



Mestgassen: een onzichtbare vijand

Een literatuurstudie naar het ontstaan van
mestgassen, de risico's en mogelijkheden
om deze te beheersen

I-VEE 2023-0001

I-VEE

WAAR KENNIS GROEIT

Opdrachtgever: ZuivelNL
Datum: Maart 2023

Uitgevoerd door: *Stichting I-VEE*
Eric van den Hengel

LTO
Colinda van Rees

NAJK
Gerjanne van Esveld en Roos Roeleveld

I.s.m. Gert-Jan Monteny (Advies-ID)

Vormgeving: RozzRood
Fotografie: Keigroen vof

I-VEE 23-0001, Maart 2023



Voorwoord

De gevaren van mestgassen worden flink onderschat, voornamelijk omdat te hoge concentraties 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- (CH_4) – en ammoniak- (NH_3) concentraties kunnen een gevaar opleveren in de stal. Ook het giftige waterstofsulfide (H_2S), 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 ineen geslagen. Met financiële ondersteuning van ZuivelNL zijn deze partijen in januari 2023 gestart met een tweejarig project over mestgassen. Daarbij wordt samengewerkt met Advies-ID.

Het project is gestart met een literatuuronderzoek. Het resultaat daarvan staat in dit rapport. Bestaande informatie over mestgassen is gebundeld en geanalyseerd is waar kennis nog ontbreekt en welke potentiële oplossingen er zijn om risico's te verminderen. Binnen het project zullen vervolgens twaalf melkveehouders een jaar lang elke twee maanden metingen uitvoeren in hun stal (met vier verschillende vloertypen). Hiermee wordt meer inzicht verkregen in de gehalten aan mestgassen onder diverse omstandigheden. Deze groep melkveehouders zal ook regelmatig als studiegroep bij elkaar komen om ervaringen uit te wisselen. Alle informatie die gedurende het project wordt verzameld, zal gebundeld worden in een handboek met praktische handvatten. Deze praktische handvatten zullen vervolgens breed worden verspreid onder melkveehouders.

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

Eric van den Hengel

Voorzitter

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 Nederland, NZO en Stigas. Alle informatie is te vinden via www.boerveilig.com.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	6
2. Mestgassen en risico's	7
2.1. Chemisch samenstelling en gevaren/risico's	8
2.2. Invloedsfactoren op ontstaan mestgassen	9
3. Mogelijkheden voor beperking van risico's met mestgassen	12
4. Samenvatting en conclusies	13
Literatuur	14

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. 'Jaarlijks gebeuren er ten minste drie ongevallen met mest- of silogassen (vooral H_2S), waarbij personen ernstig gewond raken of overlijden, volgens Jetty Middelkoop (2014). Het gaat hier om geregistreerde ongevallen door de arbeidsinspectie. Maar ze gebeuren veel vaker, want de arbeidsinspectie registreert alleen ongevallen waar werknemers bij betrokken zijn. Ook leveren volgens Middelkoop (2017) hoge concentraties aan mestgassen, vooral van methaan (CH_4), in of rond de stal gevaarlijke situaties op, zoals brand en explosies. De sector en de overheid worden in januari 2022 (alweer) opgeschrikt door een explosie onder de dichte vloerplaten van een melkveehouder in Maarsbergen. Oorzaak is waarschijnlijk een vonk van de mixer buiten de stal.

In bovenstaand kader heeft ZuivelNL een projectvoorstel van BoerVeilig en I-VEE goedgekeurd dat tot doel heeft het beschikbaar stellen van met onderzoek onderbouwde praktische handvatten en het actief communiceren ervan naar melkveehouders; dat maakt de melkveehouderij een stukje bewuster en daardoor veiliger.

Een van de producten die het project beoogt op te leveren is een literatuurstudie naar mestgassen: bronnen, processen en invloedsfactoren in een melkveestal en mogelijke maatregelen om het ontstaan ervan en risico's voor mens en dier te beperken. Hiermee wordt een basis gelegd voor uiteindelijke handvatten voor de veehouder om risico's met mestgassen te verminderen en uiteindelijk ongelukken te voorkomen.

2. Mestgassen en risico's

De belangrijkste mest- of stalgassen vanuit boer (en dier) en veiligheid zijn zwavelwaterstof (H_2S) en blauwzuurgas (HCN). Daarnaast zijn ammoniak (NH_3), methaan (CH_4) en kooldioxide (CO_2) relevant. In dit hoofdstuk worden de eigenschappen van de gassen H_2S , CH_4 , NH_3 , CO_2 en HCN uitgelegd.

De meeste mestgassen ontstaan doordat bacteriën in de mest onverteerde voerresten omzetten. De gassen worden voortdurend gevormd. Methaan is slecht oplosbaar in de mest (-vloeistof); de andere gassen zijn beter oplosbaar. Alle gassen kunnen plotseling in grotere hoeveelheden vrijkomen als de mest in beweging komt (bijv. tijdens mestmengen) of als er aan schuimbekämpfung wordt gedaan. H_2S en mogelijk ook

HCN vormen dan een direct risico voor de gezondheid en bij hogere gehalten geldt dit ook voor NH_3 . Bij het vrijkomen van CH_4 ontstaan risico's als dit samenvalt met werkzaamheden in de stal waarbij vonken of hete stukjes vrijkomen (Middelkoop, 2017, Cranendonk, 2021), zoals:

- lassen, slijpen, branden
- roken / peuk weggooien
- overige ontstekingsbronnen vonk van schakelaar of lamp die aangaat, kapotte lager van een mixer, uiers branden, klauwen bekappen, schoonspuiten stal met hogedrukspuit, warmtelampen, hete uitlaat).

2.1. Chemisch samenstelling en gevaren/risico's

Diwaterstofsulfide (H₂S)

Dit mestgas is bij lagere concentraties sterk ruikend en te herkennen aan de typische rotte-eieren-geur. Het ontstaat door de rotting van zwavelhoudende organische stoffen, zoals eiwitten. Eiwitten komen voor in veevoer en dus in de mest die wordt uitgescheiden. Door afbraak ervan ontstaat H₂S in mestkelders. De geur kan alleen in lage concentraties gedetecteerd worden; bij hogere concentraties is het gas reukloos. Bij langdurige blootstelling aan H₂S gaat het reukvermogen achteruit. Dit gas is bij hogere concentraties weliswaar reukloos, maar acuut zeer giftig. Bij meer dan 800 ppm (ppm = parts per million; deeltjes per miljoen) is H₂S na 5 minuten blootstelling in 50% van de gevallen dodelijk en bij meer dan 1.000 ppm treedt onmiddellijke bewusteloosheid op en valt de ademhaling stil.

Bij lagere concentraties is langdurige blootstelling gevaarlijk. Zo is de MAC-waarde (MAC = Maximal Allowable Concentration; maximaal toelaatbare concentratie) waarbij bij blootstelling van 8 uur per dag geen schadelijke effecten optreden 1,6 ppm (= 2,3 mg/m³). Tegenwoordig wordt deze waarde de 'wettelijke grenswaarde' genoemd.

Methaan (CH₄)

Methaan is een brandbaar en zelfs explosief gas, dat ontstaat door de microbiële (methanogene bacteriën) afbraak van organische stoffen onder zuurstofloze omstandigheden; bij de aanwezigheid van zuurstof ontstaat CO₂ (bijvoorbeeld tijdens compostering). Zuurstofloze omstandigheden komen voor in onder andere moerasbodems, maar ook in afgesloten mestkelders. Methaan wordt ook gevormd in de voormagen van de koe en komt vrij bij het verteren van voedsel (via herkauwen). Zelfs als de kelder goed afgesloten is, zal de uit mest gevormde CH₄ grotendeels uit de mestkelder ontwijken. De concentratie aan CH₄ wordt vaak

uitgedrukt in %LEL (LEL = Lower Explosion Level; laagste gehalte waarbij explosie kan ontstaan). Het gas is brandbaar/explosief vanaf 100% LEL. De ondergrens voor een explosief methaanmengsel, de zogenaamde Lower explosion level (LEL), bedraagt 44.000 ppm, wat wil zeggen dat een luchtmengsel met 44.000 ppm CH₄ of meer potentieel explosief is. Een MAC-waarde is niet van toepassing.

Ammoniak (NH₃)

Ammoniak in de veehouderij ontstaat met name door enzymatische omzetting van ureum om urine en microbiologische afbraak van organisch gebonden stikstof in mest. Het heeft een sterk prikkelende geur en is redelijk makkelijk te ruiken. Het gas is bij kamertemperatuur kleurloos giftig en brandbaar. Verder is het goed in water oplosbaar. De MAC-waarde is: 20 ppm (14 mg/m³).

Kooldioxide (CO₂)

Kooldioxide ontstaat, samen met methaan, bij de afbraak van organische stoffen en is relatief 'zwaar'. Daardoor kan tot bijna 50% van het in de mestput gevormde gas kan uit CO₂ bestaan (Middelkoop, persoonlijke mededeling). Dit zwaardere gas verdringt andere gassen, waaronder zuurstof (O₂), waardoor een potentieel risicovolle situatie kan ontstaan.

Waterstofcyanide (HCN)

HCN is het schadelijkst van alle mestgassen en kan ook via de huid het lichaam binnendringen. Acute blootstelling kan leiden tot algemene zwakte, hoofdpijn, verwarring, duizeligheid, moeheid, paniek, kortademigheid, misselijkheid en braken, vooral door zuurstoftekort. Een vergiftiging bij de mens moet zeer snel, binnen 10 minuten, worden behandeld (Van der Wolf *et al.*, 2013), volgens medische richtlijnen in ieder geval door toediening van 100% zuurstof. Anders kan de schade blijvend zijn. Dit gas is lastig te meten, zodat weinig informatie voorhanden is over de mate waarin dit gas daadwerkelijk voor problemen zorgt.

2.2. Invloedsfactoren op ontstaan mestgassen

Er zijn meerder factoren die in de mestkelder invloed hebben op de vorming van mestgassen. Hierna worden de belangrijkste ervan besproken. Ook wordt verder uitgelegd op welke manier deze factoren invloed kunnen hebben op de gasvorming in de kelder. We beperken ons in deze studie tot de stal en de in de kelders opgeslagen mest.

Vloertype

Het type (emissie-arme) vloer heeft invloed op het transport van mestgassen van de bron (de mest in de kelder onder de vloer) naar de stallucht. Dit heeft vooral te maken met de mate waarin de vloer mogelijkheden biedt voor luchtuitwisseling. Schep *et al.*, (2022) voerden onderzoek uit naar de luchtuitwisseling tussen een kelder en de verblijfsruimte voor de dieren van een melkveestal op Dairy Campus. Zij vonden dat de luchtuitwisseling bij een dichte vloer 95% lager was dan bij een traditionele roostervloer. Ook toonden zij aan dat Schep *et al.* (2020) aan dat 's nachts de luchtuitwisseling door gangbare roosters 3 keer hoger was dan overdag, als gevolg van koudeval van ventilatielucht.

Voor de thans veel voorkomende emissie-arme stalvloeren is vermindering van de luchtuitwisseling ten opzichte van traditionele roosters vooralsnog slechts kwalitatief aan te geven. Innovatieve, emissie-arme vloeren richten zich op de vermindering van de NH₃-emissie vanaf de stalvloer en vanuit de mestkelder. Op deze vloeren vindt in het algemeen een snelle en zo volledig mogelijke afvoer van urine naar de kelder plaats, waardoor de vloeremissie wordt beperkt, terwijl de mestkelder zoveel mogelijk wordt afgesloten. Door deze afsluiting wordt het transport van niet alleen NH₃, maar alle mestgassen vanuit de kelder naar de stal verminderd. Voor CH₄ is dit effect mogelijk geringer dan voor NH₃, omdat een verhoging van de concentratie CH₄ onder de vloer nagenoeg geen effect heeft op de productie ervan vanuit de mest, terwijl dit voor NH₃ wel het geval is (hogere NH₃-concentratie remt de verdamping vanuit de mest). Niet exact bekend is hoe dit voor de andere mestgassen is. Dit verdient nader onderzoek.

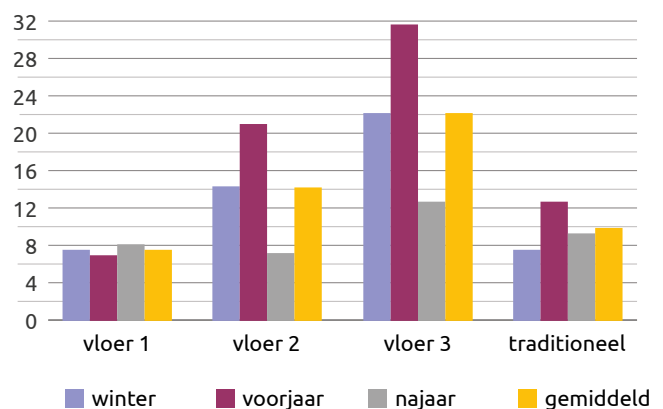
De mate van transport van mestgassen vanuit de kelder naar de stal hangt zeer waarschijnlijk af van

het type vloer en afsluiting. Zo kan er onderscheid gemaakt worden tussen de volgende emissie-arme vloeren:

- roostervloeren met kleppen of flappen in de roosterspleten
- plaatvloeren met regelmatige mestafstort, al dan niet voorzien van een klep of flap
- sleufvloeren met urine-afvoergaatjes in de sleuven

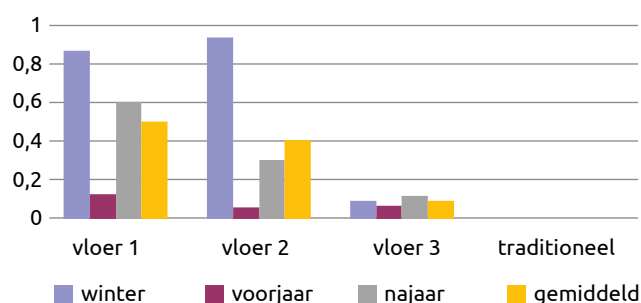
De verwachting is dat emissie-arme roostervloeren de meeste luchtuitwisseling geven, gevolgd door de plaatvloeren en tenslotte de vloeren met urine-afvoergaatjes, omdat het oppervlak van de openingen in die volgorde toeneemt. Dit blijkt voor NH₃ te worden bevestigd door in 2012 en 2013 uitgevoerde indicatieve kelderluchtmetingen in 4 stallen met verschillende vloertypen. (Monteny, niet gepubliceerd en persoonlijke mededelingen). Het betrof de sleufvloer met emissie-arme roosters in de doorsteken (vloer 1; metingen in de kelder van de doorsteken), emissie-arme plaatvloer met regelmatige afstort zonder flappen (vloer 2; gemeten via afstorten) en een emissie-arme vloer met urine-afvoergaatjes (vloer 3; gemeten via urine-afvoergaatjes). Per stal werden ca. 10 metingen verricht, zo goed mogelijk verdeeld over de loopgangen/doorsteken.

De gemiddelde NH₃-concentratie in de kelder onder vloer 1 was iets lager dan in de kelder onder de traditionele betonnen roosters, terwijl dat voor vloer 2 hoger en voor vloer 3 beduidend hoger was (Figuur 1).

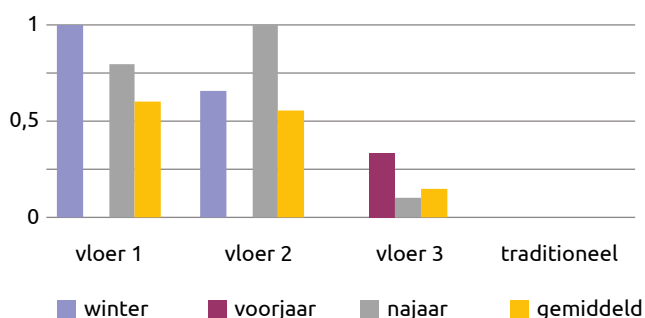


Figuur 1. NH₃ concentratie (ppm) in de kelders onder verschillende vloertypen in de loop van het jaar en gemiddeld.

Voor H₂S (Figuur 2) en CH₄ (Figuur 3) werden onder traditionele roosters geen meetbare concentraties H₂S en CH₄ waargenomen; onder de overige vloeren waren de concentraties iets hoger, maar steeds zeer ruim onder gevaarlijke waarden (< 1 ppm H₂S en < 1%LEL = < 440 ppm CH₄), met geen grote verschillen tussen de vloertypen. Mogelijk zijn de zeer geringe concentraties H₂S en CH₄ onder vloertype 3 te verklaren uit het feit dat als gevolg van dit vloertype in de desbetreffende kelders vooral urine met een waarschijnlijk gering gehalte aan vast mestdelen aanwezig was met een geringer productiepotentieel voor die mestgassen. Van Well *et al* (2021) voerden gedurende lange tijd



Figuur 2. H₂S-concentratie (ppm) in de kelders onder verschillende vloertypen in de loop van het jaar en gemiddeld.



Figuur 3. CH₄-concentratie (% van LEL; 1% LEL = 440 ppm) in de kelders onder verschillende vloertypen in de loop van het jaar en gemiddeld.

metingen uit aan de NH₃- en CH₄ concentraties in de mestkelders van een ligboxenstal met gangbare betonnen roosters en een met een dichte vloer met regelmatige mestafstort zonder flap (zoals vloer 2 in het hiervoor genoemde onderzoek).

In beide stallen werden redelijk vergelijkbare gemiddelde NH₃ concentraties in de kelders gevonden (ca. 16 ppm). Het niveau van en variatie in de CH₄-concentratie verschilde veel sterker tussen beide vloeren, t.w. gemiddeld 38 ppm voor de traditionele roosters en 1.652 ppm voor de emissiearme vloer. Voor beide gassen zijn deze resultaten vergelijkbaar met de bevindingen van Monteny.

Uit een in 2021 uitgevoerde studie naar de veiligheid van emissie-arme stalvloeren in de melkveehouderij (Antea Group, 2021) bleek o.a. dat risico's met mestgassen niet direct te relateren zijn aan de product-eigenschappen van de stalvloer zelf, maar vooral afhangen van de diverse rand-variabelen die gelden bij het gehele concept waarin de specifieke stalvloer gebouwd is, inclusief de wijze van reiniging van de stalvloer. De aanwezigheid van een mestkorst, schuimvorming en mestmixen worden daarbij specifiek genoemd als belangrijke risico-verhogende elementen, alsmede de aanwezigheid van een ontstekingsbron.

Mestmixen

Mestmixen wordt in het algemeen uitgevoerd vlak voor momenten van overpompen van mest vanuit de mestkelders naar bijv. een buitenopslag, bij afvoer van mest vanaf het bedrijf en bij het uitrijden. Soms worden kelders ook tussentijds gemixt, bijv. bij koek- of schuimvorming.

Uit het onderzoek van Van Well *et al.* (2021) bleek dat de pieken in de kelder met de emissiearme vloer hoger waren, t.w. maximaal 297 ppm voor NH₃ en bijna 15.000 ppm voor CH₄, tegenover 184 ppm NH₃ en ruim 24.000 ppm CH₄ voor de kelder onder traditionele roostervloer. Deze maxima zijn lager dan de LEL en derhalve geen explosieve CH₄-concentraties, maar de onderzoekers sluiten niet uit dat dergelijke waarden incidenteel en kortdurend mogelijk zijn.

Op een praktijk melkveebedrijf zijn jaarrond metingen (Timmerman, 2016) uitgevoerd naar het voorkomen van verhoogde waterstofsulfide (H₂S) concentraties in

een mestkelder van een melkveestal met traditionele roosters. Daarnaast is een quick-scan uitgevoerd naar gepubliceerde onderzoeksresultaten over het vrijkomen van H₂S uit mest in melkveestallen. De resultaten lieten zien dat het mixen van mest na aanvang tot zeer snelle stijgingen in de H₂S-concentraties boven de mest leidt en (zeer) snel leidt tot een piekwaarde. Piekwaarden van meer dan 150 ppm H₂S blijken veelvuldig voor te komen. Ook blijkt de H₂S-concentraties voor een langere periode (> 15 minuten) verhoogd te zijn. De H₂S-concentraties kunnen sterk variëren, zelfs wanneer de omstandigheden en handelswijze gelijk zijn. Ook tijdens het verpompen van het mest komt het regelmatig voor dat de H₂S-concentratie boven de 10 ppm uitkomt. H₂S-concentraties van meer dan 10 ppm blijken ook te kunnen voorkomen als de mest niet wordt gemixt of verpompt.

Rantsoen en boxstrooisel

Het rantsoen heeft invloed op de samenstelling van de mest en dus op de schuim- en gasvorming (Starmans *et al.*, 2009). Als er veel onverteerde deeltjes in de mest zitten, is er meer kans op gasvorming. Meer onverteerd eiwit in de mest zorgt voor meer (kans op) H₂S. Meer ruwe celstof en zetmeel in de mest zorgt voor meer (kans op) CH₄. En meer verteerbaar eiwit in de mest zorgt voor meer (kans op) NH₃. Verder geldt voor boxenstrooisel dat bij toepassing van kalk de theoretische mogelijkheid aanwezig is van verhoogde gasvorming, vanwege het basische karakter van kalk waardoor de zuurgraad van de (toplaag van de) mest kan worden beïnvloed. Dit vergt nadere aandacht en nader onderzoek.

Hoogte mest in kelder en schuimvorming

De productie van NH₃ is vooral een oppervlakteproces, zodat meer NH₃ wordt gevormd bij een groter oppervlak van de mestkelder. De productie van CH₄ en H₂S zijn vooral afhankelijk van de hoeveelheid opgeslagen mest. Daarom neemt de concentratie van deze gassen in de mestkelder vooral toe in de loop van het stalseizoen en worden dan ook de meeste problemen met schuimvorming waargenomen aan het einde van het stalseizoen. Metingen aan schuim in enkele stallen tijdens het eerder genoemde onderzoek van Monteny wezen uit dat het gevormde schuim betrekkelijk zuur was (pH op of iets onder 7; mengmest heeft in het algemeen een pH van 8 of hoger en is dus relatief basisch), waarbij in het schuim nauwelijks NH₃ werd

gemeten. Echter, bij het doorboren van de schuimlaag met de monsternamebuis van de sensor ontstonden kortdurend zeer hoge waarden (>> 20 ppm H₂S en >> 10%LEL CH₄; Monteny, persoonlijke mededelingen). Dit duidt erop dat schuimbestrijding daarom een risicovolle handeling is, hetgeen meer onderzoek vergt.

Onderzoek van Starmans *et al.* (2009) naar het ontstaan van en oplossingen voor schuimvorming in kelders van melkveestallen toonde aan dat het probleem van schuimvorming over het laatste decennium groter is geworden en dat tevens nog geen afdoende oplossing gevonden is tegen het schuimprobleem. Het probleem van schuimvorming treedt op over het gehele spectrum kelderdieptes. Echter, bij putten dieper dan 2 m werden meer en vaker schuimproblemen gemeld. De middelen die gebruikt worden om schuimvorming tegen te gaan zijn volstrekt ontoereikend als oplossing voor de lange termijn. Herhaalde applicatie is nodig om het schuimprobleem het hoofd te kunnen bieden. Dit maakt deze middelen te duur voor toepassing in de praktijk. Daarnaast zijn de meest perspectiefvolle schuimbestrijdingsmaatregelen: 1) optimalisatie rantsoen, 2) rondpompen van mest en 3) beluchten met perslucht.

Temperatuur mest

De temperatuur van de mest wordt beïnvloed door veel factoren, waaronder het weer, de grondwaterstand en de ondergrond. De grondwaterstand kan mogelijk invloed hebben op de gasvorming doordat het de temperatuur van de mest kan beïnvloeden. Een diepere grondwaterstand zal minder zorgen voor 'koeling' van de kelder en de mest, en een hogere temperatuur zorgt dat er meer gasvorming is in de kelder. De ondergrond zou mogelijk invloed kunnen hebben op de gasvorming in de kelder dit omdat de ene grondsoort vochtiger is en/of meer warmte door laat dan de andere. Hierdoor kan de mest eerder opwarmen en zo meer gas produceren. Starmans *et al.*, (2009) geven aan dat globaal gesteld kan worden dat chemische processen twee keer zo langzaam gaan bij elke 10 graden daling in temperatuur en dat dit ook zal gelden voor de gasvorming uit mest. Dit betekent bijvoorbeeld dat bij warme zomers de risico's met mestgassen groter zullen zijn dan in de winter, bij gelijke mesthoeveelheden in de kelder.

3.

Mogelijkheden voor beperking van risico's met mestgassen

Antea Group (2021) kwam tot een advies om veiligheid meenemen in de stal-beoordelingsprocedure, een verplichtende toets op de Risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) voor melkveestallen. Verder kunnen bruikbare en toepasbare checklists opgesteld worden waarmee het boerenbedrijf zelf inzicht kan krijgen in de risico's en wordt gepleit voor een landelijke communicatiestrategie.

Achtergrondinformatie en een e-learning-module op www.mestgassen.nl zijn reeds beschikbaar, maar worden mogelijk nog niet algemeen gebruikt. Ook de website van Stigas geeft bruikbare informatie over risico's van mestgassen en het verminderen ervan. Tenslotte komt Cumela op haar website met concrete richtlijnen voor de melkveehouder (www.cumela.nl, maart 2016) bij het mixen in de stal:

- Mix alleen bij voldoende wind (minimaal windkracht 3).
- Zorg voor voldoende ventilatie door de deuren van de stal en het windbreekgaas wijd open te zetten. Zet hoeken af waar geen frisse lucht kan komen.

- Mix alleen wanneer de dieren buiten zijn of vast staan aan het voerhek.
- Mix nooit als er kinderen in de buurt zijn. Waarschuw volwassenen.
- Betreed nooit alleen en nooit zonder onafhankelijke ademlucht de kelders of andere ruimten waar mogelijk schadelijke concentraties mestgassen heersen, zeker niet bij calamiteiten.
- Regelmatig mixen vermindert ophoping van gassen.

Een veel gehoord advies is het niet uitvoeren van activiteiten uit op de roostervloer waar vonken bij kunnen ontstaan. Is het risico op vonken naar de kelder niet te voorkomen (zoals bijvoorbeeld bij uiers branden, klauw bekappen of reparatiewerkzaamheden aan de mestschuif), dan is het raadzaam om te kiezen voor een (tijdelijke) afdichting van een deel van de vloer met een rubberen mat (bron: boerveilig.com).

Door Antea Group (2021) wordt geadviseerd om nader onderzoek uit te voeren naar een aantal aspecten waaronder "schuimvorming" en "ventilatiemogelijkheden in relatie tot de hoeveelheid gevaarlijke stoffen in de stal". Ook periodiek mixen verdient aandacht, mechanisch/elektrisch of via (bellen-)beluchting. Op het gebied van milieu en veiligheid zijn positieve resultaten te verwachten van het frequent mixen van drijfmest maar is onduidelijk hoe groot deze effecten zijn en of de methode van mixen (mechanisch of met een luchtmixsysteem) een doorslaggevende invloed op deze effecten heeft (Van Dooren *et al.*, 2020). Er zijn aanwijzingen dat het frequent kort beluchten van de mest de emissies van o.a. methaan en ammoniak kan verminderen, op een effectievere manier dan met de mestmixer. Het is nog onbekend of andere mengtechnieken, zoals mixen door het rondpompen van

mest (gebruikelijk in Nederland) vergelijkbare resultaten geeft (WUR, persoonlijke mededelingen).

Ook mestbehandeling wordt genoemd als mogelijkheid om de vorming van mestgassen te voorkomen. Van (organische en anorganische) zuren is bekend dat deze bij gebruik ervan om mest aan te zuren resulteren in een verminderde microbiële activiteit (Starmans *et al.*, 2009) en dus van de vorming van mestgassen.

Van der Knaap (2019), noemt de uit de watertechnologie afkomstige 'grander'-vitaliser als veelbelovende optie. En ook sommige andere mestadditieven claimen te resulteren in minder mestgassen. Deze oplossingsrichtingen verdienen nader onderzoek.

Tenslotte kan een relatief betaalbaar H₂S veiligheidssysteem helpen als 'ealy warning' voor dit mestgas (Timmerman, 2016).

Mestgassen vormen een risico in veestallen voor mens en dier. Het gaat dan met name om H₂S (bedwelming) en CH₄ (brand, explosie), maar ook CO₂ en NH₃ zijn van belang, evenals mogelijk HCN. Door ZuivelNL is aan I-VEE en BoerVeilig budget beschikbaar gesteld voor nader onderzoek gedurende een periode van 2 jaar, met deze literatuurstudie als een startpunt. Het accent ligt daarbij op melkveestallen.

Eerder uitgevoerde, verkennende metingen in kelders onder diverse typen stalvloeren onder 'stationaire' omstandigheden lijkt niet te leiden tot het ontstaan van risicovolle, gevaarlijke situaties in mestkelders, onafhankelijk van het type stalvloer. Echter continue keldergasmetingen in 2 melkveestallen wezen uit dat vooral bij mixen de kans hierop zeer aanzienlijk toeneemt, zowel bij de traditionele roosters als bij een emissiearme vloer. Naast vloertypen en mestmixen zijn rantsoen, boxstrooisel, mesthoogte (kelderdiepte), temperatuur en schuimvorming mogelijke invloedsfactoren, waarbij schuimvorming vaak een resultaat is van de productie van mestgassen.

Voor het voorkomen van risico's en gevaren van mestgassen zijn o.a. e-learningstrainingen beschikbaar. Daarnaast is het advies om bij mestmixen, mestladen en andere vergelijkbare werkzaamheden ervoor te zorgen dat dit plaatsvindt bij voldoende stalventilatie. Het niet uitvoeren van activiteiten uit op de rooster-vloer waar vonken bij kunnen ontstaan, is een ander veelgehoord advies. Tevens kunnen de risico's door regelmatig(-er) mixen of bellenbeluchting worden beperkt. Ook het gebruik van additieven zou kunnen bijdragen, maar dit is minder zeker.

Samenvatting en conclusies

Literatuur

R. Cranendonk, 2021. Eindschrijft risico's mestgassen in de melkveestallen, CLM-rapport, Culemborg.

Antea Group, 2011. Veiligheid van emissiearme stalvloersystemen in melkveehouderijen. Eindrapport projectnummer 0460201.100, Maastricht, 96 pp.

C.C.A. Schep, H.J.C. van Dooren, P.W.G. Groot Koerkamp en N.W.M. Ogink, 2022. Using slurry pit headspace gas concentrations to quantify pit ventilation rate in a dairy house. Comparison between a closed and slatted floor. *biosystems engineering* 223 (2022) 206 -218.

E.van Well, J.Keuskamp, I. Spijkerman en G.J.Monteny, 2021. Keldermetingen methaan- en ammoniakconcentraties. CLM-publicatienr.1086, Culemborg, december 2021.

Dooren, H.J.C. van, S. Bokma, N.W.M. Ogink. 2022. Effect van frequent mixen van drijfmest op de ammoniakemissie bij melkvee; Onderzoek op Dairy Campus. Wageningen Livestock Research, Rapport 1170.

D.A.J. Starmans K. Blanken G.C.C. Kupers M. Timmerman, 2009. Schuimvorming op mest – Deel 2: Melkvee Rapport 288.

J. Middelkoop, 2014. 'Mest- en silogassen geen prioriteit op agrarische scholen' Het gaat nog veel te vaak mis. Veeteelt, oktober 2014.

J. Middelkoop, 2017. Mestgassen en stalbranden Risico's in de praktijk Vereniging van Brandveiligheidsexperts 15 november 2017.

P. van der Wolf, G. Counotte en E. Onis, 2013. Het gevaar van stalgassen. GD Varken, juni 2013

M. Timmerman, 2016. Mestgassen uit melkveemest: jaarrond metingen van H₂S-concentraties. Wageningen Livestock Research, Rapport 1002.

A. van der Knaap, 2019. Mestgassen-prima-aan-te-pakken-bij-de-bron/ (V-focus.nl/2019/03/20.



Stichting I-VEE
Hondsbosserdijk 5
5575 XE Luyksgestel
office@i-vee.nl
+31 (0) 85 3019700