar heeft, dan staat de meetopstelling van Meet-ID model voor 10 / 2 = 5 vleeskalveren. Derhalve werd voor de metingen (5 * 0,6 =) 3 L urine per vloer gebruikt. Deze hoeveelheid werd verdeeld over 6 PET-flesjes met elk een inhoud van 0,5 L. Deze PET-flesjes waren voorzien van een geperforeerde dop. De vloer werd onderverdeeld in 12 gelijke oppervlakken (10 / 12 = ca. 0,8 m²) en de inhoud van elk flesje werd aan het begin van elke meetdag na elkaar *random* verdeeld over de 12 vloergedeelten ('plasplaatsen'; zie hierna). Dit betekent dat 50% van het vloeroppervlak werd benat. Daarmee werd invulling gegeven aan het feit dat mannelijke vleeskalveren – in tegenstelling tot melkkoeien – niet het volledige beschikbare vloeroppervlak benatten.

Direct na het aanbrengen van de urine werden de Lindvall=dozen neergelaten en begonnen de metingen.

De resultaten van de analyses van de faeces, mengmest en urine zijn in tabel 2 opgenomen.

Tabel 2. Samenstelling faeces, mengmest en urine.

Omschrijving	Totaal-N (g/kg)	Ammonium-N (g/kg)	pH (-)	Droge stof (g/kg)
faeces	5,46	1,04	-	166,1
mengmest – case	6,13	3,76	-	86,3
mengmest – control	6,34	3,76	-	90,5
urine – case	6,97	6,35	9,4	-
urine – control	7,26	6,28	9,4	-

Uit de gegevens over de mengmest en urine blijkt dat beide goed gemengd en vergelijkbaar waren qua samenstelling (met name ammonium-stikstof). De uitgangssituatie voor de metingen was derhalve nagenoeg identiek. Tegen de verwachting in bleek de in het slachthuis opgevangen urine niet 'schoon' (afwezigheid van ammonium-N en dus alle totaal-stikstof in de vorm van ureum), aangezien nagenoeg alle stikstof aanwezig was in de vorm van ammonium-stikstof. Dit betekent dat tijdens het opvangen, de bewaring, het transport en/of de handling bij Meet-ID bevuiling met urease-vormende bacteriën (bijv. uit de faeces) moet hebben plaatsgevonden. De aangeleverde en gebruikte urine was echter wel 'helder' en vrij van mestdelen. Mogelijk is de tijd tussen opvangen (februari 2020) en gebruik (juni 2020) te lang om omzetting van ureum in ammonium te voorkomen.

2.5 Meetperioden en dataverwerking

In totaal zijn 6 metingen uitgevoerd en wel op:

- 28 mei 2020 (faeces en urine, incl. nat-chemie)
- 29 mei 2020 (alleen faeces, incl. nat-chemie)

- 3 juni 2020
- 4 juni 2020
- 9 juni 2020
- 10 juni 2020

Op 29 mei werd geconstateerd dat de klimatiseringsinstallatie niet functioneerde vanwege lucht in de gasleiding van de verwarming. De metingen op 28 en 29 mei zijn derhalve niet representatief, meer de resultaten zijn wel gebruikt voor vergelijking van de foto-akoestische meetmethode met de nat-chemische referentiemethode.

Voorts werd besloten om het geheel volledig overnieuw uit te voeren op 3, 4, 9 en 10 juni (zonder nat-chemie). Deze metingen zijn meegenomen in de analyse; de 2 eerdere metingen zijn gebruikt voor de validatie van de metingen met de QCL-monitor.

Op 8 juni 2020 werden vloeren van de case en de control met een vorkheftruck gewisseld om effecten van de segmenten uit te middelen.

De duur van elke meting was 24 uur. Deze periode van 24 uur omvatte (tijden bij benadering):

- 08:30 uur beëindiging voorgaande meting
- 09:00 – 09:30 uur aanbrengen verse faeces op elk van de vloeren
- 09:30 – 10:00 uur aanbrengen van urine op elk van de vloeren
- 10:00 uur start nieuwe meting

Derhalve werd idealiter gemeten gedurende ca. 22 uur na opbrengen van de urine.

De NH₃-concentratie worden gemiddeld per meetcyclus van 15 minuten. Aangezien elke 15 minuten van meetkanaal wordt geswitcht, wordt per meetdoos een halfuurs-gemiddelde concentratie berekend. Aansluitend worden beide halfuurs-gemiddelde concentraties gemiddeld tot een uurs-gemiddelde.

Het ventilatiedebiet door beide Lindvall-dozen is gelijk (727 m³ per uur bij 0,15 m/s luchtsnelheid). Derhalve levert het product van de gemeten, uurs-gemiddelde netto concentratie (in ppm; 1 ppm = 0,71 * 10⁻³ g NH₃ per m³ lucht) en het ventilatiedebiet de NH₃-emissie op (g NH₃ per uur). De netto concentratie is het verschil in bruto NH₃-concentratie en de achtergrondconcentratie:

$$\text{NH}_3\text{-emissie} = \text{Ventilatiedebiet} * ([\text{NH}_3]_{\text{bruto}} - [\text{NH}_3]_{\text{achtergrond}}) * 0,71 \quad [1]$$

Met:

$[\text{NH}_3]_{\text{bruto}}$ = bruto NH₃-concentratie in de uitgaande ventilatielucht (ppm)

$[\text{NH}_3]_{\text{achtergrond}}$ = NH₃-concentratie in de aangezogen ventilatielucht (achtergrond, 0,06 ppm; zie Bijlage C)

Per vloer wordt het verloop van de concentratie en de emissie weergegeven vanaf het moment van aanbrengen van de urine tot aan de volgende meting.

2.5.1 Emissiereductie

Per meting wordt de cumulatieve NH₃-emissie per vloer berekend (g NH₃), waarbij de emissie van de 'case' ten opzichte van de 'control' wordt uitgedrukt in % (reductiepercentage). Daarbij wordt per meting gecorrigeerd voor het (zie paragraaf 2.1) verschil in 'met mest besmeurd oppervlak'. Dit reductiepercentage wordt berekend na 6 uur nadat urine is toegediend. De periode van 6 uur is de gemiddelde tijdsduur dat een plas urine in een vleeskalverstal op de vloer ligt, voordat deze gemiddeld wordt overstromd door een verse plas. Dit wordt als volgt berekend:

- 1,8 m² per vleeskalf aan 'met mest besmeurd oppervlak'
- 0,8 m² aan vloer benat per urinelozing (deze proef; dit zal in de praktijk kleiner zijn)
- Dit levert $2,0 / 0,8 = 2,5$ zgn. 'plasplaatsen' op (plaatsen waar een urinelozing op kán worden gedeponeed)
- Per dag urineert een vleeskalf gemiddeld 10 keer (Vaughan *et al.*, 2014)
- Per 'plasplaats' wordt derhalve per dag $10 / 2,5 = 4$ keer per dag een plas urine gedeponeed
- Elke plas ligt derhalve gemiddeld $24 / 4 = 6$ uur

In de praktijk zal het benatte vloeroppervlak per urinelozing geringer zijn, aangezien mannelijke dieren van beperkte hoogte en recht naar beneden urineren. Wanneer aangenomen wordt dat per urinelozing 0,4 m² aan voeroppervlak wordt benat, dan verdubbelt het aantal 'plasplaatsen', wordt per 'plasplaats' half zo vaak urine gedeponeed en neemt de tijd dat elke plas ligt voordat deze wordt overspoeld met nieuwe urine met een factor 2 toe tot 12 uur. De emissiereductie op basis van de onderhavige metingen dient derhalve te worden bepaald door uit te gaan van de cumulatieve emissie in 6 – 12 uur, met 6 uur als 'worst case' en 12 uur als 'best case'.

2.5.2 Bijdragen vloer en kelder

Tevens worden de bijdragen van de vloer en de kelder berekend. Aangenomen is dat een constante kelderemissie (vloeremissie = 0) wordt bereikt wanneer de emissie niet verder daalt en dus constant is geworden. Dit blijkt steeds na 22 uur het geval te zijn. De cumulatieve emissie gedurende 6 en 12 uur na urine-toediening wordt verminderd met de kelderbijdrage (6 of 12 * het niveau op 22 uur na urine-toediening). Het verschil is de vloerbijdrage. Op basis daarvan wordt het % berekend van de kelder en de vloer ten opzichte van het totaal, voor beide vloeren.

2.6 Overige waarnemingen

In Tabel 3 is een overzicht gegeven van de buitentemperatuur in Lemelerveld op het moment dat de metingen begonnen (ca. 10.00 uur), van de maximale dagtemperatuur en van de temperatuur in de Lindvall-dozen op het moment dat de metingen begonnen.

Hieruit blijkt dat de temperatuur in de Lindvall-dozen tijdens de metingen nagenoeg gelijk was. De werkelijke temperatuur was iets hoger dan de gewenste temperatuur van 15 °C.

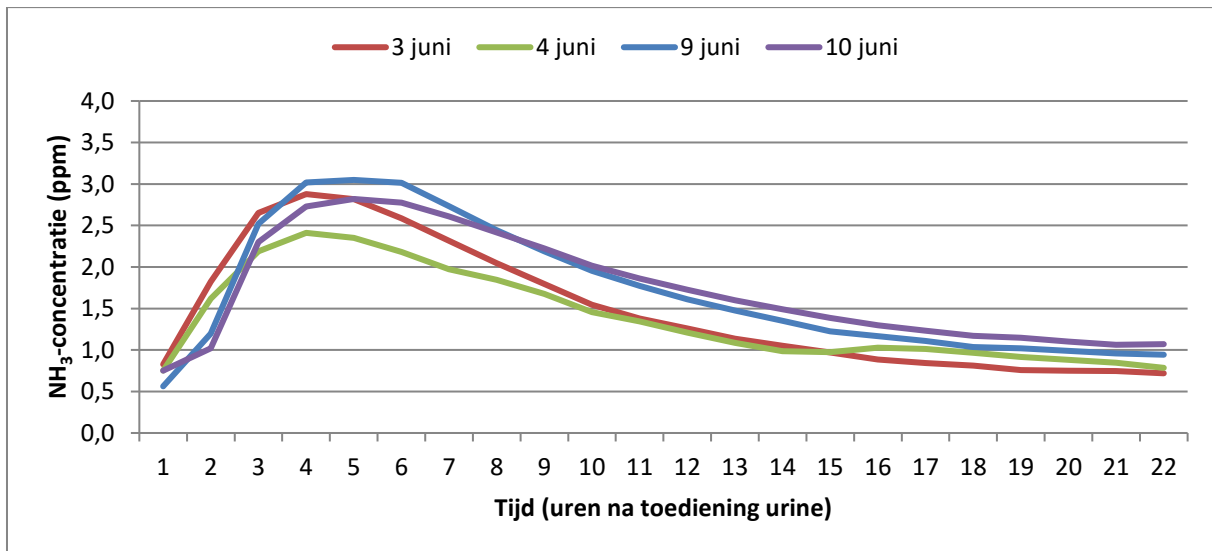
Tabel 3. Temperatuur per meetperiode van de buitenlucht (bron: KNMI-weerstation Heino) en in de Lindvall-doos.

Meting-nummer	Datum (d/d-mm)	T _{buiten} bij aanvang metingen	T _{buiten} , maximaal	T in Lindvall-doos
1	3 juni 2020	13,3	17,4	15,8
2	4 juni 2020	8,4	12,4	15,8
3	9 juni 2020	9,9	13,2	15,9
4	10 juni 2020	6,6	13,2	16,1

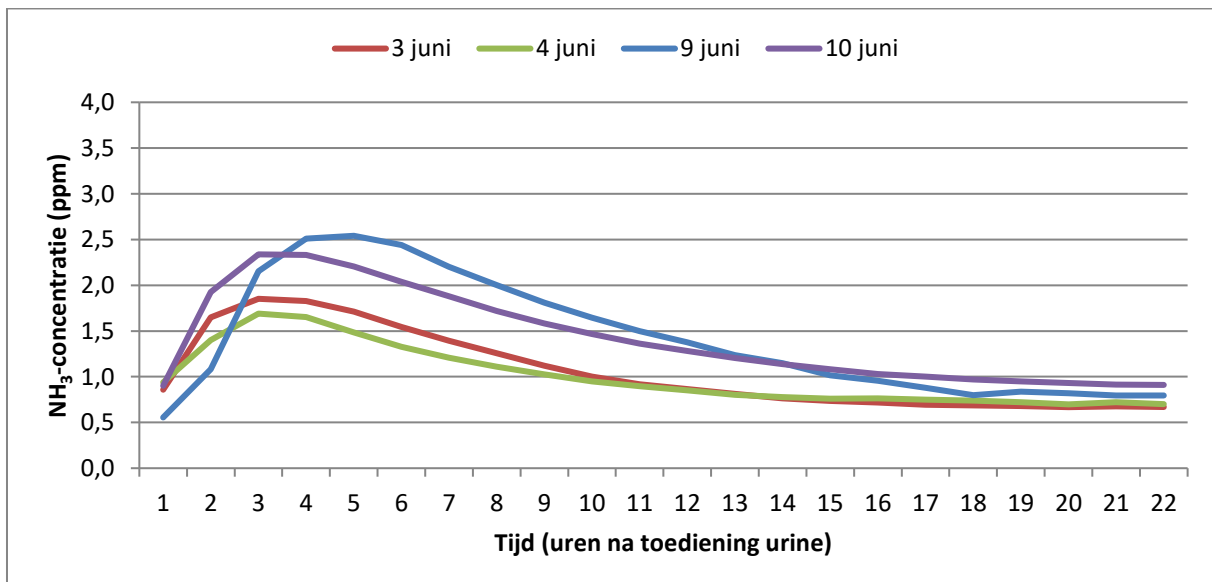
3. Resultaten

3.1 Verloop NH₃-concentratie en emissiereductie

In Figuur 2 en 3 is het verloop van de bruto NH₃-concentratie (dus: zonder correctie voor achtergrond; zie Formule [1]) weergegeven voor resp. de control (traditionele roostervloer met mestkelder) en de case (Groene Vlag Roostervloer met mestkelder) voor de dagen waarop de klimatisering functioneerde.



Figuur 2. Bruto NH₃-concentratie (halfuurs-gemiddeld) van de 'control' (traditionele roosters) per meetperiode gedurende 22 uur na opbrengen van de urine.



Figuur 3. Bruto NH₃-concentratie (halfuurs-gemiddeld) van de 'case' (Groene Vlag Roostervloer) per meetperiode gedurende 22 uur na opbrengen van de urine.

Hieruit blijkt het karakteristieke verloop van de NH_3 -concentratie, t.w. een toename (vanaf het eindniveau van de voorgaande meting) in de eerste uren door toevoeging van verse urine en dus stikstof, met een duidelijke piek, gevolgd door een geleidelijke afname. Tijdens de periode van toename vindt in de praktijk op de vloer zowel omzetting van ureum-N in NH_3 -N als NH_3 -emissie plaats. Op het moment van de piek is alle ureum-N omgezet en vanaf dat moment vindt uitsluitend NH_3 -emissie plaats. Dit is een stofoverdrachtsproces, waarbij de NH_3 in de laag urine op de vloer 'uitput' tot een constant niveau. Dit is voor de control het niveau van de kelderemissie. De ureum-omzetting was in het onderhavige onderzoek minder relevant, aangezien het overgrote deel van totaal-N voor aanvang van de metingen reeds omgezet was tot ammonium-N (zie Tabel 2). Hierdoor kwam de ammoniakemissie direct na start van de metingen reeds op gang.

Uit figuur 2 blijkt dat het gemiddelde niveau van de eerste 2 meetdagen iets lager was dan van de tweede 2 meetdagen. Dit kan verschillende oorzaken hebben, zoals toename van of verschillen in de mate van dagelijkse bevuiling met faeces (effect op ruwheid van het oppervlak en dus de hoeveelheid urine die na benatting achterblijft) en/of verschillen in segment (vandaar de wisseling van case en control). Zeker is dat de NH_3 -concentratie op 22 uur toenam met de tijd. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de recent in de kelder gebracht mest waarschijnlijk nog niet geheel 'emissietechnisch stabiel' was en de kelderemissie dus toenam in de tijd (mogelijk als gevolg van veranderingen/stabilisatie in pH, uitzakken/drijfslag, dagelijkse toediening van stikstof uit urine).

De Groene Vlag Roostervloer laat eveneens een duidelijk vergelijkbaar karakteristiek verloop zien, maar op een lager niveau en met een lagere 'piekconcentratie'. Daarnaast is er duidelijk verschil in het verloop van de concentratie op de 1^e en 2^e meetdag, en op de 3^e en 4^e meetdag. Dit is waarschijnlijk het resultaat van de niet stabiele 'mestemissie' (zie hiervoor), in combinatie met toename van de ruwheid van het vloeroppervlak als gevolg van het bevuilingsprotocol met faeces.

In Bijlage A (figuren A1 t/m A4) is het verloop van de uursgemiddelde NH_3 -emissie per meting van de control (traditionele betonnen roosters) en de case (Groene Vlag Roostervloer) opgenomen, volgens formule [1], dus inclusief correctie voor de achtergrond.

In tabel 4 is de NH_3 -emissie van beide vloeren weergegeven per meting, na 6 en 12 uur na toediening van de urine, alsmede de relatieve emissie van de 'case' ten opzichte van de 'control'. De uitkomst is de emissiereductie (% case ten opzichte van control, per meetperiode en gemiddeld).

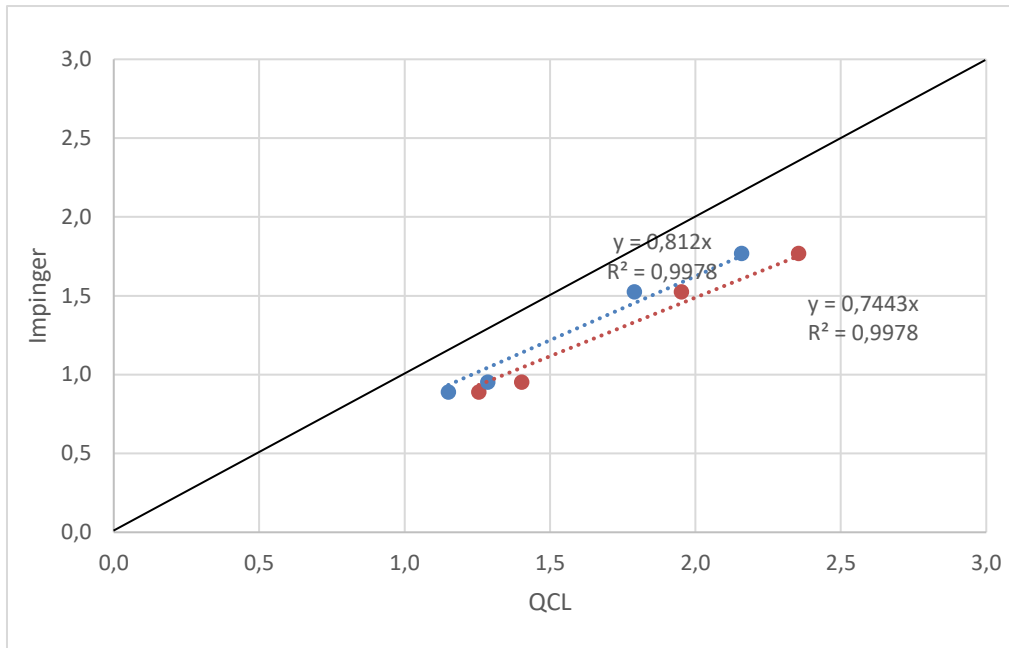
Tabel 4. Cumulatieve netto NH₃-emissie in gram van de traditionele roostervloer ('control') en de Mat & Valve ('case') in 6 en 12 uur na urine-toediening en de emissiereductie ('case' in % van 'control').

Meting-nummer	Datum	Cumulatieve NH ₃ -emissie in 6 uur (g)			Cumulatieve NH ₃ -emissie in 12 uur (g)		
		Control	Case	Reductie (%)	Control	Case	Reductie (%)
1	3 juni 2020	6,76	4,63	32	11,85	7,67	35
2	4 juni 2020	5,69	4,14	27	10,35	7,01	32
3	9 juni 2020	6,65	5,57	16	12,96	10,76	17
4	10 juni 2020	6,15	5,10	17	12,54	10,04	20
			Gemiddeld	23	Gemiddeld		26

De Groene Vlag Roostervloer heeft gemiddeld een 23-26% lagere ammoniakemissie dan de traditionele betonnen roosters, met een variatie van 16-35%. Zoals hiervoor besproken is dit waarschijnlijk te relateren aan verschillen in bevuilding met faeces (inclusief opdrogen van de vloer in de dagen waarop de vloeren werden gewisseld) en het stabiliseren van de mengmest in de kelders.

3.2 Nat-chemische metingen

Oorspronkelijk waren 28 en 29 mei gepland als de eerste 2 dagen voor de vloeren wissel. Tijdens de voorbereidingen van 29 mei bleek echter de klimatiseringsinstallatie niet te functioneren als gevolg van een defecte verwarming. Vanwege de geplande, deels reeds uitgevoerde nat-chemische metingen, werd besloten om – in het kader van de validatie van de QCL-monitor – toch de 2^e meetdag uit te voeren maar dan zonder toediening van urine (alleen bevuilding met faeces). De resultaten van de metingen staan in Bijlage B. In Bijlage C staan de 24-uurs gemiddelde concentraties zoals gemeten met de nat-chemie en met de QCL-monitor. De blauwe punten zijn de werkelijke meetwaardes na resp. 24 uur (impinger) en 22 uur (QCL); de bruine punten zijn de werkelijke meetwaardes na 24 uur (impinger) en waardes van de QCL * 24/22.



Figuur 4. Resultaten van de nat-chemische methode ('impinger') en de QCL voor 28 mei (bevuilding met faeces en toediening urine; hoogste waardes) en 29 mei (bevuilding met faeces; laagste waardes).

De QCL correleerde qua niveau goed met de nat-chemische metingen, maar de overschatting was 20-25%. Dit betekent dat de reducties betrouwbaar werden gemeten, maar dat de absolute niveaus van de QCL-metingen hoger uitkwamen dan de nat-chemische metingen.

3.1.2 Bijdragen van vloer en kelder

Tabel 5 geeft een overzicht van de gemiddelde (n=4) bijdragen van de vloer en de mestkelder voor de traditionele roosters ('control') en de Groene Vlag Roostervloer ('case'). Daarbij is voor de kelderbijdrage de gemiddelde (n=4) NH₃-concentratie op t = 22 uur na elke keer urine opbrengen genomen.

Tabel 5. Gemiddelde NH₃-emissie van de 'control' en de 'case' (in 6 en 12 uur) en de gemiddelde bijdragen van de vloer en de kelder voor beide vloeren. Tussen haakjes de percentages van kelder- en vloerbijdrage.

	NH ₃ -emissie in 6 uur		NH ₃ -emissie in 12 uur	
	Control	Case	Control	Case
Gemiddeld (g/uur)	6,31	4,86	11,92	8,89
Kelderbijdrage (g/uur)	2,49 (42%)	2,15 (44%)	4,98 (42%)	4,29 (49%)
Vloerbijdrage (= gemiddeld – kelder; g/uur)	3,69 (58%)	2,71 (56%)	6,94 (58%)	4,60 (51%)

De verhouding tussen de bijdragen van de vloer en de kelder was voor de control ca. 60:40%; de Groene Vlag Roostervloer had een bijdrage van vloer en kelder tussen 56:44 en 51:49 (ruwweg 50:50).

4. Discussie

Meetomstandigheden en toedieningsprotocol urine

Het onderzoek betrof een zgn. case/control onder gelijke omstandigheden, waarbij de emissie-arme vloer gelijktijdig werd vergeleken met de traditionele vloer (met een gelijke mestkelder onder beide vloeren).

De metingen zijn uitgevoerd bij een temperatuur van 15 °C, een relatieve luchtvochtigheid van 70% en een luchtsnelheid over de vloer van 0,15 m/s. Deze waarden zijn gemiddeld representatief voor melkveestallen (Monteny, 2000). Vergelijkbare gegevens voor vleeskalverstallen ontbreken. Derhalve is besloten om dezelfde instellingen te gebruiken als voor melkvee-onderzoek. Nader onderzoek in vleeskalverstallen is nodig om te verifiëren of daadwerkelijk de gemiddelde condities zijn gesimuleerd.

Als gevolg hiervan zijn de uitkomsten van de metingen bij Meet-ID derhalve het beste te beschouwen als ‘theoretische maxima’, die verdere validatie in de praktijk behoeven voor zowel wit-/blankvleeskalveren als rosé-vleeskaveren. Het protocol voor urine-toediening op de vloeren heeft waarschijnlijk geleid tot een groter ‘benat’ oppervlak ten opzichte van de praktijk, waardoor ook de reducties zullen zijn overschat.

Emissiereductie

Op basis van de uitgevoerde metingen bleek de Groene Vlag Roostervloer toegepast in een modelsysteem voor rosé-vleeskalveren de NH₃-emissie te reduceren met 23-26% ten opzichte van traditionele betonnen, afhankelijk van het aantal uren na toediening van de urine.

De variatie tussen de 4 meetdagen was groot: 27-35% als gemiddelde van de 1^e twee meetdagen en 16-20% als gemiddelde van de 2^e twee meetdagen. Het is mogelijk dat dit verschil is veroorzaakt door het wisselen van de control en de case na de 2^e meetdag. Waarschijnlijker is het dat de rosé-mengmest tijdens de metingen nog niet voldoende was ‘gestabiliseerd’ (bezinken/drijven, evenwichten en pH), aangezien de kelderbijdrage gemeten op 22 uur na elke meetdag op elke meetdag toenam. Daarnaast is de aanwezige faeces op de vloer gedurende de periode tussen de 2^e en de 3^e meetdag (wisselen vloeren) waarschijnlijk opgedroogd, zodat de bevuilding daarna leidde tot een grotere oppervlakte-ruwheid waardoor meer urine op de vloer achterbleef en de vloeremissie relatief hoger was. Dit kan voor de betonnen roostervloer zwaarder hebben doorgewerkt dan voor de Groene Vlag Roostervloer, vanwege het verschil in materiaal (en aanhechting).

Bijdrage vloer en kelder

De gemiddelde kelderbijdrage was 0,42 g/uur voor de traditionele betonnen roosters en 0,36 g/uur (-15%) voor de Groene Vlag Roostervloer (Tabel 5). Zoals uit tabel 1 blijkt, was het oppervlak van de roosterspleten van de Groene Vlag Roostervloer ca. 20% minder in vergelijking met de betonnen roosters. Bij gelijke mestsamenstelling (tabel 2) mag derhalve worden aangenomen dat de Groene Vlag Roostervloer een reductie geeft van de kelderemissie als gevolg van het geringere oppervlak van de roosterspleten. Daarnaast zorgt het ontwerp en het materiaal van de Groene Vlag Roostervloer voor afstroming van de urine, waardoor ook de vloeremissie wordt gereduceerd.

Op basis van het gebruikte bevuilingsprotocol bleek voor rosé-vleeskalveren de verhouding tussen kelder en vloer voor de traditionele betonnen roosters ca. 60%:40% en voor de Groene Vlag Roostervloer ca. 50:50. Gelet op de praktijksituatie werd ervoor gekozen om 50% van het vloeroppervlak te benatten met urine, maar deze keuze was arbitrair. Wanneer in de praktijk een groter percentage vloer wordt benat, dan zal de vloerbijdrage toenemen en vice versa. Uitgaande van een verdubbeling van de vloeremissie bij benatting van de gehele vloer zal de kelderbijdrage dan 25% zijn voor de traditionele roostervloer en ca. 30% voor de Groene Vlag Roostervloer (zie tabel 5 en tabel 1, emissie in 6 uur: $2,52 * 100\% / 9,67$).

Ook de keuze van het benatte vloeroppervlak per 'urinelozing' en dus van het aantal 'plasplaatsen' kan de vloerbijdrage en de verhouding tussen de bijdrage van de vloer en de mestkelder beïnvloeden. Wanneer niet 0,8 maar 0,4 m² per urinelozing wordt benat, zal relatief meer urine direct naar de kelder stromen en minder urine op de vloer achterblijven. Daardoor neemt de vloerbijdrage af en de kelderbijdrage toe. De exacte uitwerking hiervan kan alleen op basis van gericht onderzoek worden gekwantificeerd.

Bronsterktes

De modelopstelling heeft een 'met mest besmeurd' kelderoppervlak en vloeroppervlak van ca. 10 m². Uitgaande van de emissies van betonnen roostervloer en kelder in 6 uur is voor rosé-vleeskalveren de bronsterkte 0,042 g NH₃ per uur per m² voor de kelder en 0,062 g NH₃ per uur per m² voor de vloer. Deze waarden zijn 0,036 en 0,042 g NH₃ per m² per uur voor de Groene Vlag Roostervloer.

Emissie op stalniveau

De cumulatieve emissies (6 uren-waarden; Tabel 5) kunnen worden omgerekend in kg NH₃ per dierplaats per jaar door uit te gaan van 5,4 (9,67 m² / 1,8 m² per dierplaats) dierplaatsen en 10% leegstand:

Emissie = $6,31 * 4 * 365 * 0,9 / (5,4 * 1000) = 1,5$ (kg NH₃ per dierplaats per jaar voor de betonnen roosters

Emissie = $4,86 * 4 * 365 * 0,9 / (5,4 * 1000) = 1,2$ kg NH₃ per dierplaats per jaar voor de Groene Vlag Roostervloer

In vergelijking met de emissiefactor voor traditionele vleeskalverstallen (3,5 kg NH₃ per dierplaats per jaar) wordt de emissie bij Meet-ID derhalve met ca. 60% onderschat. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de keuze voor de klimaatinstellingen (15 °C, 70% RV) en luchtsnelheid (0,15 m/s op vloerniveau), hoewel ook de mest- en urinesamenstelling hierop van invloed hebben kunnen zijn. Tevens ontbreken in de modelopstelling van Meet-ID dieren (faeces en urine worden handmatig toegediend) en dus ook de eventueel bijbehorende emissie van de dieren als gevolg van bevuiling/benatting.

5. Conclusies

Uit metingen in een modelopstelling (15°C, 70% RV en 0,15 m/s luchtsnelheid over de vloer) van een vleeskalverstal bij Meet-ID bleek dat de Groene Vlag Roostervloer, bij het toegepaste protocol voor toediening van kalverurine, gemiddeld een 23-26% lagere ammoniakemissie had dan de traditionele betonnen roosters, met een variatie van 16-35%. Daarbij werd de cumulatieve emissie van beide vloeren genomen gedurende resp. 6 en 12 uur na opbrengen van de urine.

De verhouding tussen de bijdragen van de vloer en de kelder was voor de control ca. 60%:40%; de Groene Vlag Roostervloer had een bijdrage van vloer en kelder van ca. 50:50.

Uitgaande van de emissies van betonnen roostervloer en kelder in 6 uur was voor rosé-vleeskalveren de bronsterkte 0,042 g NH₃ per uur per m² voor de kelder en 0,062 g NH₃ per uur per m² voor de vloer. Deze waardes waren resp. 0,036 en 0,042 g NH₃ per m² per uur voor de Groene Vlag Roostervloer.

Literatuur

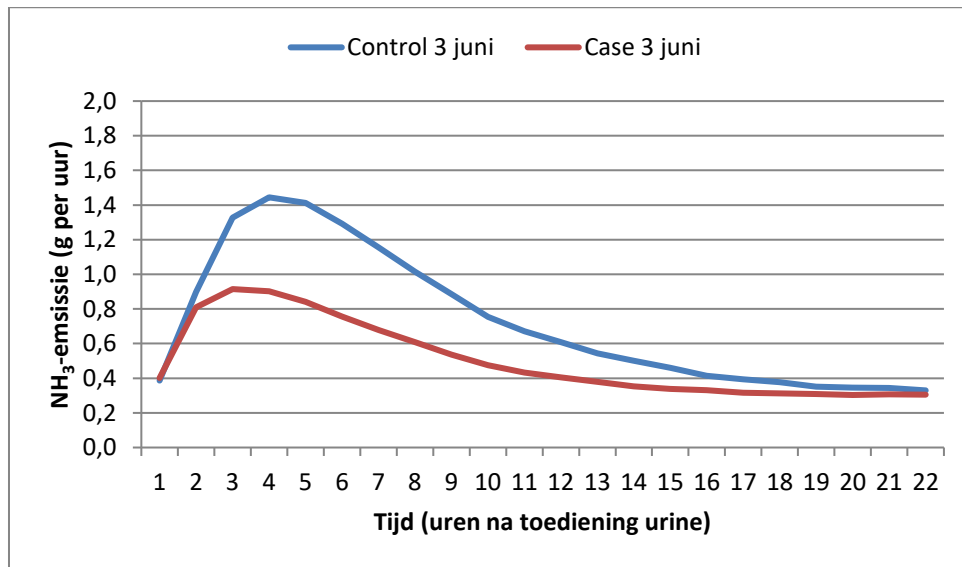
A. Elzing, W. Kroodsmā, R. Scholtens en G.H. Uenk, 1992a. Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal: theoretische beschouwingen. Wageningen, IMAG-rapport 92-3, 25 pp.

A. Elzing, D. Swierstra, G.H. Uenk en W. Kroodsmā, 1992b. Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal: de invloed van vloervarianten. Wageningen, IMAG-rapport 92-10, 18 pp.

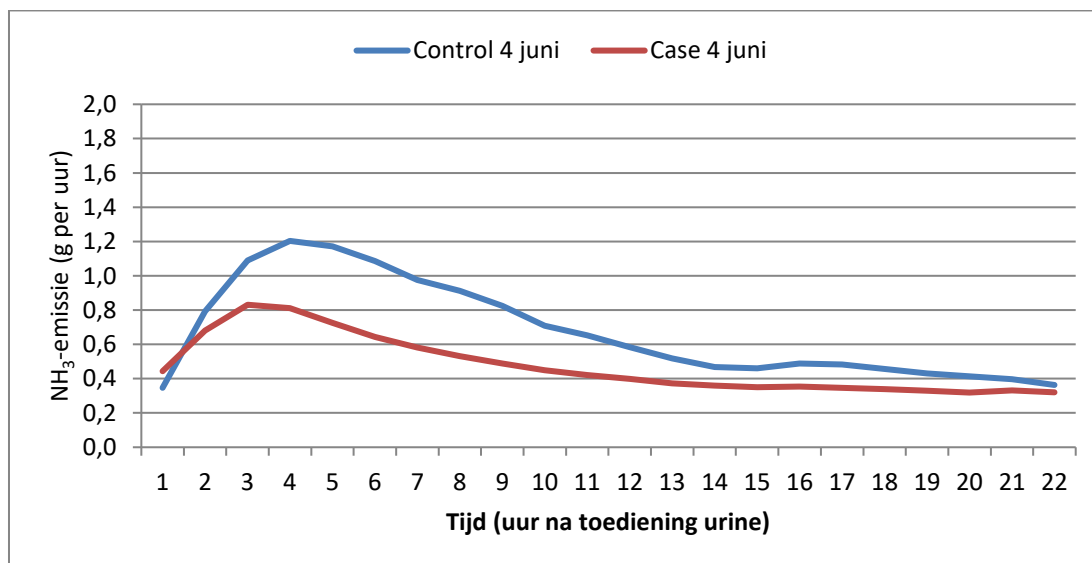
G.J. Monteny, 2000. Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Wageningen University, PhD Thesis, 156 pp.

Vaughan, A.M. de Passillé, J. Stookey en J. Rushen, 2014. Urination and defaecation by group-housed dairy calves. American Dairy Science Association, Journal of Dairy Science 97: 4405 – 4411.

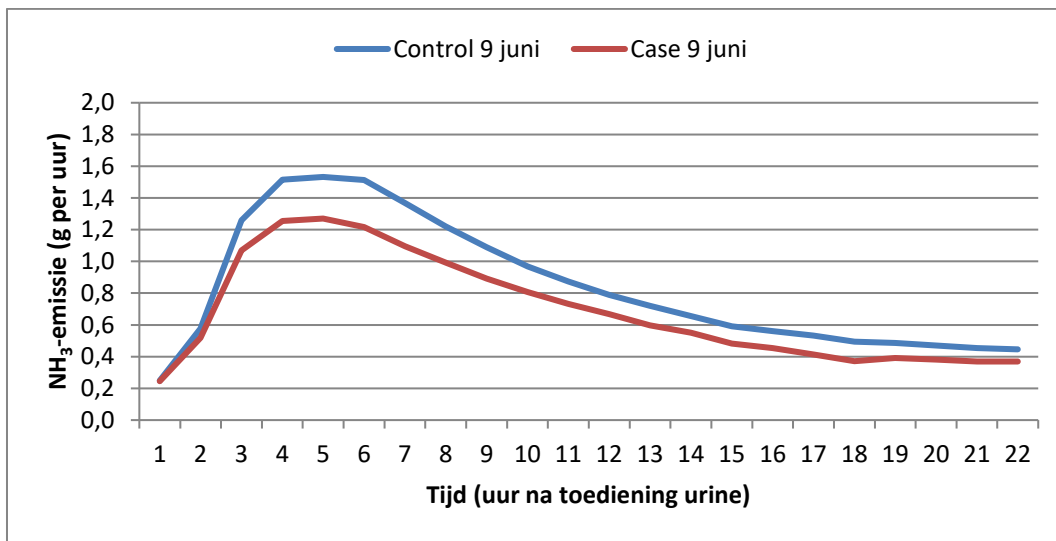
Bijlage A. NH₃-emissie per meting Groene Vlag Roostervloer



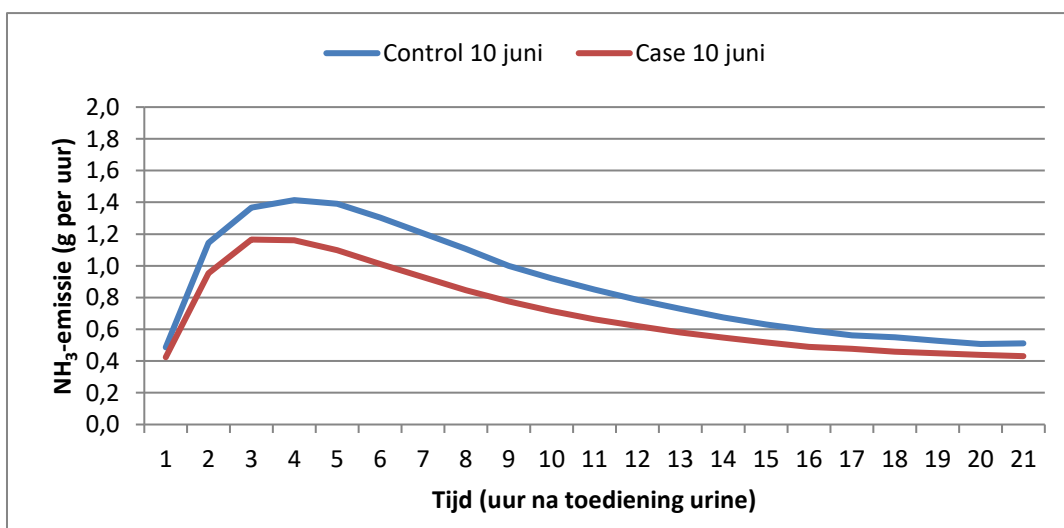
Figuur A1. Uursgemiddelde NH₃-emissie (g/uur) van de control (traditionele roosters) en de case (Groene Vlag Roostervloer) tijdens de 3^e meting.



Figuur A2. Uursgemiddelde NH₃-emissie (g/uur) van de control (traditionele roosters) en de case (Groene Vlag Roostervloer) tijdens de 4^e meting.

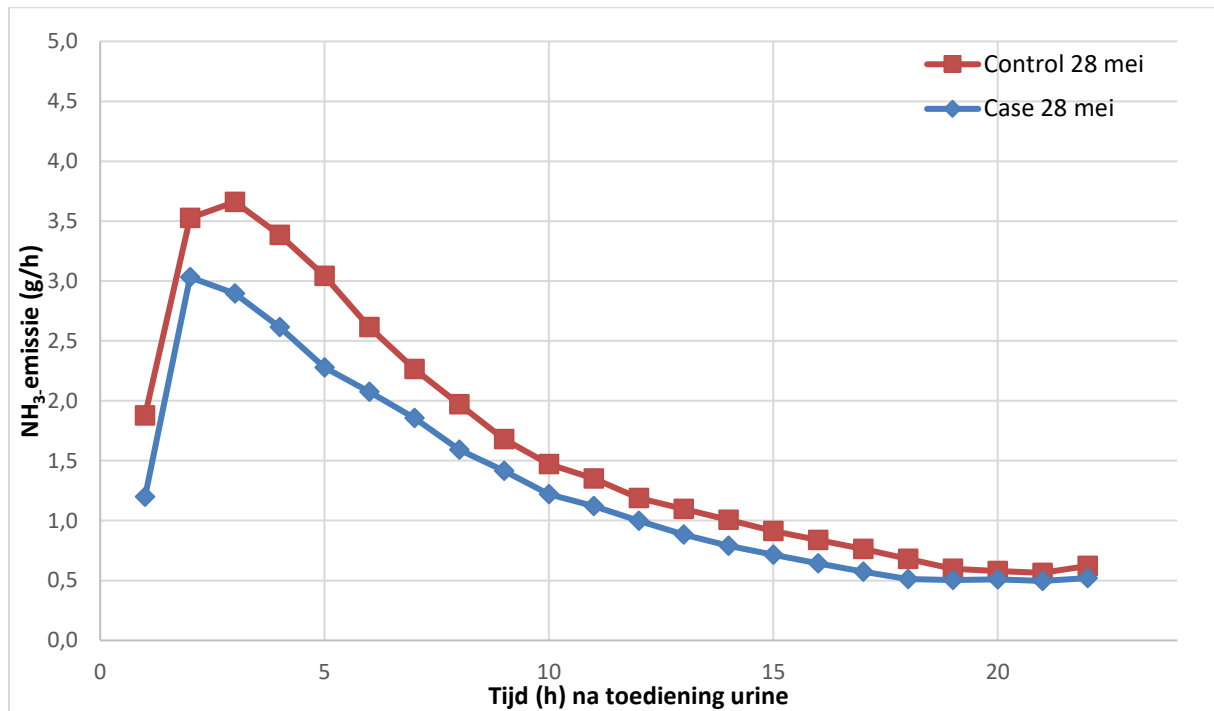


Figuur A3. Uursgemiddelde NH₃-emissie (g/uur) van de control (traditionele roosters) en de case (Groene Vlag Roostervloer) tijdens de 5^e meting.

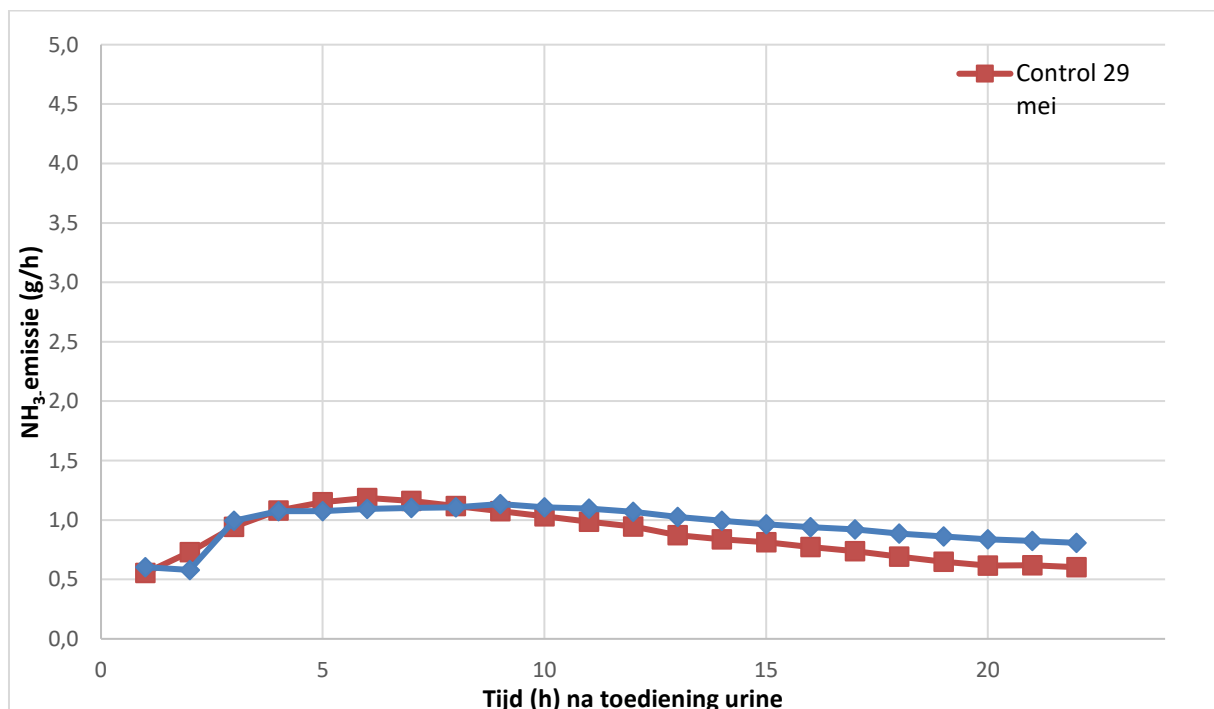


Figuur A4. Uursgemiddelde NH₃-emissie (g/uur) van de control (traditionele roosters) en de case (Groene Vlag Roostervloer) tijdens de 6^e meting.

Bijlage B. Metingen 28 en 29 mei



Figuur B1. Uursgemiddelde NH_3 -emissie (g/uur) van de control (traditionele roosters) en de case (Groene Vlag Roostervloer) tijdens de 1^e meting. Resultaten zijn niet in de analyse meegenomen.



Figuur B2. Uursgemiddelde NH_3 -emissie (g/uur) van de control (traditionele roosters) en de case (Groene Vlag Roostervloer) tijdens de 2^e meting. Resultaten zijn niet in de analyse meegenomen.

Bijlage C. QCL versus Impinger

Tabel C1. Resultaten nat-chemische metingen vergelijking gemiddelden (24 uur) met de QCL-metingen op 28 en 29 mei.

Naam	xx-xx-xxxx		labresultaat mg/l		aangezogen volume in m ³		nat chemie		QCL	
	Datum		mg	mg	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	ppm
Blanco	28/29 mei 2020		0,1	0,02897	1,44	0,020118056				
1A	28/29 mei 2020		10,6	2,23342	1,44	1,530868056	1,56	gemiddeld	case	gemiddeld
1B	28/29 mei 2020		0,2	0,06528	1,44	0,025215278				
2A	28/29 mei 2020		12,1	2,17074	1,44	1,487340278	1,50	1,53	case	1,79
2B	28/29 mei 2020		0,1	0,04079	1,44	0,008208333				2,52
3A	28/29 mei 2020		15,1	2,59569	1,44	1,782444444	1,79		control	
3B	28/29 mei 2020		0,1	0,03636	1,44	0,005131944				
4A	28/29 mei 2020		13,9	2,54092	1,44	1,744409722	1,75	1,77	control	2,16
4B	28/29 mei 2020		0,1	0,03995	1,44	0,007625				3,04
5A	28/29 mei 2020		0,7	0,14035	1,44	0,077347222	0,08		achtergrond	
5B	28/29 mei 2020		0,1	0,03349	1,44	0,003138889			achtergrond	
6A	28/29 mei 2020		0,1	0,03394	1,44	0,003451389	0,11	0,10	achtergrond	
6B	28/29 mei 2020		0,9	0,18846	1,44	0,110756944			achtergrond	
1A	29/30 mei 2020		8,1	1,3041	1,44	0,885506944	0,87		case	
1B	29/30 mei 2020		0,1	0,00948	1,44	-0,013534722				
2A	29/30 mei 2020		7,9	1,33826	1,44	0,909229167	0,91	0,89	case	1,15
2B	29/30 mei 2020		0,3	0,027	1,44	-0,001368056				1,62
3A	29/30 mei 2020		6,8	1,33688	1,44	0,908270833	0,91		control	
3B	29/30 mei 2020		0,3	0,02883	1,44	-9,72222E-05				
4A	29/30 mei 2020		7,9	1,47256	1,44	1,002493056	1,00	0,95	control	1,29
4B	29/30 mei 2020		0,2	0,01988	1,44	-0,0063125				1,81
5A	29/30 mei 2020		0,5	0,0935	1,44	0,0448125	0,03		achtergrond	
5B	29/30 mei 2020		0,1	0,00867	1,44	-0,014097222			achtergrond	
6A	29/30 mei 2020		0,4	0,07088	1,44	0,029104167	0,02	0,02	achtergrond	
6B	29/30 mei 2020		0,1	0,01021	1,44	-0,013027778			achtergrond	