



I-VEE

WAAR KENNIS GROEIT



ZuivelNL

# Mestgassen: een onzichtbare vijand

Metingen aan de mestgassen  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  en  $\text{H}_2\text{S}$  in kelders onder 4 typen stalvloeren in melkveestallen

I-VEE 24-00002



# Voorwoord

De gevaren van mestgassen worden flink onderschat, voornamelijk omdat te hoge concentraties ervan niet altijd met onze eigen sensor ('de neus') waarneembaar zijn. Dit maakt mestgassen een onzichtbare vijand. Voor een melkveehouder is er nog maar weinig kennis beschikbaar over de mogelijkheden om mestgassen te voorkomen of verminderen en welke maatregelen je kunt nemen om hoge concentraties tegen te gaan. Daar willen we wat aan doen!

Niet alleen hoge methaan- ( $\text{CH}_4$ ) – en ammoniak- ( $\text{NH}_3$ ) concentraties kunnen een gevaar opleveren in de stal. Ook het giftige waterstofsulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ), een gas dat vrijkomt door de afbraak van eiwitten, is in veel lagere concentraties al zeer gevaarlijk en heeft jaarlijks ernstige ongevallen en dodelijke slachtoffers op boerderijen tot gevolg.

Om bovengenoemde redenen hebben Stichting I-VEE en BoerVeilig de handen ineengeslagen. Met financiële ondersteuning van ZuivelNL zijn deze partijen in januari 2023 gestart met een tweejarig project over mestgassen. Daarbij is samengewerkt met Advies-ID.

Het project is gestart met een literatuuronderzoek. Het resultaat daarvan is gerapporteerd in [Stichting I-VEE \(2023\)](#).

In het onderhavige rapport wordt verslag gedaan van metingen in twaalf melkveestallen waar een jaar lang elke twee maanden metingen zijn uitgevoerd in mestkelders van stallen met vier verschillende vloertypen. Doel was om meer inzicht te krijgen in de concentraties van de mestgassen  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  en  $\text{H}_2\text{S}$  in kelders onder emissie-arme stalvloeren ten opzichte van gangbare betonnen roostervloeren.

Alle informatie die gedurende het project is verzameld, wordt uiteindelijk gebundeld in een handboek met praktische handvatten. Dit wordt vervolgens breed verspreid onder melkveehouders en andere relevante stakeholders.

We zijn de deelnemende veehouders erkentelijk voor hun gastvrijheid en inzet bij het uitvoeren van de genoemde metingen en ZuivelNL voor de financiële ondersteuning.

Eric van den Hengel

*Voorzitter Stichting I-VEE*

Uitgevoerd door: Eric van den Hengel (Stichting I-VEE) Colinda van Rees (LTO)  
Gerjanne van Esveld (NAJK) i.s.m. Gert-Jan Monteny (Advies-ID)

I-VEE 24-00002  
december 2024

# Boerveilig

BoerVeilig is een landelijke campagne met als doel om ongelukken op het boerenerf te voorkomen. Dit doen we door ervaringen te delen, bewustwording te creëren en tools aan te bieden zodat boeren veilig hun werk kunnen doen. BoerVeilig wil veiligheid op het erf bespreekbaar maken en daarbij ook de onveilige situaties. Partners van BoerVeilig zijn ZuivelNL, NAJK, DDB, LTO, NZO en Stigas. Alle informatie is te vinden via [www.boerveilig.com](http://www.boerveilig.com).



# Inhoud

<b>Hoofdstuk 1. Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>Hoofdstuk 2. Materiaal en methoden</b>	<b>6</b>
2.1 Deelnemende melkveebedrijven	6
2.2 Meetmethode	7
2.3. Uitgevoerde metingen	8
<b>Hoofdstuk 3. Resultaten stalmetingen en 'events'</b>	<b>10</b>
3.1 Gemiddelde concentraties weideperiode, stalperiode en jaarrond	10
3.2. Frequentieverdeling over concentraties risico-gassen	12
3.2.1. Methaan	12
3.2.2. waterstofsulfide	14
3.3. Bijzondere resultaten en events	16
<b>Hoofdstuk 4. Discussie</b>	<b>18</b>
<b>Hoofdstuk 5. Samenvatting en conclusies</b>	<b>19</b>
<b>Literatuur</b>	<b>20</b>
<b>Bijlage 1. Landbouwkundige gegevens per locatie</b>	<b>21</b>

# Hoofdstuk 1. Inleiding

De gevaren van mestgassen worden onderschat, onder andere omdat te hoge en/of gevaarlijke concentraties niet waarneembaar zijn. Mestgassen worden daarom ook wel gekarakteriseerd als een onzichtbare vijand. Mestgassen, vooral van methaan ( $\text{CH}_4$ ), in of rond de stal, leveren gevaarlijke situaties op, zoals brand en explosies. De sector en de overheid schrokken in januari 2022 (alweer) op door een explosie onder de emissie-arme dichte vloerplaten op de mestkelder van een melkveestal in Maarsbergen. Oorzaak is waarschijnlijk een vonk van de elektrische mestmixer buiten de stal.

In het kader van deze gevaren heeft ZuivelNL een projectvoorstel van BoerVeilig en I-VEE gehonoreerd dat tot doel heeft: "het beschikbaar stellen van, met onderzoek onderbouwde, praktische handvatten en het actief communiceren ervan naar melkveehouders. Dit om de melkveehouderij een stukje bewuster te laten worden van de gevaren en daardoor veiliger te laten werken.

Het kernteam bestond uit Eric van den Hengel (Voorzitter Stichting I-VEE), Gerjanne van Esveld (BoerVeilig/NAJK) en Colinda van Rees (BoerVeilig/LTO Melkveehouderij) Jetty Middelkoop (Brandweer Amsterdam-Amstelland) en Gert-Jan Monteny (Advies-ID).

Een van de producten die het project heeft opgeleverd is een literatuurstudie (Stichting I-VEE, 2023).

In het onderhavige rapport wordt verslag gedaan van metingen op bedrijven van twaalf melkveehouders die zij een jaar lang elke twee maanden uitvoerden in kelders van hun stal. Uiteindelijk werden metingen uitgevoerd aan 3 groepen stallen (verdeeld over grondsoorten) met vier verschillende vloertypen. Doel was om meer inzicht te krijgen in de gehalten aan mestgassen  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  en  $\text{H}_2\text{S}$  onder diverse omstandigheden. Tevens wordt verslag gedaan van metingen tijdens enkele relevante 'events' (mixen buiten de stal en mixen en scheiden in de stal).



# Hoofdstuk 2. Materiaal en methoden

De werving van de 12 melkveehouders werd in maart 2023 afgerond.

## 2.1 Deelnemende melkveebedrijven

Hieronder is een overzicht gegeven van de stallocaties onderverdeeld naar de 4 vloertypen en 3 grondsoorten.

**Tabel 1.** Overzicht stallocaties keldergasmetingen (tussen haakjes de locatie-code).

	Zand	Klei	Veen
<b>Traditionele betonnen roosters</b>	Holten (Trooster1)	Hazerswoude-Dorp (Trooster2)	Bergambacht (Trooster3A)
<b>Dichte vloer/sleufvloer</b>	Brucht (Dicht2)	Zevenaar (Dicht1)	Polsbroek (Dicht3)
<b>Emissie-arme roosters</b>	Baarn (EmArmR1) *2)	Lelystad (EmArmR2)	Groet (EmArmR3)
<b>Plaatvloer met regelmatige afstort</b>	Geffen*1) (Plaat2)	Markelo (Plaat1)	De Weere (Plaat3)

\*1) Deel van de stal heeft traditionele roosters (Trooster3B). \*2) Bedrijf ligt op kleigrond.



Tabel 2 geeft nadere karakterisering per stal.

**Tabel 2.** Nadere karakterisering stallen.

STAL	Aantal loopgangen	Mestverwijdering	Grondsoort	Melken	Aantal meetpunten
<b>Plaat1</b>	4	2 mestrobots	Klei	2 melkrobots	10
<b>Plaat2</b>	1	1 getrokken schuif	Zand	1 melkrobot	4
<b>Plaat3</b>	4	4 getrokken schuiven	Veen	Melkstal achterin	8
<b>TRooster1</b>	3	-	Klei	Melkstal voorin	12
<b>TRooster2</b>	4 + 2 (wachtruimte)	-	Klei	Melkstal halverwege	10
<b>TRooster3A</b>	4	-	Veen	2 melkrobots halverwege	12
<b>Trooster 3B</b>	2	-	Zand	1 melkrobot voorin	4
<b>Dicht1</b>	4	4 getrokken schuiven	klei	Melkstal naast stal	12
<b>Dicht2</b>	4	4 getrokken schuiven	Zand	Melkstal voorin	14 (+ 2 achter de stal)
<b>Dicht3</b>	6	6 getrokken schuiven	Veen	Melkstal voorin	12
<b>EmArmR1</b>	4	4 getrokken schuiven	Klei	Melkstal voorin	8
<b>EmArmR2</b>	4	4 getrokken schuiven	Klei	Melkstal voorin	12, waarvan 8 bij G2 (loopgangen) en 4 bij G3 (doorsteken)
<b>EmArmR3</b>	4	4 getrokken schuiven	Veen	Melkstal voorin	8

Per meetdag werden derhalve metingen uitgevoerd op maximaal 126 meetpunten, bij benadering gelijk verdeeld over alle vloertypen, maar met iets minder meetpunten aan plaatvloeren met regelmatige mestafstort (relatief kleinere stallen). Bij 6 meetdagen zou uiteindelijk op 756 plaatsen in de stallen zijn gemeten.

## 2.2 Meetmethode

De meetmethode bestond uit een gepompte multi-RAE (RAE Benelux; figuur 1), uitgerust met 3 sensoren, t.w. LEL (0-100%, alarmniveau 10% LEL), NH<sub>3</sub> (0-50 ppm; alarmniveau 20 ppm) en H<sub>2</sub>S (0-20 ppm; alarmniveau 5 ppm). De instroom-opening van de multi-RAE was voorzien van een stoffilter dat op elke meetdag werd vervangen. Daarop was de rubberen monsternameslang met pvc-sonde aangesloten. De sonde was 1 m lang (zie figuur 2), zodat de monsternemer staande op de vloer de meting altijd op min of meer op dezelfde diepte door de vloer de kelderlucht verrichtte.



**Figuur 1.** Display multi-RAE.



**Figuur 2.** Foto links: Multi-RAE met filter en aansluiting monstername-unit; foto rechts: Sonde met slang.

De eerste meting werd verzorgd door de projectleiding, de overige metingen werden door de veehouder uitgevoerd. De meetprocedure was als volgt:

1. In elke stal werden vaste meetpunten gekozen (in tabel 2 staat het aantal meetpunten per stal), zo gelijkmatig mogelijk verdeeld over het aantal loopgangen en de lengterichting van de loopgangen (stal);
2. De Multi-RAE werd bovenwinds buiten de stal ingeschakeld voor de zgn. 'frisse lucht-kalibratie';
3. Met de slang en sonde aangekoppeld werden vervolgens, met het ingeschakelde, gekalibreerde meetapparaat de metingen in de mestkelders uitgevoerd;
4. Meestal werd binnen enkele minuten een constante meetwaarde bereikt welke werd genoteerd, waarna naar het volgende meetpunt werd gegaan;
5. Na afloop van elke meetdag werd de multi-RAE in de buitenlucht uitgeschakeld, nadat de display '0' aangaf voor de drie gassen en werd de apparatuur opgeborgen in afwachting van een volgende meting.

### 2.3. Uitgevoerde metingen

De planning was dat tussen mei 2023 en augustus 2024 per bedrijf 6 keer zou worden gemeten, derhalve een meting per 2 maanden. In totaal waren derhalve: 4 vloertypen \* 3 bedrijven = 12 bedrijven \* 6 metingen

= 72 metingen gepland, met een beoogde 50/50 verdeeld over de weideperiode (mei t/m september) en de stalperiode (oktober t/m april). Tabel 3 geeft het overzicht van de gerealiseerde metingen.

**Tabel 3.** Overzicht uitgevoerde metingen.

STAL	2023						2024									
	mei	juni	juli	aug	sept	okt	nov	dec	jan	feb	mrt	april	mei	juni	juli	aug
Plaat1													*S			
Plaat2						*S										
Plaat3																
TRooster1																
TRooster2																
TRooster3A																
Trooster 3B						*S										
Dicht1									*S			*S				
Dicht2										*S						
Dicht3																
EmArmR1																
EmArmR2																
EmArmR3																

\*s) is geen meting vanwege schuim.



**Tabel 4.** Overzicht aantallen uitgevoerde metingen per vloertype, met onderverdeling naar stal- en weideperiode.

Vloertype	Weideperiode (april t/m sept.)	Stalperiode (okt. t/m maart)	Totaal
(april t/m sept.)	9	8	17 (94%)
TRooster	10 + 1*1	6 + 1*1	18 (100%)
Dicht	9	7	16 (89%)
EmArmR	8	6	14 (83%)
<b>Totaal</b>	<b>37 = 103%</b>	<b>28 = 78%</b>	<b>65 (90%)</b>

\*1= meting op bedrijf Trooster3A

Op bedrijf Trooster3A werden door omstandigheden slechts 2 metingen uitgevoerd. Daarom werden extra metingen uitgevoerd bij traditionele roosters in de stal met zowel plaatvloeren als traditionele roosters (Trooster3B). Hierdoor werd 100% van de geplande metingen aan traditionele roosters uitgevoerd. Het

aantal metingen per emissie-arm vloertype was iets lager, maar onderling vergelijkbaar (83-94%). In de weideperiode werden meer metingen uitgevoerd dan in de stalperiode, vooral door de aanwezigheid van schuim en/of volle mestkelders.

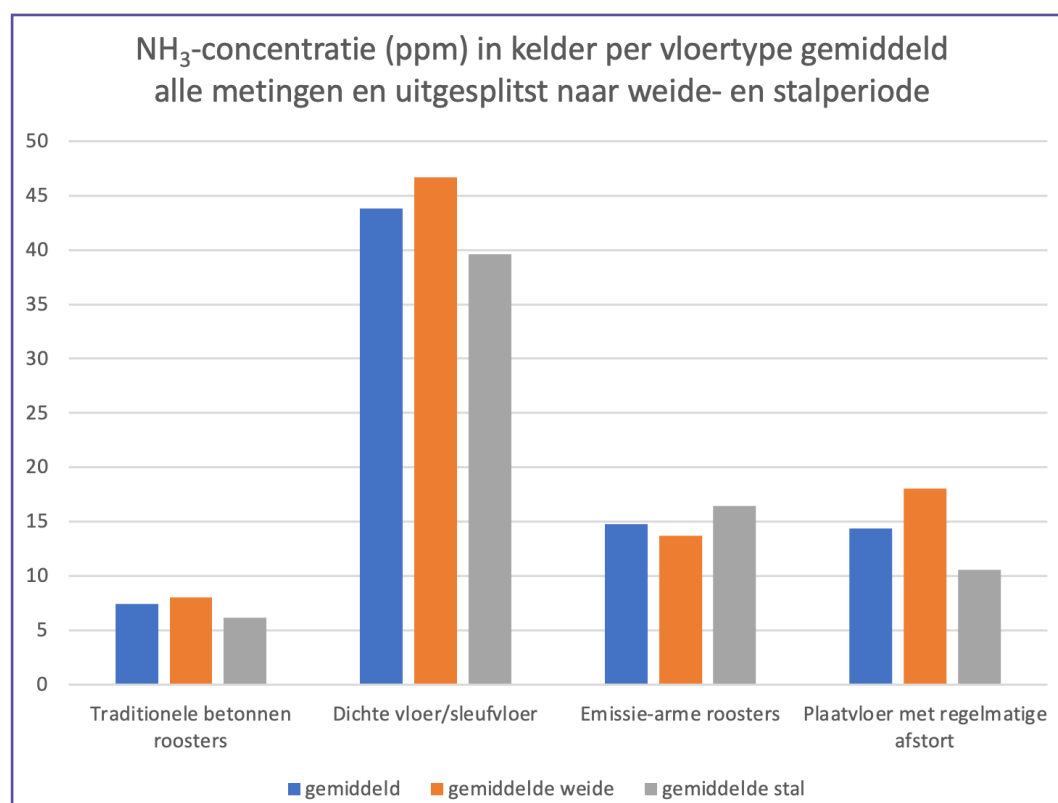


# Hoofdstuk 3. Resultaten stalmetingen en 'events'

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd en besproken van de metingen, uitgesplitst naar mestgas en gemiddelde over het jaar en de weide- en stalperiode. Daarna wordt een nadere analyse gemaakt van de frequentie waarin bepaalde concentraties mestgassen werden gemeten, met het oog op risico's, en tenslotte worden de resultaten gepresenteerd van metingen aan enkele bijzondere situaties ('events').

## 3.1 Gemiddelde concentraties weideperiode, stalperiode en jaarrond

In de navolgende figuren worden de gemiddelden van alle metingen aan respectievelijk ammoniak ( $\text{NH}_3$ ; figuur 3), methaan ( $\text{CH}_4$ , als LEL; figuur 4) en waterstofsulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ; figuur 5) gepresenteerd en besproken



**Figuur 3.** Gemiddelde  $\text{NH}_3$ -concentratie (in ppm) in kelders onder verschillende vloertypen over het jaar en onderverdeeld naar weideperiode ('weide') en stalperiode ('stal').

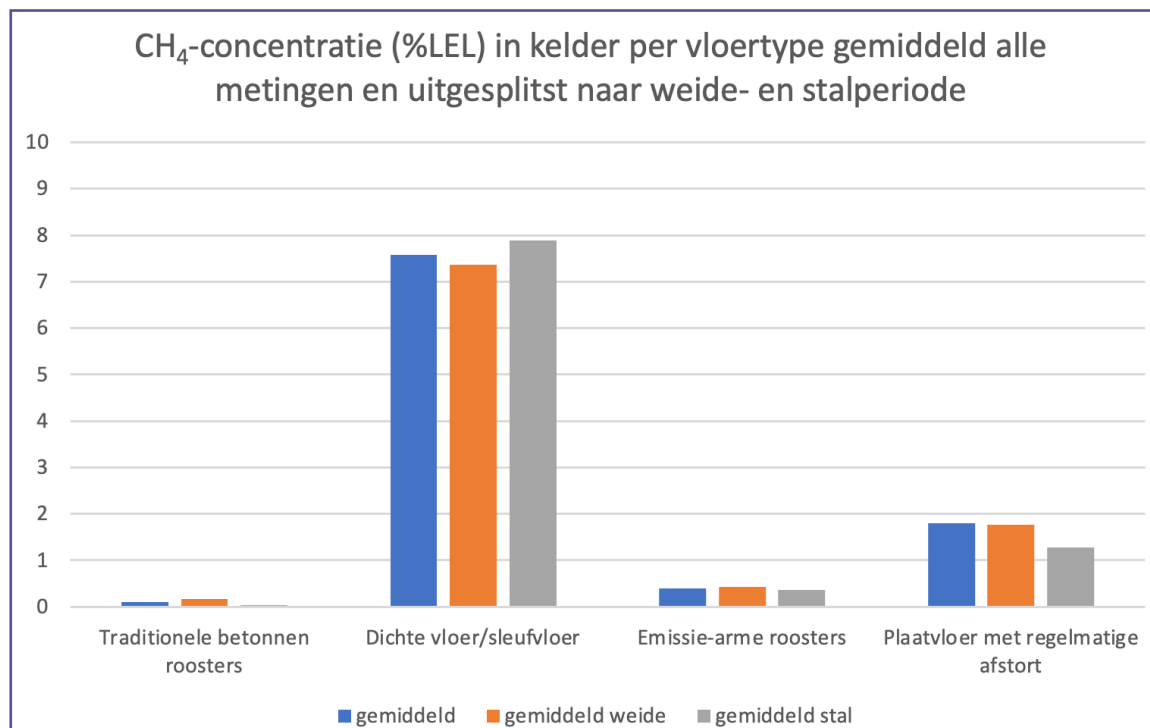
De gemiddelde ammoniakconcentratie in de kelder onder dichte (sleuf-)vloeren was met ruim 35 ppm aanmerkelijk (ca. 5 keer) hoger dan in de kelder onder traditionele roostervloeren. Voor plaatvloeren met regelmatige afstort was dat ca. 2 keer en voor emissie-arme roosters ca. 3 keer hoger. Deze hogere concentraties leveren aanwijzingen op dat emissie-arme vloeren bijdragen aan vermindering van de stalemissie van  $\text{NH}_3$ ; immers, een relatief hogere kelderconcentratie  $\text{NH}_3$  is een aanwijzing dat  $\text{NH}_3$  ophoopt onder de vloer en daardoor minder terecht komt in de stallucht en aansluitend naar buiten emitteert. De hogere waarden onder dichte (sleuf-)vloeren brengen geen hogere veiligheidsrisico's met zich mee.

Voor traditionele betonnen roostervloeren, dichte (sleuf-)vloeren en plaatvloeren met regelmatige mestafstort was de gemiddelde  $\text{NH}_3$ -concentratie in de weideperiode (april t/m september) iets hoger dan in de stalperiode (oktober t/m maart). Dit is waarschijnlijk het gevolg van hogere gemiddelde temperaturen in de zomermaanden, waardoor meer ammoniak uit mest verdampt en zich dus in kelders onder vloeren ophoopt. Voor mestkelders in stallen met traditionele betonnen roosters was de  $\text{NH}_3$ -concentratie in de weideperiode 30% hoger dan in de stalperiode, voor dichte (sleuf-)vloeren was dit 18% en voor plaatvloeren met regelmatige afstort 70%. Alleen in kelders van stallen met emissie-arme roosters was de gemiddelde concentratie in de stalperiode 16%



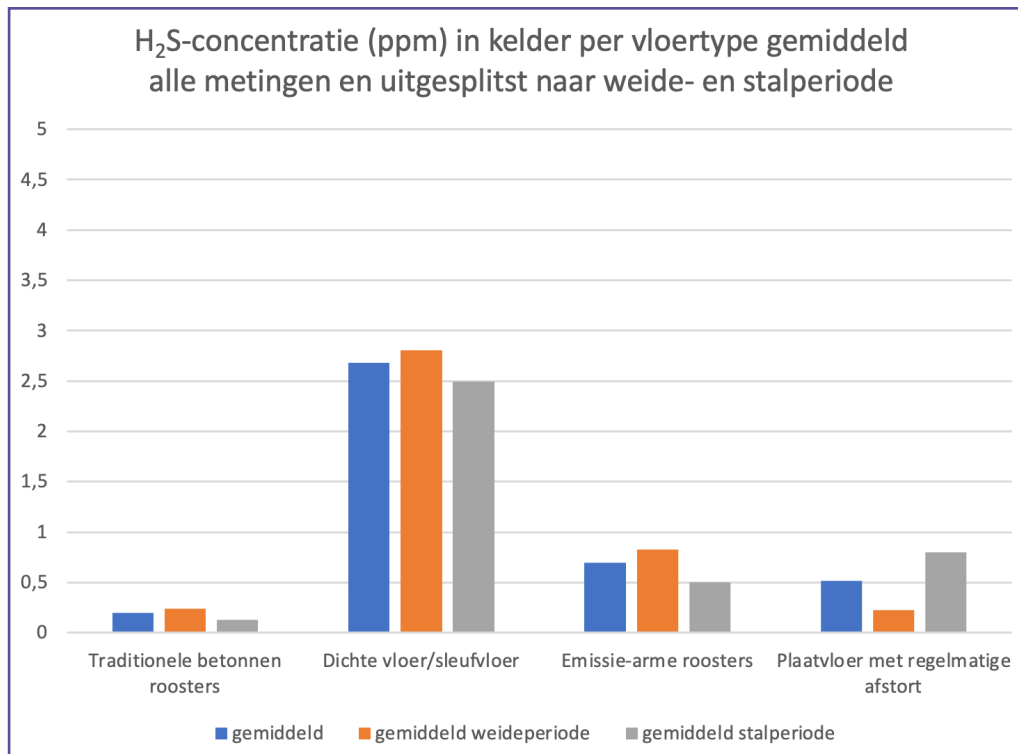
lager dan in de weideperiode. In een van de stallen met een dichte vloer (met urine-afvoergaatjes) werd in ca. 1/3 van alle metingen een NH<sub>3</sub>-concentratie boven de detectielimiet van 99 ppm NH<sub>3</sub> gemeten. In elk van beide andere stallen met een vergelijkbare vloer was dat in

10% van de metingen het geval. Dit betekent dat de gemiddelde NH<sub>3</sub>-concentraties onder de dichte (sleuf-) vloer is onderschat met een onbekende, maar naar schatting beperkte factor.



**Figuur 4.** Gemiddelde CH<sub>4</sub>-concentratie (in % van LEL; 1% LEL = 440 ppm) in kelders onder verschillende vloertypen over het jaar en onderverdeeld naar weideperiode ('weide') en stalperiode ('stal').

Onder dichte (sleuf-)vloeren was de CH<sub>4</sub>-concentratie met gemiddeld 7,5% van LEL zeer veel hoger dan in kelders onder traditionele betonnen roosters (0,1% LEL) en emissie-arme roosters (0,4% LEL). Onder plaatvloeren met regelmatige mestafstort was dat gemiddeld 2% LEL. Van verschillen tussen stal- en weideperiode was nauwelijks sprake.



**Figuur 5.** Gemiddelde H<sub>2</sub>S-concentratie (in ppm) in kelders onder verschillende vloertypen over het jaar en onderverdeeld naar weideperiode ('weide') en stalperiode ('stal').

Het beeld voor H<sub>2</sub>S is vergelijkbaar met dat voor NH<sub>3</sub> en LEL, n.l. aanmerkelijk hogere concentraties in de kelders onder de dichte (sleuf-)vloer en gemiddeld lage concentraties onder traditionele betonnen roosters. In de kelders onder emissie-arme roosters en plaatvloeren met regelmatige afstort was de concentratie H<sub>2</sub>S gemiddeld ca. 1 ppm met alleen voor plaatvloeren een hoger gemiddelde in de stalperiode dan in de weideperiode. Voor de andere vloertypen waren de gemiddelde H<sub>2</sub>S concentraties in de kelders tijdens de weideperiode iets hoger dan in het stalseizoen.

Gemiddeld waren de H<sub>2</sub>S-concentraties lager dan de oorspronkelijke MAC-waarde van 10 ppm die gold tot 1.1.2007 (MAC = Maximum Allowable Concentration; de maximaal toelaatbare gemiddelde grenswaarde over een periode van 8 uur). Alleen in kelders onder dichte (sleuf-)vloeren waren de gemiddelde gehalten hoger dan de in 2007 bijgestelde MAC-waarde van 1,6 ppm).

Vanwege het overduidelijke effect van het vloertype en het relatief geringe verschil tussen de weide- en de stalperiode werd een nadere analyse o.a. op grondsoort en/of landbouwkundige informatie achterwege gelaten.

### 3.2. Frequentieverdeling over concentraties risico-gassen

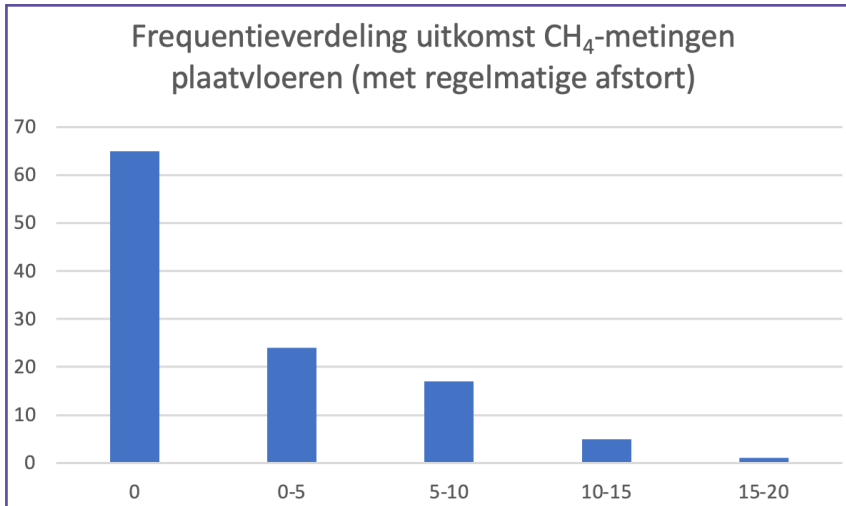
In deze paragraaf worden frequentieverdelingen gepresenteerd (verschillende bereiken van concentraties) van alle metingen voor de risicovolle mestgassen methaan en waterstofsulfide. Zie tabel 2 voor het aantal meetpunten per stal. Daarbij dient te worden opgemerkt dat iets minder dan het maximale totaal van 756 individuele metingen werden uitgevoerd (zie ook tabel 4).

#### 3.2.1. Methaan

De CH<sub>4</sub>-metingen in kelders van stallen met traditionele betonnen roosters gaven in het overgrootste deel 0% LEL aan; in slechts 9 gevallen was de uitkomst een waarde tussen 0 en 5% LEL. Voor de stallen met emissie-arme roosters betrof dat 10 metingen. Daarnaast gaven 4 metingen een uitkomst tussen 5 en 10% LEL. Hogere waarden werden voor beide vloertypen niet gemeten.

Dat was aanmerkelijk anders voor beide andere vloertypen, zoals blijkt uit figuren 6 en 7 voor respectievelijk plaatvloeren (met regelmatige afstort) en dichte vloeren.

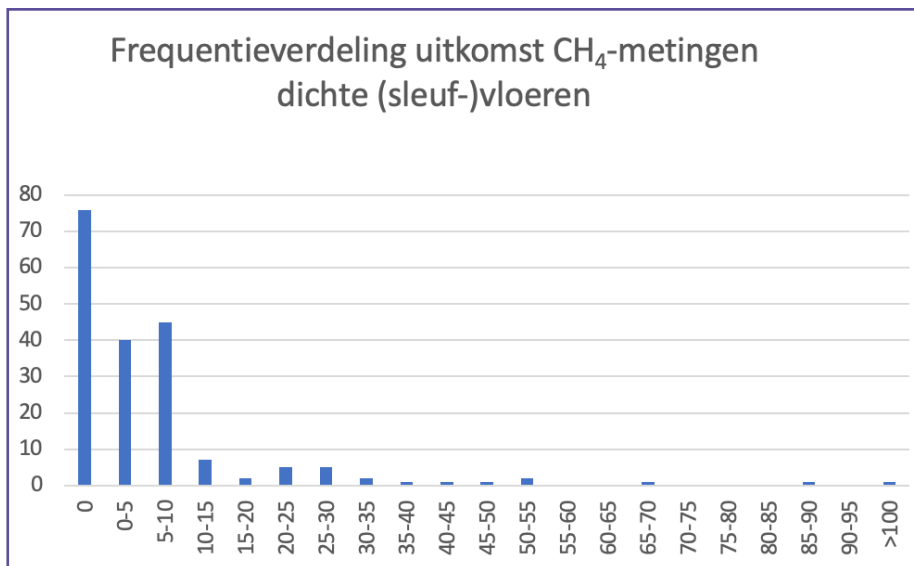




**Figuur 6.** Frequentieverdeling van de uitkomst van de CH<sub>4</sub>-metingen (%LEL) in kelders van de stallen met plaatvloeren met regelmatige afstort.

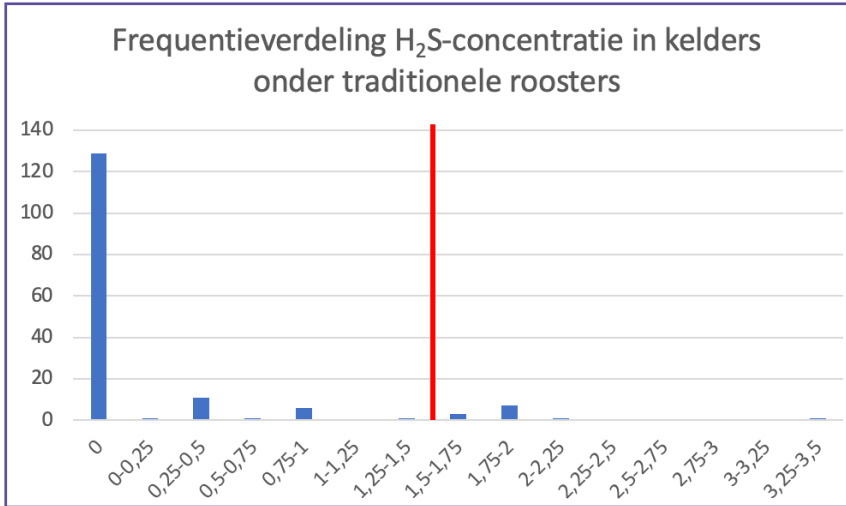
De uitgevoerde metingen in kelders van stallen met plaatvloeren met regelmatige afstort gaven in 65 gevallen geen CH<sub>4</sub> (0%LEL) aan; 24 keer werden waardes tussen 0 en 5% gemeten, 17 keer tussen 5-10% LEL en 5 keer tussen 10 en 15%. Slechts eenmaal werd een hogere waarde gemeten (17% LEL).

Voor de kelders in stallen met dichte (sleuf-)vloeren was de range van uitkomsten groter. Daarbij werd eenmaal de detectielimiet van het meetapparaat (100% LEL), dus de laagste explosiegrens gemeten en eenmaal lag de uitkomst met 90% LEL (in een andere stal) dicht tegen die grens aan.



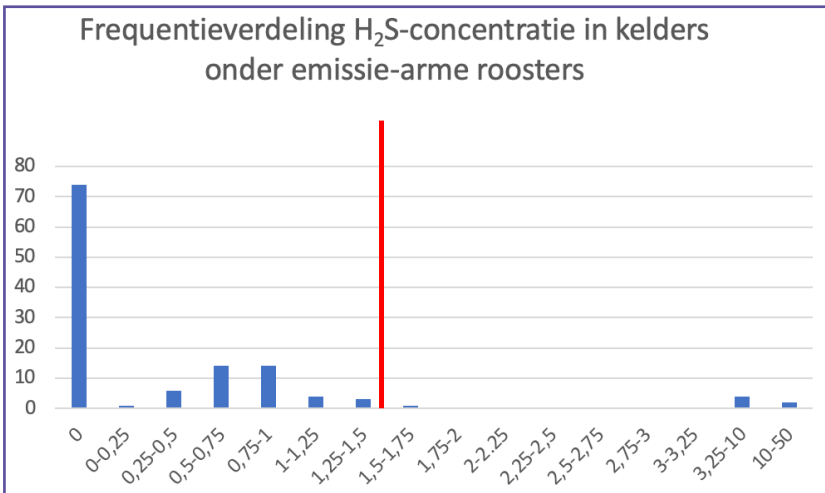
**Figuur 7.** Frequentieverdeling van de uitkomst van de CH<sub>4</sub>-metingen (%LEL) in kelders van de stallen met dichte (sleuf-)vloeren.

3.2.2. waterstofsulfide



**Figuur 8.** Frequentieverdeling (let op: beperkt bereik) van de uitkomst van de H<sub>2</sub>S-metingen in kelders van de stallen met traditionele betonnen roosters. De rode lijn geeft de nieuwste MAC-waarde van 1,6 ppm aan.

In kelders onder traditionele roosters werd in de meeste gevallen geen H<sub>2</sub>S gemeten (Figuur 8); wanneer dit wel het geval was, dan waren de concentraties laag en zelden boven de nieuwste MAC-waarde van 1,6 ppm.

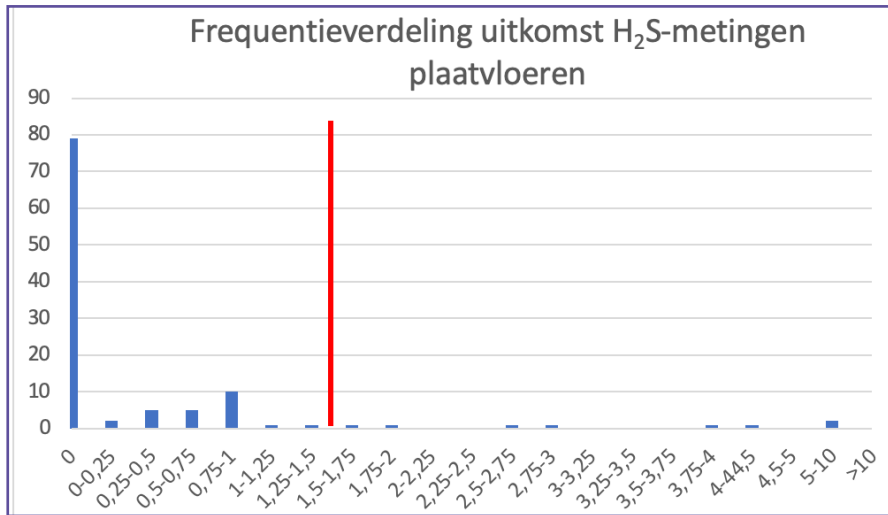


**Figuur 9.** Frequentieverdeling van de uitkomst van de H<sub>2</sub>S-metingen in kelders van de stallen met emissie-arme roosters. De rode lijn geeft de nieuwste MAC-waarde van 1,6 ppm aan.

Ook in kelders onder emissie-arme roosters werd in de

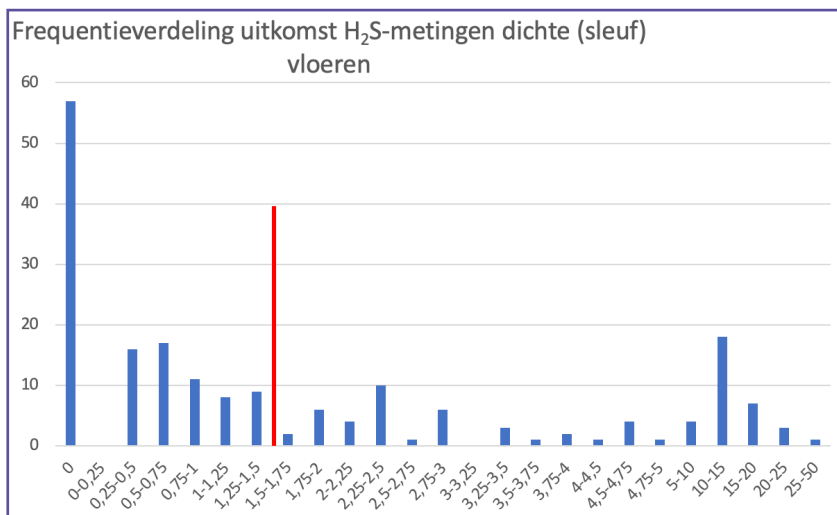
meeste gevallen geen H<sub>2</sub>S gemeten (Figuur 9); in enkele (6 meetpunten) gevallen kwamen de resultaten ruim uit boven de nieuwste MAC-waarde van 1,6 ppm. De hoogste waarden, die gemeten zijn, kan oogirritatie ontstaan.





**Figuur 10.** Frequentieverdeling van de uitkomst van de H<sub>2</sub>S-metingen in kelders van de stallen met plaatvloeren met regelmatige mestafstort. De rode lijn geeft de nieuwste MAC-waarde van 1,6 ppm aan. Zoals blijkt uit figuur 10 blijkt het beeld in kelders onder

plaatvloeren met regelmatige mestafstort vergelijkbaar te zijn met dat van kelders onder emissie-arme roosters (geen of lage H<sub>2</sub>S-concentraties). In enkele (8 meetpunten) gevallen kwamen de resultaten (ruim) uit boven de nieuwste MAC-waarde van 1,6 ppm.



**Figuur 11.** Frequentieverdeling van de uitkomst van de H<sub>2</sub>S-metingen in kelders van de stallen met dichte (sluif-)vloeren. De rode lijn geeft de nieuwste MAC-waarde van 1,6 ppm aan. Onder dichte vloeren werd in een aanzienlijk aantal

gevallen geen H<sub>2</sub>S gemeten (Figuur 10). Maar in verweg het grootste deel (70%) van alle metingen was dit wel het geval. Dan kwamen de concentraties in de helft van de gevallen uit rond of (ver) boven de MAC-waarde.

### 3.3. Bijzondere resultaten en events

#### Bijzondere resultaten

In de stal op bedrijf Dicht1, met de W3-vloer (dichte vloer, primaire mestscheiding door urine-afvoergaatjes), wordt de dikke fractie (faeces) gescheiden in een vaste fractie die na drogen in de ligboxen wordt gebracht en een dunne fractie. Deze dunne fractie wordt in de put onder de voergang opgeslagen (meetpunten 7 en 8). In de overige mestkelders is vooral de urine-fractie aanwezig die door de urine-afvoergaatjes naar de onderliggende kelders stroomt.

In de onderstaande tabel 5 zijn de gemiddelde gasconcentraties in de verschillende kelders opgenomen.

**Tabel 5.** Keldergasconcentraties (gemiddelden en minima/maxima) bij opslag dunne fractie na mestscheiden versus opslag urine-fractie (bedrijf Dicht1).

	CH <sub>4</sub> (%LEL)	NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppm)
Kelder onder voergang (2 meetpunten)	30,6 (0-99)	14,4 (8-19)	0,30
Overige kelders (12 meetpunten)	10,8	43,1	0,54

In de kelders met dunne fractie uit mechanische mestscheiding was duidelijk meer CH<sub>4</sub> aanwezig dan in de kelders waar mengmest werd opgeslagen, hetgeen duidt op een fractie die rijk is aan organische stof. Daarbij werd eenmaal de laagste explosiegrens gemeten. In de overige kelders was gemiddeld aanzienlijk meer NH<sub>3</sub> aanwezig, wat een relatie heeft met de opslag van een relatief ammoniumrijke urinefractie. In de dunne fractie was kennelijk aanzienlijk minder ammoniumstikstof aanwezig.

**Stal Plaat2** is een 3 + 1-rijige ligboxenstal met een centrale voergang. In deze stal zijn derhalve 2 verschillende vloertypen aanwezig en konden vergelijkende metingen worden uitgevoerd onder nagenoeg dezelfde omstandigheden. Zie tabel 6.

**Tabel 6.** Gemiddelde keldergasconcentraties in de stal met plaatvloeren met regelmatige mestafstort en traditionele roosters.

	CH <sub>4</sub> (%LEL)	NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppm)
Plaatvloer (4 meetpunten)	0	14,3	0
Traditionele roosters (4 meetpunten)	0	5,5	0

In de kelder onder de plaatvloer met regelmatige mestafstort op dit bedrijf was driemaal zoveel NH<sub>3</sub> aanwezig ten opzichte van de kelder onder traditionele roosters, hetgeen duidt op een significante (kelder-)emissiereducerende werking. Desondanks zijn geen waarden gemeten, die veiligheidsrisico's met zich meebrengen.

#### 'Events'

In het kader van dit project zijn tevens metingen verricht aan de events 'mestmixen' (op bedrijf EmArmR1, in samenwerking met Brandweer Amsterdam-Amstelland) en 'mestscheiden buiten de stal' (bedrijf TRooster3A) en 'mestscheiden in de stal' (praktijkstal buiten de groep).

Tijdens het mestmixen werden metingen uitgevoerd buiten de stal (naast de mixerput aan de achterzijde van de stal) en in de stal (nabij droge koeien en in de melkput, beide voorin de stal).

**Tabel 7.** Keldergasconcentraties op verschillende plaatsen buiten en in de stal tijdens mestmixen achter de stal.

	CH <sub>4</sub> (%LEL)	NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppm)
Naast de mixerput	4	Niet gemeten	160
Bij de droge koeien, voorin de stal (t.p.v. doorsteek)	1	Niet gemeten	37
In de melkput voorin de stal	0-1	Niet gemeten	1-2



Opvallend zijn de hoge concentraties H<sub>2</sub>S direct naast de mixerput (op maaiveld-hoogte). Blootstelling aan dergelijke gehalten moet worden voorkomen. Een concentratie van 160 ppm kan het reukorgaan verlammen. Maar ook de relatief hoge concentraties nabij een doorsteek zijn zorgelijk, zeker bij langduriger blootstelling van dier en mens. Bij dergelijke concentraties ontstaan bijvoorbeeld oogirritaties en kan de reukzenuw verlamd raken.

De metingen tijdens mestscheiden buiten de stal werden uitgevoerd nabij en in de bunker waar de scheider was opgesteld en waar de dikke fractie werd afgestort en opgeslagen. Dezelfde configuratie werd ook onderzocht in de stal met inpannige mestscheider, maar daar werd de dikke fractie afgestort en opgeslagen in een meer open ruimte. Op deze locatie werd ook gemeten in de aparte ruimte met de afvoerslang voor de dunne fractie aangesloten op de opvangput en – na loskoppeling – in de afvoerpijp van de dunne fractie.

**Tabel 8.** Keldergasconcentraties op verschillende plaatsen bij mestscheiden buiten en in een melkveestal

	Mestscheiden buiten de stal		Mestscheiden in de stal			
	Afvoer dunne fractie	Opslag dikke fractie	Afvoer dunne fractie		Opslag dikke fractie in 1-zijdig dichte bunker	
	Vrije uitstroom in put	Midden in 3-zijdig dichte bunker	In ruimte met afvoerslang naar opslagput dunne fractie	In afvoerpijp naar put	Midden in	Vlak boven dikke fractie, in dode hoek
CH <sub>4</sub> (%LEL)	Niet gemeten	0	0	>99	0	0
NH <sub>3</sub> (ppm)	Niet gemeten	8-10	2	>99	2	>10
H <sub>2</sub> S (ppm)	Niet gemeten	5-10	1-2	>99	2-3	>10

Opvallend zijn de extreem hoge, zeer gevaarlijke gehalten in de afvoerpijp van de dunne fractie naar een opslag onder de stal. Dergelijke puntbronnen vormen een risico voor mens en dier bij directe blootstelling; op enige afstand bleken de gehalten echter vergaand

verdund tot zeer lage concentraties. De opslag van dikke fractie is mogelijk risicovol bij (nagenoeg) dichte opslag(-bunkers) en in dode hoeken bij open opslag(bunkers). Daarbij vonden we geen grote verschillen tussen buiten of in de stal.



# Hoofdstuk 4. Discussie

Mestgassen vormen een risico in veestallen voor mens en dier. In dit onderzoek is gefocust op de mestgassen  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  en  $\text{H}_2\text{S}$ . Daarbij zijn de mestgassen  $\text{CO}_2$  en  $\text{HCN}$  buiten beschouwing gelaten. Beide gassen konden niet gemeten worden met de gebruikte meetmethode.  $\text{CO}_2$  is in mindere mate een risico op melkveebedrijven.  $\text{HCN}$  of waterstofcyanide is wel degelijk een risico, maar is zeer moeilijk te meten.

Vanwege het overduidelijke effect van het vloertype en het relatief geringe verschil tussen de weide- en de stalperiode is een nadere analyse, o.a. op grondsoort en/of landbouwkundige informatie, achterwege gelaten. Dit maakt dat het handelingsperspectief van een melkveehouder om invloed uit te oefenen op de vorming van mestgassen beperkt blijft. Uit literatuur blijkt dat rantsoen maar zeer beperkt van invloed is op de vorming van mestgassen, ondanks het feit dat waterstofsulfide door de afbraak van eiwitten ontstaat. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat in stationaire situaties mestgassen geen direct gevaar opleveren, maar dat onveilige situaties niet 100% uit te sluiten zijn. Het onderwerp mestgassen blijft hiermee een onzichtbare vijand.

Tijdens het proces van scheiden van mest kunnen hoge concentraties waterstofsulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ) vrijkomen. Uit metingen van een melkveehouder blijkt dat de opslag van dunne fractie zelfs in rust explosieve concentraties methaan ( $\text{CH}_4$ ) kunnen voorkomen. Dit werd bevestigd bij een meting bij een ander melkveebedrijf met een mestscheider. Aangezien mest steeds vaker wordt gescheiden, is het van belang dat een breder onderzoek wordt uitgevoerd naar de risico's. Voor situaties en of plekken in en om het bedrijf met risico's is het daarnaast

relevant te kijken welke maatregelen door veehouder en/of loonwerker kunnen worden getroffen om risico's te beperken.

Bij metingen tijdens het mixen van kelder is wederom bevestigd dat deze handeling gevaarlijke situaties kan opleveren. Uit de metingen bij een melkveehouder met een mestscheider lijkt de opslag van dunne fractie eveneens gevaarlijke situaties op te kunnen leveren.

Een schuimende mestput kan gevaarlijk zijn, omdat het schuim vol mestgassen zit die plotseling kunnen vrijkomen. Het ontstaan van schuim op mest is nog voor een groot deel onbegrepen. Hier heeft dit onderzoek geen verandering in gebracht. In de toekomst zou het optreden van schuim een onderwerp voor onderzoek kunnen zijn.

Hoewel dit geen punt van onderzoek was, kwam tijdens het project het thema 'betonaantasting' ter sprake. Onder stalvloeren aanwezig  $\text{H}_2\text{S}$  kan oplossen in waterdruppels, bijvoorbeeld aan de onderzijde van vloeren en aan kelderwanden, waarbij het zure sulfaat  $\text{SO}_4^{2-}$  ontstaat dat beton aantast en mogelijk verzwakt (Agrabeton, 2014, Veehouderijtechniek, 2014). Door de relatief hogere  $\text{H}_2\text{S}$ -gehalten onder emissie-arme vloeren (figuur 5) is het risico daarop groter dan voor traditionele roosters.

De genoemde betonaantasting door verzeeping als gevolg van  $\text{SO}_4^{2-}$  levert indirect gevaar op. Door de betonaantasting wordt de draagkracht van deze vloeren verkleind, waardoor ongevallen met koeien en/of machines (doorzakken van de vloeren) kunnen ontstaan. Ook dit is een niet direct zichtbaar gevaar, en wordt pas zichtbaar 'als het kalf is verdronken'. Dit thema verdient nadere aandacht en onderzoek.

# Hoofdstuk 5. Samenvatting en conclusies

Door ZuivelNL is aan I-VEE en BoerVeilig budget beschikbaar gesteld voor nader onderzoek gedurende een periode van 2 jaar. In dat kader zijn door 12 melkveehouders een jaar lang elke twee maanden metingen uitgevoerd in kelders van hun stal. In totaal werd gemeten aan vier verschillende vloertypen met 3 stallen per vloertype 1 per grondsoort: klei, zand, veen). Ze gebruikten daarvoor allen eenzelfde type multigas-meter en een sonde. Doel was om meer inzicht te krijgen in de gehalten aan mestgassen  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  en  $\text{H}_2\text{S}$  in mestkelders onder stallen onder diverse omstandigheden, waaronder verschillen in vloertypen, 3 typen emissie-arme vloeren en gangbare roosters.

Negentig procent van de geplande metingen werd gerealiseerd, met relatief iets minder metingen in de weideperiode ten opzichte van de stalperiode. Vooral door de aanwezigheid van schuim en/of te volle mestkelders kon niet altijd worden gemeten. De hoeveelheid en kwaliteit van de gegevens was voldoende voor een analyse op hoofdlijnen (m.n. effect vloertype en stal-/weideperiode).

Op hoofdlijnen kan worden geconcludeerd dat:

- de concentratie van alle keldergasconcentraties onder dichte vloeren (veel) hoger zijn dan onder traditionele roosters;
- gevaarlijke concentraties in stationaire situaties niet of zelden worden bereikt (explosiegevaar door methaan of gezondheidsrisico's voor mens en dier door  $\text{H}_2\text{S}$ ).
- Bij het mixen en scheiden van mest de concentraties kunnen toenemen wat tot gevaarlijke situaties kan leiden.

Meer in detail bleek de gemiddelde ammoniakconcentratie in de kelder onder dichte (sleuf-)vloeren met ruim 35 ppm aanmerkelijk (ca. 5 keer) hoger dan in de kelder onder traditionele roostervloeren. Voor plaatvloeren met regelmatige afstort en voor emissie-arme roosters was dat minder, maar wel hoger dan in kelders onder traditionele roosters. Deze hogere concentraties leveren aanwijzingen op dat emissie-arme vloeren bijdragen aan vermindering van de kelderbijdrage aan de stalemissie van  $\text{NH}_3$ . De hogere waarden onder dichte (sleuf-)vloeren brengen geen hogere veiligheidsrisico's met zich mee. Voor traditionele betonnen roostervloeren, dichte (sleuf-)vloeren en plaatvloeren met regelmatige mestafstort was de gemiddelde  $\text{NH}_3$ -concentratie in de weideperiode

(april t/m september) iets hoger dan in de stalperiode (oktober t/m maart).

Onder dichte (sleuf-)vloeren was de  $\text{CH}_4$ -concentratie met gemiddeld 7,5% van LEL zeer veel hoger dan in kelders onder traditionele betonnen roosters (0,1% LEL) en emissie-arme roosters (0,4% LEL). Onder plaatvloeren met regelmatige mestafstort was dat gemiddeld 2% LEL. Van verschillen tussen stal- en weideperiode was nauwelijks sprake.

Het beeld voor  $\text{H}_2\text{S}$  is vergelijkbaar met dat voor  $\text{NH}_3$  en  $\text{CH}_4$ , n.l. aanmerkelijk hogere concentraties in de kelders onder de dichte (sleuf-)vloer en nauwelijks onder traditionele betonnen roosters, en in de weideperiode iets hoger dan in het stalseizoen.

Gemiddeld waren de  $\text{H}_2\text{S}$ -concentraties lager dan de MAC-waarde (1,6 ppm). Een nadere analyse naar de frequentieverdeling van alle metingen aan  $\text{H}_2\text{S}$  resulteerde echter vooral bij dichte (sleuf-)vloeren in een relatief groot (ca. 70%) aantal individuele metingen met  $\text{H}_2\text{S}$ -concentraties (ver) boven de actuele MAC-waarde. Voor kelders onder de andere vloeren kwamen hoge concentraties  $\text{H}_2\text{S}$  nauwelijks voor.

Tijdens het mixen van kelders van een stal met emissie-arme roosters werden nabij de mixerput hoge concentraties  $\text{H}_2\text{S}$  gemeten (tot 160 ppm); in de stal was dat 37 ppm. Beide waarden zijn dermate hoog dat ze bij langdurige blootstelling risicovol zijn voor dier en mens. Nadere analyse van de frequentieverdeling van alle individuele metingen aan  $\text{CH}_4$  bleek dat tweemaal een hoge tot zeer hoge (90-100% LEL) concentratie  $\text{CH}_4$  werd waar genomen bij de opslag van dunne fractie onder de voergang op 1 locatie. Ondanks de beperkte incidentie kan opslag van de dunne mestfractie na mestscheiden risicovol zijn met het oog op brand- en explosiegevaar. Uit metingen tijdens mestscheiden in een melkveestal (1 waarneming) werden lage concentraties mestgassen gemeten nabij de mestscheider. Uit de afvoerbuis (puntbron) van de dunne fractie kwamen echter extreem hoge concentraties van alle gassen; op enige afstand bleken de gehalten echter vergaand te zijn verdund tot zeer lage concentraties. De opslag van dikke fractie is mogelijk risicovol bij (nagenoeg) dichte opslag(-bunkers) en in dode hoeken bij open opslag(bunkers).



# Literatuur

Stichting I-VEE, 2023. Mestgassen: een onzichtbare vijand  
Een literatuurstudie naar het ontstaan van mestgassen,  
de risico's en mogelijkheden om deze te beheersen.  
Luyksgestel, rapport I-VEE 2023-0001, 13 pp.

Agrabeton, 2014. Onder emissie-arme vloeren zit H<sub>2</sub>S,  
[www.agrabeton.nl](http://www.agrabeton.nl).

Veehouderijtechniek, 2014. Beton verrast door gas.  
Emissie-arme vloeren aangetast. Blz. 26 e.v.



# Bijlage 1. Landbouwkundige gegevens per locatie

Stal Plaat1 is gelegen in Markelo (hoofdzakelijk kleigrond) en is een 0-4-0-rijige ligboxenstal met 2 voergangen bij de zijgevels.

Het rantsoen bestaat gemiddeld uit gras (35%, mais (25%) en krachtvoer + bijproducten (40%; krachtvoer in de melkrobots). Het ruweiwitgehalte is ca. % (g/kg drogestof) en de drogestofopname ca. 23 kg per dier per dag.

De jaargemiddelde melkgift is 27 kg per dier per dag en het melkureumgetal is ca. 16 mg/100 ml.

Stal Plaat2 is gelegen in Geffen (hoofdzakelijk zandgrond) en is een 3 + 1-rijige ligboxenstal met een centrale voergang.

Het rantsoen bestaat gemiddeld uit 40% gras, 35% mais en 25% krachtvoer en bijproducten. De drogestofopname ca. 22 kg per dier per dag. De jaargemiddelde melkgift is 31 kg per dier per dag en het melkureumgetal is ca. 21 mg/100 ml.

Stal Plaat3 is gelegen in De Weere (hoofdzakelijk veengrond) en is een 4+4-rijige ligboxenstal met een centrale voergang.

Het rantsoen bestaat gemiddeld uit gras en bijproducten, zoals perspulp en bierbostel (90%), mais (10%); krachtvoer wordt verstrekt in de melkstal. De jaargemiddelde melkgift is 28 kg per dier per dag en het melkureumgetal is 19 mg/100 ml.

Stal Rooster1 is gelegen in Holten (zandgrond) en is een 4+4-rijige ligboxenstal met een ouder en een nieuw gedeelte, met 2 voergangen.

Het rantsoen bestaat gemiddeld uit 50% gras, 40% mais en 10% krachtvoer en soja. De drogestofopname ca. 20 kg per dier per dag. De jaargemiddelde melkgift is 29 kg per dier per dag en het melkureumgetal is 17,1 mg/100 ml.

Stal Rooster2 is gelegen in Hazerswoude-Dorp (hoofdzakelijk kleigrond) en is een 4+4-rijige ligboxenstal met een ouder en een nieuw gedeelte, met een centrale voergang.

Het rantsoen bestaat gemiddeld uit vers gras op stal (april t/m oktober; dan geen krachtvoer), gemiddeld 7 kg drogestof per dier per dag. Verder het hele jaar mais (4 kg ds per dier per dag) en 4-5 kg ds uit ontsloten tarwe en brok op basis van gras- en maiskwaliteit. De drogestofopname is ca. 24,5 kg per dier per dag.

De jaargemiddelde melkgift is 33 kg per dier per dag en het melkureumgetal is 17,2 mg/100 ml.

Stal Dicht1 ligt in Brucht, op zandgrond) en is een 0-6-0-rijige ligboxenstal 2 decentrale voergangen.

Het rantsoen bestaat tijdens de stalperiode gemiddeld uit 53% graskuil, 40% mais en 7% voederbieten en tijdens de weideperiode 17% uit vers gras, 26% uit kuilgras en 57% uit mais. De drogestofopname is ca. 26 kg per dier per dag (incl. brok).

De jaargemiddelde melkgift is 32 kg per dier per dag en het melkureumgetal is 16,5 mg/100 ml.

Stal Dicht2 in Zevenaar (kleigrond) en is een 4+4-rijige ligboxenstal 1 centrale voergang.

Het rantsoen bestaat gemiddeld uit 50% gras, 25% mais en 25% krachtvoer en natte bijproducten. Per dier per dag wordt ca. 21 kg drogestof opgenomen. De jaargemiddelde melkgift is 29 kg per dier per dag en het melkureumgetal is ca. 21 mg/100 ml.

Stal Dicht3 in Polsbroek (veengrond) en is een 3+6-rijige ligboxenstal 1 centrale en 1 buitenste voergang

Het rantsoen bestaat gemiddeld uit gras (55%), mais (22%) en 23% krachtvoer. De drogestofopname ca. 20 kg per dier per dag. De jaargemiddelde melkgift is 32 kg per dier per dag en het melkureumgetal is 18mg/100 ml.

Stal EmArmR1 in Baarn(kleigrond) en is een 3+3-rijige ligboxenstal een centrale voergang.

Het rantsoen bestaat gemiddeld uit gras (35%), mais (15%),krachtvoer (20%) en bijproducten (30%). De drogestofopname ca.22 kg per dier per dag.

De jaargemiddelde melkgift is 29 kg per dier per dag en het melkureumgetal is ca.16 mg/100 ml.

Stal EmArmR2 in Groet (veengrond) en is een 2+3-rijige ligboxenstal een centrale voergang.

Het rantsoen bestaat gemiddeld uit 80% gras en 20% krachtvoer. De drogestofopname ca. 22 kg per dier per dag.

De jaargemiddelde melkgift is 25 kg per dier per dag en het melkureumgetal is ca 24 mg/100 ml.

Stal EmArmR3 in Lelystad (kleigrond) en is een 4-0-4-rijige ligboxenstal een centrale voergang.

Het rantsoen bestaat gemiddeld uit gras (40%), mais (30%. en krachtvoer + bijproducten (30%). De drogestofopname ca. 21 kg per dier per dag.

De jaargemiddelde melkgift is 30 kg per dier per dag en het melkureumgetal is ca. 19 mg/100 ml.

**Stichting I-VEE**  
Ruigenhoeksedijk 14b  
3737MN Groenekan  
+31 (0)85 301 97 00  
[office@i-vee.nl](mailto:office@i-vee.nl)