



**Omgevingsdienst**  
**TWENTE**

**Ongeval melkrundveestal  
met emissiearme vloer  
te Markelo**

28 mei 2019  
Versie 2.1

**OD Twente**  
Haven Zuidzijde 30  
7607 EW Almelo  
Postbus 499  
7600 AL Almelo

**KVK 71101241**  
**BTW NL858579509B01**  
**IBAN NL48 BNGH 028 5175 416**  
**BIC BNGHNL2G**

Opdrachtgever:	Gemeente Hof van Twente, mevrouw HAM Nauta-van Moorsel
Opdrachtnemer:	Omgevingsdienst Twente, de heer JW Strebus
Verantwoordelijk manager:	Henk Richters/Martijn Luikens
Projectcoördinator:	Wendy Bent – de Bont
Toezichthouder Milieu:	Gerrit Stobbelaar
Vergunningverlener Milieu:	Fidel Maathuis
Trainee:	Torben Vorgers

## Samenvatting

Op vrijdag 22 februari 2019 heeft aan de Enterbroekweg 3 te Markelo in gemeente Hof van Twente een ongeval plaatsgevonden in een in sinds 2017 nieuw gebouwde melkrundveestal met een emissiearme vloer. In het brandonderzoeksbulletin van de Brandweer wordt verklaard dat: als gevolg van het mengen van de mest een explosief mengsel is ontstaan, die ter hoogte van de vloer tot een explosie heeft geleid. Door de grote steekvlam en de drukgolf die hierop volgden, zijn op verschillende plaatsen in de stal vloerdelen ingestort en verschoven. De exacte ontstekingsbron is niet vastgesteld, maar elektrische apparaten (e.g. mestrobot) of menselijk handelen kunnen niet worden uitgesloten.

Om meer te weten te komen over de achtergrond van de betreffende melkrundveestal is gekeken of het bedrijf voldoet aan de geldende wet- en regelgeving. Hieruit komt naar voren dat de ligboxstal voldoet aan alle gestelde wetten en eisen. Op 31 maart 2016 is de Omgevingsvergunning activiteit bouwen verleend, ook is voldaan aan de eisen voor ammoniakreductie volgens het Besluit emissiearme huisvesting uit het Activiteitenbesluit milieubeheer. De ligboxstal is uitgevoerd met een emissiearme vloer van het type BWL2010.36.V4, waarbij gebruik wordt gemaakt van een mestrobot om de mest te schuiven.

Om te onderzoeken welke factoren hebben meegespeeld om een dergelijk ongeval te veroorzaken is een analyse van verzamelde informatie uitgevoerd. Hieruit komt naar voren dat door nieuwe ontwikkelingen binnen de melkrundveehouderij het aantal factoren die de brandveiligheid in het geding kunnen brengen, is vergroot. Zo blijkt dat er een vergrote kans is op stalbranden, door: 1. Kortsluiting, defecten en oververhitting van (elektrische) apparatuur, 2. Brandgevaarlijke werkzaamheden in de stal en 3. Langdurige opslag van mest. Vooral een combinatie van deze factoren kan leiden tot brand- en explosiegevaar.

Om meer te begrijpen over explosie- en brandgevaar in een melkrundveestal, is gekeken naar de verschillende mestgassen<sup>1</sup> die in de stal aanwezig zijn en hoe deze zich tot een explosief mengsel kunnen vormen. Deze situatie doet zich bijvoorbeeld voor tijdens het mixen van de mest. Door beweging in de mest komen alle mestgassen vrij. De zwaardere gassen worden door het mixen boven de mest gebracht en de lichtere gassen, samen met de aanwezige zuurstof, komen door de dichte vloer in de verdrukking. Onder de vloer wordt de druk en de concentraties aan mestgassen vervolgens hoger, waardoor zij een bepaalde explosiegrens bereiken. Indien hier warmte bij komt ontstaat er een explosie.

---

<sup>1</sup> Methaan, kooldioxide, waterstofsulfide, ammoniak en in sommige gevallen blauwzuurgas

In de verzamelde informatie wordt veel gesproken over de gevaren van het werken in een melkrundveestal. We zien dat wetgeving gericht is op beperking van milieugevolgen óf op veiligheidsaspecten. Er wordt afstemming tussen de verschillende wetgeving gemist. Hierdoor wordt het potentieel gevaar van emissiearme stallen wellicht niet voldoende meegenomen in het ontwerp. Er zijn voldoende veiligheidsvoorschriften voor handen om veilig te werken en om daarmee een brand of explosie te voorkomen. Deze worden echter niet door de agrariërs voldoende in acht genomen. Mogelijk dat betere of veelvuldige voorlichting en/of het verplicht stellen van deskundigheidsbevordering op dit gebied, hier verandering in kan brengen.

Als we de verzamelde informatie, onze bevindingen uit het veldonderzoek en de bevindingen van de brandweer bij elkaar in ogenschouw nemen, kunnen we een voorzichtige reconstructie maken van het ongewone ongeval<sup>2</sup>.

1. Zo kunnen wij vaststellen dat er al geruime tijd vóór het ongeval sprake is geweest van veel schuim op de mest.
2. We weten uit de literatuur en ons veldonderzoek dat in dit schuim veel mestgassen zitten opgesloten.
3. Door het mixen gaat de schuim kapot en komt er in één keer een grote hoeveelheid mestgassen vrij.
4. De vrijgekomen mestgassen hebben zich in dit geval mogelijk tot een concentratie gevormd die het LEL (Lower Explosion Level) heeft bereikt.
5. Omdat lichtere gassen o.a. het methaangas (CH<sub>4</sub>) de neiging heeft om naar boven te gaan, zal in dit geval het methaangas ontsnapt zijn door kieren en open mixput.
6. Het was nagenoeg windstil waardoor de concentratie methaangas zich niet snel genoeg heeft verspreid.
7. Een aanwezige ontstekingsbron heeft het gas doen ontvlammen. De ontstekingsbron hebben we niet met zekerheid kunnen vaststellen. Wat we wel kunnen vaststellen is dat in de stalruimte meerdere elektrische apparaten aanwezig zijn en dat deze dicht bij de mixput zijn gelokaliseerd. Het werken met een trekker voor de open mixput brengt eveneens dit risico met zich mee.
8. Door de ontstane steekvlam boven de vloer zijn de lager liggende (zwaardere) gassen onder de vloer ontvlamd en hebben een kettingreactie veroorzaakt in de schuimlaag. Onder de dichte vloer heeft dit geleid tot toenemende druk met een explosie tot gevolg.
9. Omdat we hier te maken hebben met een dichte loopvloer kon de druk niet weg en heeft de explosie enkele vloerelementen opgetild die in de mestput zijn gevallen.
10. In de chaos die daarop ontstond, zijn meerdere koeien in de mestput terechtgekomen.

---

<sup>2</sup> Met klem stellen wij dat de inhoud hiervan niet gebruikt kan worden om aansprakelijkheid vast te stellen.

### Aanbevelingen

Wij bevelen de gemeente Hof van Twente aan om aanvullende voorschriften op te nemen bij de vergunningverlening. Tevens is aandacht en bewustwording voor dit onderwerp bij zowel agrariërs als in de politiek belangrijk. Bij het ontwerpen van nieuwe maatregelen (bv Activiteitenbesluit) zouden wij graag zien dat er een betere afweging is tussen de maatregelen voor milieu en die voor de veiligheid voor mens en dier. Tevens merken wij op dat op een aantal aspecten meer verdieping nodig is, maar bovenal verbinding van alle reeds bekende conclusies uit onderzoeken.

## Inhoud

Samenvatting.....	3
Inhoud .....	6
1 Aanleiding onderzoek .....	7
1.1 Probleem- en doelstelling .....	7
1.2 Onderzoeksopdracht .....	7
1.3 Afbakening van het onderzoek.....	7
1.4 Opbouw rapport.....	8
2 Toedracht en omstandigheden ten tijde van het ongeval .....	9
3 Wetgeving agrarische inrichting .....	10
3.1 Wet Milieubeheer (Wm) .....	10
3.2 Woningwet.....	10
3.3 Arbowet .....	11
4 Vergunningen agrarische inrichting.....	12
4.1 Activiteitenbesluit Milieubeheer.....	12
4.2 Omgevingsvergunning activiteit bouwen.....	13
5 Analyse informatiebronnen .....	14
5.1 Inrichting melkrundveestallen .....	14
5.2 Brandrisico's .....	14
5.3 Gevaren van mestgassen.....	15
5.4 Brand of explosie (LEL) .....	16
5.5 Preventieve maatregelen.....	17
5.6 Vergelijkbare Casussen.....	17
6 Veldonderzoek agrarische bedrijven .....	19
6.1 Metingen.....	19
6.2 Inventarisatie en interviews.....	19
6.3 Aandacht voor preventieve maatregelen.....	20
7 Conclusie en aanbevelingen .....	22
7.1 Conclusie.....	22
7.2 Aanbevelingen voor de gemeente Hof van Twente.....	23
7.3 Overige aanbevelingen.....	24
8 Bibliografie.....	25

## 1 Aanleiding onderzoek

### 1.1 Probleem- en doelstelling

Op vrijdag 22 februari 2019 heeft aan de Enterbroekweg 3 te Markelo in gemeente Hof van Twente een ongeval plaatsgevonden in een in 2017 nieuw gebouwde melkrundveestal met een emissiearme vloer. Bij het ongeval zijn in totaal 30 koeien omgekomen. Ze stonden op een betonnen vloer waaronder zich een mestkelder bevindt. Tijdens het mixen van de mest is er een explosie ontstaan van de mestgassen. De vloer is hierdoor deels ingestort en ontzet en in de chaos die daarop ontstond, zijn meerdere koeien in de mestput terecht gekomen.

De gemeente Hof van Twente is direct een onderzoek gestart, omdat het een ongeval betreft van grote omvang in een nieuwe stal. Met het onderzoek wil de gemeente Hof van Twente achterhalen hoe dit ongewoon ongeval heeft kunnen plaatsvinden. Hiermee geeft de gemeente uitvoering aan artikel 17.3 lid 2 en 3 van de *Wet milieubeheer* (Wm). In dit artikel is geregeld dat het bevoegd gezag verplicht is om gegevens rondom voorvallen te verzamelen, analyseren en de oorzaken te achterhalen. Om herhaling te voorkomen kan het bevoegd gezag hierop gerichte aanbevelingen doen, de omgevingsvergunning wijzigen of voorschriften stellen in een beschikking.

### 1.2 Onderzoeksopdracht

De volgende onderzoeksopdracht is door de gemeente Hof van Twente bij de Omgevingsdienst Twente neergelegd: *“Gezien de taken van de Omgevingsdienst Twente lijkt het ons voor de hand liggen dat de Omgevingsdienst Twente regie neemt in deze casus en onderzoek doet naar het aantal vergunde vloeren en de nu lopende onderzoeken door onder meer LTO en de reeds gedane onderzoeken door de Brandweeracademie”*.

### 1.3 Afbakening van het onderzoek

Het onderzoek kent de volgende afbakening:

- Het onderzoek richt zich enkel op het ongeval en de oorzaken die deze mogelijk hebben veroorzaakt in de nieuw gebouwde melkrundveestal aan de Enterbroekweg 3 te Markelo.
- Ten behoeve van het onderzoek worden bij 22 agrarische bedrijven met een eenzelfde of vergelijkbaar type stal, waar een emissiearme vloer is geïnstalleerd, aspectcontroles uitgevoerd (PDC product 2.4).
- Alle onderzoeken vinden binnen de gemeente Hof van Twente plaats.

### 1.4 Opbouw rapport

In hoofdstuk 2 geven we een korte beschrijving van de situatie, zoals deze door de brandweer op 22 februari jl. ten tijde van het ongeval is aangetroffen. Vervolgens gaan we in hoofdstuk 3 en 4 in op de belangrijkste wet- en regelgeving die geldt om een agrarisch bedrijf in werking te stellen dan wel om daarbinnen te werken. Doel is om te bezien of hierin maatregelen zijn opgenomen die men in acht moet nemen ter voorkoming van een vergelijkbaar ongeval. In hoofdstuk 5 is nadere informatie verzameld van reeds uitgevoerde literatuuronderzoeken en websites van experts en instanties. Daarnaast is gekeken naar vergelijkbare casussen. De verzamelde informatie geeft ons inzicht in factoren die mee kunnen spelen om een dergelijk ongeval te veroorzaken. Eventuele aandachtspunten kunnen wij meenemen in ons veldonderzoek die in hoofdstuk 6 is beschreven. Het betreft een veldonderzoek bij 22 agrarische bedrijven binnen de gemeente Hof van Twente die eenzelfde of vergelijkbare type stal met emissiearme vloer hebben geïnstalleerd. Het veldonderzoek geeft samen met de verzamelde informatie inzage in de aanwezige risico's op herhaling. Tenslotte worden in hoofdstuk 7 de belangrijkste bevindingen en conclusies gegeven zodat de gemeente Hof van Twente uitvoering kan geven aan artikel 17.3, lid 2 en 3 Wm. Daarnaast stellen wij voor om te komen tot verdieping en verbinding van de genoemde factoren, opdat aandacht voor veiligheid in de melkrundveestallen hoger op de agenda komt te staan.



## 2 Toedracht en omstandigheden ten tijde van het ongeval

Brandweer Twente beschrijft in een eigen brandonderzoeksbulletin<sup>3</sup> dat de aard van het ongewone voorval een explosie is geweest, die waarschijnlijk veroorzaakt is door de aanwezige mestgassen in combinatie met een onbekende ontstekingsbron.

Ten tijde van het ongeval heeft de agrariër verklaard dat hij de mest in de mestput aan het mixen was om het mengsel homogeen te maken voor het uitrijden over het land. Verder heeft de agrariër verklaard dat:

- De mestput een diepte heeft van 2,5 meter en tot circa 2 meter gevuld was met mest.
- De melkrundveestal voor 70% geopend en natuurlijk geventileerd was.

De brandweer geeft op basis hiervan aan dat als gevolg van het mengen van de mest een explosief mengsel is ontstaan wat ter hoogte van de vloer. In combinatie met een ontstekingsbron heeft dit mengsel geleid tot een steekvlam met daaropvolgend een explosie. Door de explosie en drukgolf die hierop volgden, zijn op verschillende plaatsen in de stal vloerdelen ingestort en verschoven. Brandweer Twente stelt de exacte ontstekingsbron niet vast, maar elektrische apparaten (e.g. mestrobot) of menselijk handelen kunnen niet worden uitgesloten.



Afbeelding 1a: Brandweer en politie ter plaatse



Afbeelding 1b: Stal na de explosie

<sup>3</sup> De brandweer heeft toestemming gegeven voor de publicatie onderdelen uit het bulletin, maar stelt nadrukkelijk dat de inhoud hiervan niet gebruikt kan worden om de aansprakelijkheid vast te stellen.

### 3 Wetgeving agrarische inrichting

Er bestaat verschillende wet- en regelgeving waaraan een agrarische inrichting moet voldoen om in werking gesteld te worden en om daar veilig in te werken. In dit hoofdstuk vatten wij samen wat daarover vermeld wordt en in het bijzonder kijken we naar de brandveiligheid van dierenverblijven. De meest relevante wetgeving met betrekking tot deze casus zijn hierin verwoord.

#### 3.1 Wet Milieubeheer

De *Wet Milieubeheer (Wm)* en het daaruit voortvloeiende *Activiteitenbesluit en Activiteitenregeling Milieubeheer* stellen geen specifieke eisen aan de brandveiligheid van dierenverblijven.

Voor het opslaan van mest zijn de regels van toepassing uit het *Besluit Emissiearme huisvesting*. Dit besluit is in augustus 2015 in werking getreden. Hierin zijn de verlaagde maximale emissiewaarden van ammoniak voor melk- en kalfkoeien vastgelegd. Deze nieuwe waarden gelden in het geval van nieuwbouw of uitbreiding van bestaande stallen. Als best beschikbare techniek (BBT) wordt aangestuurd op de installatie van een dichte emissiearme vloer om de ammoniakreductie te kunnen realiseren. De betreffende agrariër heeft aan al deze voorwaarden voldaan.

#### 3.2 Woningwet

*Art. 1a Woningwet* begint met een zorgplicht voor een bouwwerk, open erf of terrein. De primaire verantwoordelijkheid voor de brandveiligheid ligt bij de eigenaar en gebruiker van het bouwwerk, in dit geval een rundveestal. Het bouwwerk moet in goede conditie worden gehouden. *Art 1.16 Bouwbesluit 2012* breidt deze zorgplicht uit, zodat deze ook geldt voor de aanwezige installaties.

Een melkrundveestal bestaat uit verschillende ruimtes die tezamen als één brandcompartiment wordt gezien volgens het Bouwbesluit. Aanvullend beschrijft het Bouwbesluit brandveiligheidseisen voor het houden van dieren. Zo stelt *Art. 2.83 Bouwbesluit* dat bij nieuw- en verbouw iedere technische ruimte een afzonderlijk brandcompartiment moet zijn met een weerstand van tenminste 60 minuten tegen branddoorslag en brandoverslag. In de technische ruimte zijn o.a. de volgende installaties te vinden: de meterkast voor elektra en gas, vacuümpomp melkkoelinstallaties, en boilers voor de warmwatervoorziening.

### 3.3 Arbowet

De *Arbowet* is meer gericht op het brandveilig werken binnen de veestallen. In de *Arbo catalogus sector melkvee en graasdieren*<sup>4</sup>, wordt aandacht besteed aan het brand- en explosiegevaar van mestgassen. Deze gassen verdringen zuurstof waardoor er een levensgevaarlijke situatie kan optreden. Er wordt gewaarschuwd voor pieken die ontstaan bij bijvoorbeeld het mixen van de mest, waardoor de koek (mestschuim) op de mest breekt en mestgassen vrijkomen die dodelijk kunnen zijn.



Afbeelding 2: Mestschuim op de mest.

De aanwezige gassen zijn brandgevaarlijk en kunnen een explosie veroorzaken. Plaatsen die extra gevaar opleveren zijn de besloten ruimtes in bijv. de mestkelder (de onderkelderde stalvloer), maar ook de directe omgeving van de mixgaten, silo-openingen, mangat van de tankwagen, de stalruimte tijdens het mixen, de lager gelegen putten zoals de melkstalput en de trekker-cabine. Door luchtstromingen kunnen gassen zich, tijdens het mixen bij nagenoeg windstilte, in deze ruimtes ophopen. In de *Arbocatalogus* worden enkele maatregelen genoemd waardoor het werken met mestgassen veiliger wordt. Eén van die maatregelen is om bij het ontwerpen van dierenverblijven met een dichte stalvloer, te kiezen voor een bovengrondse mestopslag<sup>5</sup>.

In de *Arbo-catalogus sector melkvee en graasdieren* wordt verder genoemd dat elektrische installaties dienen te voldoen aan de *NEN-normen*, in het bijzonder de NEN 1010 en NEN 3140. Deze NEN normen stellen dat elektrische installaties deugdelijk aangelegd, onderhouden en periodiek geïnspecteerd moeten worden.

Er worden geen nadere eisen gesteld aan elektrische apparatuur die voorzien zijn van een oplaadstation. In de *Arbocatalogus sector bloembollen* is hierover opgenomen dat de oplaadstations van heftrucks vonkvrij dienen te zijn.

<sup>4</sup> Arbocatalogus. (2019, 04 18). Opgehaald van <https://agroarbo.nl/catalogus/mestgassen/>

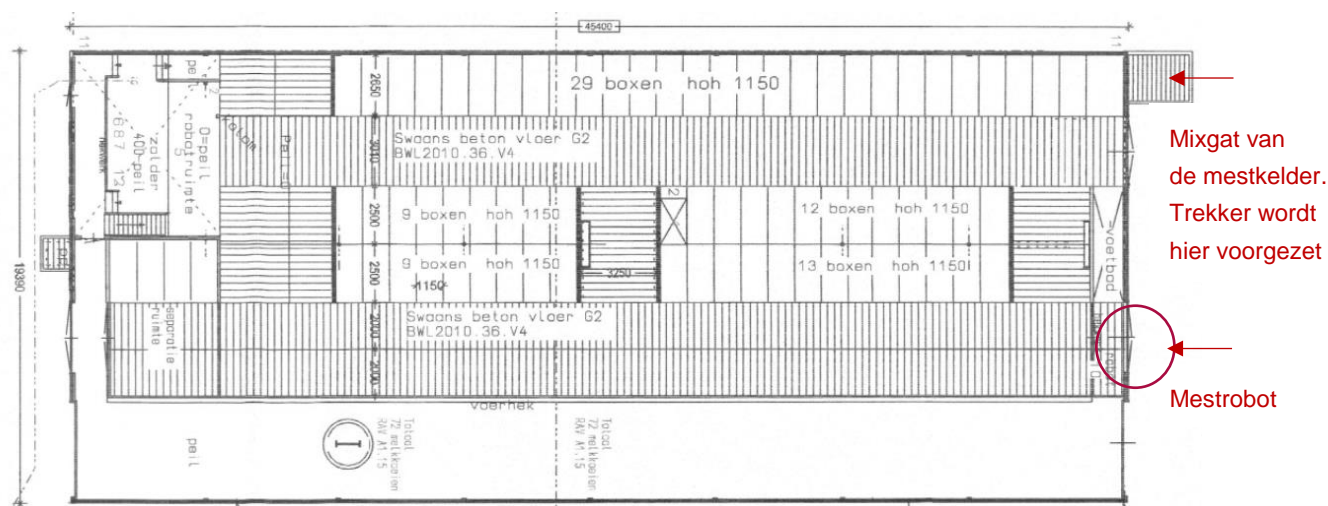
<sup>5</sup> Zie link: <https://agroarbo.nl/sector-to-pdf.php?generate=1&pid=777>

## 4 Vergunningen agrarische inrichting

In dit hoofdstuk kijken we naar de vergunningen die aangevraagd en verleend zijn voor de bouw van de nieuwe ligboxstal. De gemeente neemt op basis van de aangeleverde stukken een besluit of de agrariër voldoet aan de geldende eisen.

### 4.1 Activiteitenbesluit Milieubeheer

Op 9 december 2015 ontving de gemeente Hof van Twente een *Melding Activiteitenbesluit* voor het bouwen van een nieuwe ligboxenstal (zie afbeelding 3).



Afbeelding 3: Plattegrond Ligboxstal met emissiearme vloer

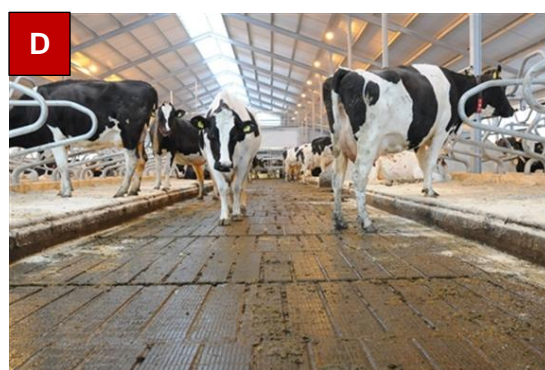
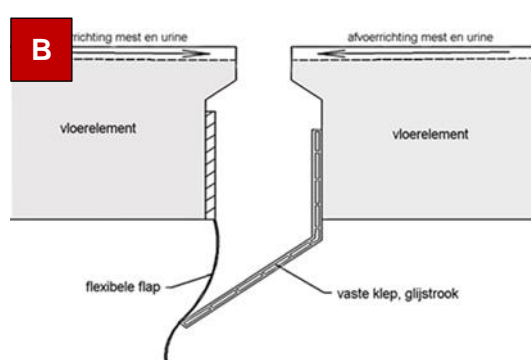
De agrariër heeft bij de melding alle gegevens aangeleverd die voor de gemeente nodig zijn om een goede inschatting te maken van de belasting van het bedrijf op zijn omgeving. Zo wordt in dit specifiek geval gekeken naar de uitstoot van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) dat een belasting is op het milieu. In het *Besluit emissiearme huisvesting* (Wm) zijn de maximaal toegestane ammoniakemissies voor diervverblijven van melk- en kalfkoeien vastgelegd.

De agrariër heeft in deze nieuwe ligboxenstal gekozen voor een emissiearm stalsysteem van het type BWL2010.36.V4. Hij realiseert hiermee een gereduceerde emissiefactor van 10,3 kg  $\text{NH}_3$  per dierplaats per jaar, welke onder de maximaal toegestane ammoniakemissie valt van 11 kg  $\text{NH}_3$ .

Om de emissiereductie te realiseren moet een emissiearme vloer voldoen aan de volgende kenmerken:

- versneld afvoeren van urine naar de mestkelder of mestopslag door specifieke vloeruitvoering (Afbeelding A);

- beperken luchtuitwisseling tussen de stal en de kelder door maatregelen in de roosterspleten en bij de mestafstorten (Afbeelding B);
- beperken mest en urine op de vloer door regelmatig schoon schuiven met een mestschuif of mestrobot (Afbeelding C). De betreffende agrariër maakt gebruik van een mestrobot (zie ook afbeelding 3);
- beperken mestbesmeurd oppervlak per koe (Afbeelding D).



Afbeelding 4a t/m 4d: Onderdelen van een emissiearme vloer ten behoeve van de ammoniakreductie

### 4.2 Omgevingsvergunning activiteit bouwen

Door de verschuiving van brandveiligheidsmaatregelen van het *Activiteitenbesluit* richting het *Bouwbesluit 2012* is ook de *omgevingsvergunning activiteit bouwen* bekeken.

De aanvraag voor deze omgevingsvergunning is ontvangen op 18 december 2015 en de vergunning is verleend op 31 maart 2016. De eindcontrole is uitgevoerd op 9 januari 2018 en vrijgegeven voor gebruik.

In de *Omgevingsvergunning activiteit bouwen* worden geen specifieke en/of aanvullende brandveiligheidsvoorschriften opgelegd. In het *Bouwbesluit* is opgenomen dat de voorzieningen voor het afnemen en gebruiken van energie binnen bouwwerken, veilig dienen te zijn en dat een voorziening voor elektriciteit moet voldoen aan de NEN 1010 normen.

## 5 Analyse informatiebronnen

Er is informatie verzameld uit reeds afgeronde literatuur en er is informatie gebruikt van websites, experts en instanties die hun expertise en kennis over stalbranden in melkrundveestallen delen<sup>6</sup>. Omdat door nieuwe maatregelen in het *Activiteitenbesluit* aangestuurd wordt op het installeren van een emissiearme vloer, hebben we tevens aandacht besteed aan de rol die zo'n emissiearme vloer heeft bij een brand of explosie in een melkrundveestal. De aandachtspunten die in dit hoofdstuk naar voren komen, worden meegenomen in het uit te voeren veldonderzoek (hoofdstuk 6).

### 5.1 Inrichting melkrundveestallen

Melkrundveestallen zijn relatief open en natuurlijk geventileerd. Deze natuurlijke ventilatie kan ondersteund worden door ventilatoren voor extra luchtbeweging. Vrijwel alle melkrundveestallen zijn volledig onderkelderd en uitgevoerd met diepe mestkanalen voor langdurige opslag van mest. De mestkelders zijn voorzien van een mixmogelijkheid. In de meeste stallen ligt er nog een roostervloer, waardoor urine en mest van de dieren direct in de mestput terecht komt. Door de verplichting tot vermindering van ammoniakemissie worden er steeds vaker emissiearme vloeren toegepast. De laatste ontwikkeling betreft geheel dichte vloeren, waarbij mest naar een opening in de mestput geschoven wordt.

In het onderzoeksrapport van de brandweer komt naar voren dat binnen rundveestallen met toenemende mate, buiten de technische ruimte, gebruik wordt gemaakt van elektrische installaties. Zo kunnen krachtvoerboxen en de melkstal elektrisch worden aangestuurd en zie je ook steeds vaker dat er mestrobots worden ingezet. Tevens wordt opgemerkt dat apparatuur 24 uur per dag in bedrijf is in plaats van enkele uren overdag waardoor er minder aanwezigheid en toezicht van personeel op deze apparatuur is.

### 5.2 Brandrisico's

Ten opzichte van andere type stallen kenden melkrundveestallen in het verleden eigenlijk relatief weinig risico's op het gebied van brandveiligheid. Er werden in de stal weinig tot geen brandbare materialen gebruikt (o.a. geen dakisolatie); er waren geen tot weinig elektrische installaties aanwezig en er was goede natuurlijke ventilatie aanwezig.

Echter door allerlei nieuwe ontwikkelingen binnen de melkrundveehouderij zijn een aantal belangrijke factoren bijgekomen die de brandveiligheid in het geding kunnen brengen. De belangrijkste oorzaken die deze kans vergroten, zijn:

1. Kortsluiting, defecten en oververhitting van (elektrische) apparatuur.

---

<sup>6</sup> O.a.: Universiteit Wageningen (Wur), Univé, de Brandweeracademie, Infomil, mestgassen.nl, ministerie van economische zaken, Stigas en vele andere experts en instanties. Zie hiervoor hoofdstuk 8.

2. Brandgevaarlijke werkzaamheden in de stal.
3. Langdurige opslag van mest.

Vooraf een combinatie van bovenstaande factoren kan leiden tot brand- en explosiegevaar. Zo zal bijvoorbeeld door langdurige opslag van mest meer methaan (CH<sub>4</sub>) worden gevormd dat door (menselijk) handelen, zoals slijp- of laswerkzaamheden, tot ontbranding kan komen. De explosie die dan volgt, kan leiden tot het instorten van de stalvloer.

Het door het Ministerie van Economische Zaken ingestelde onderzoek naar stalbranden<sup>7</sup> heeft aangetoond dat kortsluiting of defecten aan elektrische voorzieningen, maar ook de werkzaamheden in de stal, als de meest voorkomende oorzaken worden aangewezen van stalbranden. Daarnaast valt volgens dit onderzoek op dat bij 25% van alle nieuwbouw veestallen één of meerdere fouten aanwezig zijn in de aanleg (procesautomatisering) van elektriciteit en installaties.

### 5.3 Gevaren van mestgassen<sup>8</sup>

Over het algemeen is in de agrarische sector bekend dat mest en mestgassen een gevaar op kunnen leveren. Het gaat dan om de gevaarlijke gassen: methaan, kooldioxide, waterstofsulfide, ammoniak en in sommige gevallen blauwzuurgas. Toch blijkt in de praktijk dat deze gevaren regelmatig onderschat worden met ongevallen tot gevolg. Een groot gevaar van deze gassen is dat ze niet alleen opstijgen, maar dat onder de mest op de bodem van de mestput een laag gevormd wordt, waarin zuurstof wordt verdreven. Bij het mengen van de mest ontsnapt deze laag. Hierdoor komen grote concentraties mestgassen boven de mest te hangen wat een gevaar vormt bij inademing of indien het in aanraking komt met een ontstekingsbron, tot een explosie kan leiden.

- *Methaan CH<sub>4</sub> (brand – en explosie):*

Met enige regelmaat doen zich explosies voor in stallen of mestopslagen. Dit komt doordat het brandbare mestgas methaan in contact komt met vonken of hete oppervlakten. Methaan is lichter dan lucht en stijgt op. Uit onderzoek blijkt dat in rundveestallen de explosiegrens niet wordt overschreden. Dit kan wel voorkomen in alle ruimtes waaruit geen gas kan ontsnappen, zoals mesttanks en mestopslagen.

- *Ammoniak NH<sub>3</sub> (brand)*

Ammoniak is een sterk ruikend gas in mest. In de praktijk blijkt dat ammoniak in veel te lage concentraties in mest aanwezig is om tot vergiftiging te leiden. Irritatie van de ogen en luchtwegen komt wel voor. Voor de natuur is een teveel aan ammoniak schadelijk, omdat hierdoor verzuring en vermesting optreedt.

---

<sup>7</sup> Evaluatie uitgevoerd door Wageningen UR (Wageningen Livestock Research) en Instituut Fysieke Veiligheid met de titel: Actieplan Stalbranden 2012-2016

<sup>8</sup> [www.mestgassen.nl](http://www.mestgassen.nl) en [Brandweertrainingen.nl](http://Brandweertrainingen.nl): "De leidraad veilig werken in mestopslagen".

- *Blauwzuurgas HCN*

Dit is een zeer giftig gas dat niet alleen via ademhaling maar ook rechtstreeks via de huid in het bloed kan worden opgenomen. Hoewel dit type gas minder vaak voorkomt bij mest dan waterstofsulfide, is het misschien wel de meest giftige van allemaal. Blauwzuurgas is te herkennen aan een blauwe gloed, maar dan heeft de gevaarlijke invloed van dit gas al plaatsgevonden. Blauwzuurgas is zelden in mest aanwezig.

- *Waterstofsulfide H<sub>2</sub>S (vergiftiging):*

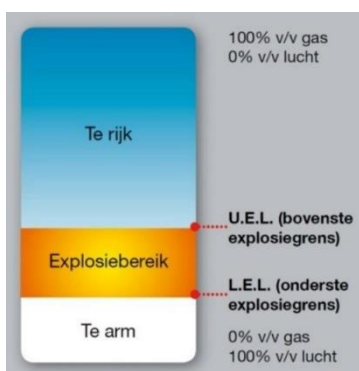
Het giftige gas waterstofsulfide kenmerkt zich door de stank naar rotte eieren. Maar bij dodelijke concentraties is dit gas geurloos! Het gas schakelt al bij een lage concentratie het reukvermogen uit, waardoor je zonder waarschuwing bedwelmd kunt raken. H<sub>2</sub>S is zwaarder dan lucht en blijft daardoor boven de mest hangen. Als de mest wordt gemixt of er stroming ontstaat kan het gas echter meters hoog worden opgewerveld. Dit is ook vaak de reden dat tijdens het mixen van mest soms vogels dood uit de gordingen vallen.

- *Kooldioxide CO<sub>2</sub> (verstikking)*

Kooldioxide is een geurloos, verstikkend gas dat net als methaan in grote concentraties wordt gevormd uit mest. Kooldioxide is ongeveer anderhalf maal zo zwaar als lucht, waardoor het net als H<sub>2</sub>S boven de mest blijft hangen.

### 5.4 Brand of explosie (LEL)

Veel vloeistoffen geven gassen af die onder juiste omstandigheden explosief kunnen zijn. Een explosie wordt bereikt als een gas van een bepaalde stof in een bepaalde verhouding komt met de omringende lucht, waardoor de lucht een bepaalde verzadiging heeft om tot een explosie te komen. Een verzadiging die te weinig is komt niet tot ontploffing, maar een te hoge verzadiging ook niet. In de literatuur wordt kortweg gesproken over een Upper Explosion Level (UEL) en een Lower Explosion Level (LEL).



Bij een UEL van 100% is een gasmengsel dus niet meer explosief of ontbrandbaar omdat er niet voldoende zuurstof meer aanwezig is voor verbranding van het gas. Het mengsel is te rijk. Er is echter wel een zeer groot gevaar indien door bijvoorbeeld ventilatie de verzadiging onder de UEL komt. Dan is een kleine vonk voldoende voor een ontploffing. Bij een LEL betreft het de ondergrens van een explosiegevaar. Indien er minder gas in de ruimte is dan dit percentage, dan is er geen ontploffing mogelijk. Het gevaar is dan acceptabel. De ontvlambare zone voor elk gas of gasmengsel ligt dus tussen de grenzen van de LEL en de UEL.



### 5.5 Preventieve maatregelen

Verschillende rapporten geven praktische tips en voorzorgsmaatregelen om stalbranden te voorkomen. De genoemde maatregelen - niet limitatief - kunnen verdeeld worden in twee groepen waarop ze van toepassing zijn.

Zo zijn er preventieve maatregelen ten behoeve van:

1. *Het realiseren van brandveilige stallen:*

- Nieuwe elektrische installaties door gecertificeerde bedrijven laten plaatsen om kortsluiting en overbelasting te voorkomen.
- Technische voorzieningen apart clusteren met brandwerende scheiding.
- Goed onderhoud van elektrische apparaten en installaties die vonkvrij moeten zijn, met periodieke controles.
- Risico-inventarisatie opstellen om te kijken welke specifieke brandwerende maatregelen genomen kunnen worden.
- Bij het ontwerp van stallen met een emissiearme vloer te kiezen voor bovengrondse mestopslag<sup>9</sup>.

2. *Brandveilig werken in stallen*<sup>10</sup>:

- Gebruik elektrische apparaten die vonkvrij zijn en goed geïnstalleerd en onderhouden.
- Gebruik geen brandbare apparatuur in stallen; indien nodig scherm de werkplek af met onbrandbare schotten om vonken op ongewenste plaatsen te voorkomen.
- Geen werkzaamheden, waarbij veel warmte (open vuur) vrijkomt, uitvoeren in de nabijheid van een mestput. Indien noodzakelijk de mestput afschermen tijdens deze werkzaamheden.
- Voorkom dat er explosieve mengsels ontstaan. Bijvoorbeeld door het mixen van de mest te zorgen voor voldoende ventilatie.

### 5.6 Vergelijkbare Casussen

Uit voorgaande onderzoeken blijkt dat er reële risico's zijn die zorgen voor brand en explosie in melkrundveestallen. Onderstaand worden twee casussen aangehaald die dat eveneens bevestigen en waar een combinatie van factoren heeft geleid tot brand dan wel een explosie.

---

<sup>9</sup> Arbocatalogus sector melkvee en graasdieren, 2019

<sup>10</sup> Mestgassen en stalbranden. Risico's in de praktijk. Brandweer Amsterdam-Amstelland. Vereniging van Brandveiligheidsexperts, 15 november 2017.

<b>Casus Lettele</b>	
<b>Datum:</b>	25-04-2014
<b>Aanleiding:</b>	Explosie in mestkelder
<b>Potentiële oorzaak:</b>	Laswerkzaamheden naast gierkelder.
<b>Verloop:</b>	Lasvonken belanden in de gierkelder met een enorme explosie als gevolg.
<b>Gevolgen:</b>	Gedeeltelijk instorten stal; overlijden vee; schade schuur; schade omliggende bestrating.
<b>Opvallende dingen:</b>	Kracht van de explosie, ontredde boer en zijn gezin, mest hangt hoog aan het pand

<b>Casus Veiligheidsregio Limburg Noord</b>	
<b>Datum:</b>	22-01-2016
<b>Aanleiding:</b>	Stalbrand in mestkelder
<b>Potentiële oorzaak:</b>	Laswerkzaamheden in de buurt van mestputgaten.
<b>Type stalvloer:</b>	Dichte (emissiearme) sleuenvloer
<b>Verloop:</b>	Door laswerkzaamheden valt een gloeiende vonk via één van de gaten van de mestvloer in de schuimende mestlaag. Vonk laat enkele gasbellen methaangas in de schuimende mestlaag tot ontbranding komen. Als gevolg van de ontstane drukgolf en temperatuur ontbranden naastgelegen gasbellen, met een kettingreactie als gevolg. Er ontstaat een gasbrand die zich razendsnel onder de dichte mestvloer door de hele stal verplaatst. Veehouder ziet tijdens laswerkzaamheden blauwgroene vlammen uit de vloergaten boven de mestkelder komen. Vervolgens ziet de veehouder hoge vlammen uit de mestafstort komen. Hoewel de ergste vlammen zijn verdwenen, laaien deze steeds weer op om vervolgens uit zichzelf te doven. De brand woedt ongeveer vijf minuten.
<b>Gevolgen:</b>	Brandwonden aan de handen van de veehouder.
<b>Opvallende dingen:</b>	Schuimende mestlaag voor het incident; mestkelder was bijna vol; snelle brandontwikkeling; kenmerkende blauwgroene vlammen; dichte mestvloer en volle mestkelder zorgen dat vlammen slechts op één plek uittreden en verdere uitbreiding brand voorkomen; mest onder druk naar buiten gespoten waarbij mestdeksels omhoog zijn gekomen en spetten verbrand mest op de wanden zijn achtergebleven.

## 6 Veldonderzoek agrarische bedrijven

Binnen de gemeente Hof van Twente hebben 22 agrarische bedrijven een gelijkwaardige of vergelijkbare emissiearme vloer geïnstalleerd in hun melkrundveestal. Bij ieder van deze agrarische bedrijven heeft de toezichthouder Milieu van de Omgevingsdienst Twente een aspectcontrole uitgevoerd waarbij ook korte interviews met de desbetreffende agrariërs zijn gehouden.

### 6.1 Metingen

Om zicht te krijgen in de concentraties van de gasopbouw in de mestkelders zijn er indicatieve metingen<sup>11</sup> verricht op de mestgassen. Bij dit onderzoek is gebleken dat:

- Indien er schuim op de mest aanwezig was, is er boven het schuim niet of nauwelijks gas te meten. In de schuimlaag zelf zijn hoge concentraties gemeten.
- In de mestkelder wordt onder een dichte vloer een hogere waarde ammoniak gemeten dan onder een roostervloer;
- Gips en kalk als boxvulling heeft invloed op het te meten gas waterstofsulfide ( $H_2S$ ). Bij bedrijven die gips en kalk gebruiken wordt  $H_2S$  al in een ongeroerde put gemeten, waar in overige bedrijven het gas pas meetbaar is tijdens het mixen.
- Naarmate de kelders voller en/of dieper zijn, wordt er een hogere meting ammoniak vastgesteld.
- Bij een hogere productie van het aantal liters per koe, worden er hogere ammoniakwaarden gemeten.
- Indien er vaker gemixt wordt, lijkt de biologie van mest gunstiger waardoor er lagere concentraties mestgassen en schuimvorming ontstaan.



### 6.2 Inventarisatie en interviews

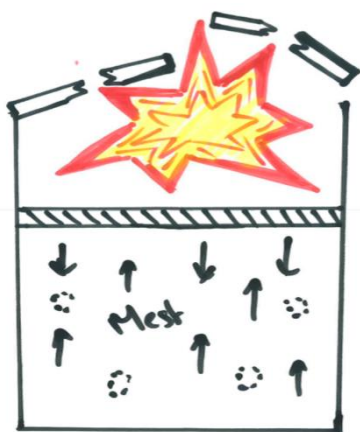
Naast de metingen en observaties in de melkrundveestallen, zijn de agrariërs geïnterviewd. Hieruit is gebleken dat:

- Alle bedrijven in meer of mindere mate ervaring hebben met schuim op de mest.
- Er meerdere elektrische apparaten in de veestallen zijn opgesteld.
- Het vonken van de mestrobot op het laadstation geen incident is.
- Werkzaamheden in de stal waarbij vonken vrijkomen geen incident is.

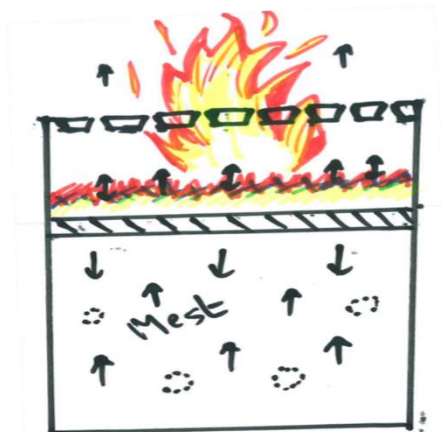
<sup>11</sup> We spreken nadrukkelijk over indicatieve metingen welke eenmalig zijn uitgevoerd.

- Vier van de bezochte bedrijven ervaring hebben met methaanbrand in de kelders. De methaanbrand is te herkennen aan een steekvlam met een blauwe uitbrandende gloed.
- Bij doorvragen blijkt dat er onvoldoende bewustwording is van de gevaren met het werken met mestgassen.

De indicatieve metingen, observaties en interviews uit het veldonderzoek ondersteunen de bevindingen uit de verzamelde informatie uit hoofdstuk 5. Zo constateren wij dat onder een dichte vloer eerder sprake is van drukopbouw en verhoging van de concentratie mestgassen, dan onder een roostervloer. Deze druk wordt nog groter wanneer de mest wordt gemixt. Op het moment dat de schuimlaag breekt, worden in zeer korte tijd concentraties van mestgassen gemeten die levensgevaarlijk zijn. Onder een dichte vloer kan het gas niet weg en komt het zuurstof in de verdrukking (zie afbeelding 7a en 7b).



Afbeelding 5a: Explosie bij een dichte vloer



Afbeelding 5b: Explosie bij een roostervloer

### 6.3 Aandacht voor preventieve maatregelen

Zowel uit de verzamelde informatie als uit ons veldonderzoek blijkt dat de te nemen preventieve maatregelen onvoldoende bekend zijn of dat door nieuwe ontwikkelingen de agrariër geconfronteerd wordt met nieuwe uitdagingen waarvan de gevaren niet of onvoldoende bekend zijn. Onderstaand benoemen wij enkele preventieve maatregelen waar meer aandacht aan besteed zou moeten worden ten behoeve van het veilig werken in een melkrundveestal.

De belangrijkste hiervan zijn:

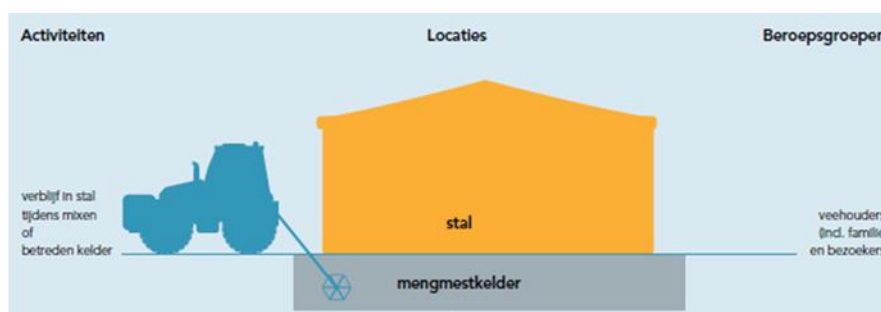
- Omdat de concentratie van mestgassen onder een dichte vloer hoger zijn dan bij traditionele roostervloer, dient er bij het mestmixen voldoende natuurlijke ventilatie (windkracht) te zijn, zodat de vrijgekomen mestgassen kunnen vervliegen. Bij

onvoldoende natuurlijke ventilatie moet deze ondersteund worden door zogenaamde “warm weer ventilatoren”.

- Oppassen met mixen van mest waar schuim op staat. Door het schuim worden veel mestgassen vastgehouden die vrijkomen bij het mixen. Op die manier kan het explosielevel bereikt worden. Ook mestschuim dat boven de vloer komt is gevaarlijk. Door het kapotlopen van het schuim door het vee, wordt de concentratie mestgassen boven de vloer verhoogd.

Belangrijkste aanbeveling is om de mixomstandigheden te optimaliseren door in ieder geval te zorgen voor een goede ventilatie. Nader onderzoek moet uitwijzen of er aanvullende maatregelen nodig zijn om het mixen van mest-met-schuim veilig te kunnen doen.

- Voorkom open vuur en vonken door o.a. uierbranden, lassen en slijpen. Indien toch noodzakelijk, dient men vooraf aan deze werkzaamheden de stal goed te ventileren en moet het gedeelte van de mestkelder waar de activiteiten plaats gaan vinden, afgedekt zijn. Dit geldt voor zowel traditionele rooster- als emissiearme vloeren.
- Indien een oplaadstation vonken geeft (bijvoorbeeld van een mestrobot) of in de stal ondeugdelijke elektrische apparaten aanwezig zijn, dienen deze uitgezet te worden tijdens het mixen. Uiteraard is onderhoud en reparatie van deze voorzieningen door een deskundige noodzakelijk.
- Er is een zeer leerzame e-learning ([www.mestgassen.nl](http://www.mestgassen.nl)) beschikbaar om het bewustzijn van de gevaren onder agrariërs te vergroten. Deelname zou verplicht moeten zijn of deze kennis zou al in de opleiding verankerd moeten worden.



*Afbeelding 6: Gevaar van werken met mestgassen. Situatie is gelijk aan deze casus.*

## 7 Conclusie en aanbevelingen

Onze voorlopige bevindingen uit hoofdstuk 5 en 6 hebben wij getoetst in een expertmeeting waar de volgende expertises aanwezig waren: Brandweer Twente, DLV Advies<sup>12</sup>, CLM<sup>13</sup>, FGL<sup>14</sup>, Omgevingsdienst Twente en vertegenwoordigers van de gemeente Hof van Twente. Tevens hebben we onze voorlopige bevindingen mondeling voorgelegd aan: LTO Oost, Verzekeringsmaatschappij Univé, Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA), en de Provincie Overijssel (Nbw). Op basis hiervan hebben we de onderstaande conclusie en aanbevelingen geformuleerd.

### 7.1 Conclusie

De brandweer geeft in haar onderzoek dat zij ter plaatse hebben uitgevoerd aan, dat de oorzaak van het ongewone ongeval waarschijnlijk ligt in een combinatie van de aanwezige mestgassen met een onbekende ontstekingsbron.

Uit deze conclusie, in combinatie met de verzamelde informatie en onze bevindingen uit het veldonderzoek, kunnen we een voorzichtige reconstructie maken van het ongewone ongeval.

1. Zo kunnen wij vaststellen dat er al geruime tijd vóór het ongeval sprake is geweest van veel schuim op de mest.
2. We weten uit de literatuur en ons veldonderzoek dat in dit schuim veel mestgassen zitten opgesloten.
3. Door het mixen gaat de schuim kapot en komt er in één keer een grote hoeveelheid mestgassen vrij.
4. De vrijgekomen mestgassen hebben zich in dit geval mogelijk tot een concentratie gevormd die het LEL (Lower Explosion Level) heeft bereikt.
5. Omdat lichtere gassen o.a. het methaangas (CH<sub>4</sub>) de neiging heeft om naar boven te gaan, zal in dit geval het methaangas ontsnapt zijn door kieren en de open mixput.
6. Het was nagenoeg windstil waardoor de concentratie methaangas zich niet snel genoeg heeft verspreid.
7. Een aanwezige ontstekingsbron heeft het gas doen ontvlammen. De ontstekingsbron hebben we niet met zekerheid kunnen vaststellen. Wat we wel kunnen vaststellen is dat in de stalruimte meerdere elektrische apparaten aanwezig waren en dat deze dicht bij de mixput zijn gelokaliseerd. Het werken met een trekker voor de open mixput brengt eveneens dit risico met zich mee.

---

<sup>12</sup> DLV Advies: een onafhankelijk adviesbedrijf voor ondernemers, bedrijven en instanties die actief zijn in de agrarische sector.

<sup>13</sup> CLM (Centrum voor Landbouw en Milieu): kennis- en adviesbureau op het gebied van landbouw, voedsel, natuur en milieu.

<sup>14</sup> FGL (FarmGasLive) een onderzoeksbureau dat metingen verricht naar ammoniakuitstoot in stallen

8. Door de ontstane steekvlam boven de vloer zijn de lager liggende (zwaardere) gassen onder de vloer ontvlamd en hebben een kettingreactie veroorzaakt in de schuimlaag. Onder de dichte vloer heeft dit geleid tot toenemende druk met een explosie tot gevolg.
9. Omdat we hier te maken hebben met een dichte loopvloer kon de druk niet weg en heeft de explosie enkele vloerelementen opgetild die in de mestput zijn gevallen.
10. In de chaos die daarop ontstond, zijn meerdere koeien in de mestput terechtgekomen.



*Afbeelding 7: De opgetilde vloerplaten door de explosie*

### 7.2 Aanbevelingen voor de gemeente Hof van Twente

De inhoud van dit rapport delen met Infomil, Wageningen, DLV advies, LTO en andere onderzoeksbureaus om aanvullend onderzoek te starten. Dit moet leiden tot onderbouwing van maatwerkvoorschriften die de veiligheid van mens en dier borgen en tevens controleerbaar en handhaafbaar zijn. Genoemde preventieve aanbevelingen uit paragraaf 6.3 kunnen de basis zijn voor toekomstige maatwerkvoorschrift bij meldingen en/of vergunningen.

Daarnaast is het essentieel dat de gemeente zich inzet voor aandacht en bewustwording bij zowel agrariërs als in de politiek. Met het nemen van de nieuwe maatregelen voor de installatie van emissiearme vloeren is alleen gekeken naar milieuwinsten en is er weinig aandacht geweest voor de eventuele gevaren die deze keuze met zich meebrengt op dier en mens, door een brand of explosie. Er zou een betere afweging moeten zijn tussen milieu en veiligheid bij het ontwerpen van toekomstige wetgeving in bijvoorbeeld het *Activiteitenbesluit*.

### 7.3 Overige aanbevelingen

Wij hebben in korte tijd gegevens verkregen die slechts indicatief zijn. Wij hebben echter de indruk dat veel van wat wij hebben onderzocht, al bekend was bij de verschillende experts en partijen. Vanuit de verschillende oogpunten zijn al vaker dezelfde conclusies getrokken. Het mist echter verdieping en verbinding van deze conclusies. Onderstaand doen wij een voorstel om hier eenheid in te krijgen.

Zo zien wij graag dat de volgende hypothesen in gezamenlijkheid met verschillende partijen en experts, verdiept en verbonden kan worden. Welke invloed hebben:

- Diepere kelders op de hoeveelheid/concentratie mestgassen ?
- Vollere kelders op de hoeveelheid/concentratie mestgassen ?
- Een hogere melkproductie op de hoeveelheid/concentratie mestgassen ?
- Het rantsoen op schuimvorming op de mest en daarmee de hoeveelheid/concentratie mestgassen ?
- Een hogere luchtdruk op het al dan niet verminderen van de emissie ?
- Strogips op de zuurgraad Ph en op mestgasvorming (H<sub>2</sub>S)?
- Het regelmatig mixen op de vorming van het schuim ?
- Welk gas en hoe liggen de verhoudingen ?
- enzovoort





## 8 Bibliografie

- Arbocatalogus. (2019, 04 18) [www.agroarbo.nl](http://www.agroarbo.nl):  
<https://agroarbo.nl/catalogus/mestgassen>
- Arbocatalogus sector melkvee en graasdieren. <https://agroarbo.nl/sector-to-pdf.php?generate=1&pid=777>
- Bokma-Bakker, M., Hagen, R., Bokma, S., Bremmer, B., Ellen, H., Hopster, H., Weges, J. (2012). Actieplan stalbranden 2012-2016. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.
- Brandweeracademie. (2016). Brandweezorg bij veestallen. Arnhem: Instituut Fysieke Veiligheid.
- Brandweertrainingen.nl: “De leidraad veilig werken in mestopslagen”.
- Evaluatie uitgevoerd door Wageningen UR (Wageningen Livestock Research) en Instituut Fysieke Veiligheid met de titel: Actieplan Stalbranden 2012-2016
- de Koeijer, T., van der Veen, H., Blokland, P., van den Ham, A., Kruseman, G., & Vermeij, I. (2013). Investerings-effecten van verplichte emissiearme stalvoer in de melkveehouderij. Wageningen: LEI Wageningen UR.
- Infomil. (2019): <https://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale-regels/activiteitenbesluit/activiteitenbesluit/relatie-met-andere/@92025/waarom-weinig/>
- Kwintenberg, L., & Harmsen, Q. (2019). Brandonderzoekbulletin. Brandweer Twente.
- Looije, M., & Smit, M. (2010). Brand in Veestallen. Leeuwarden: Van Hall Larenstein.
- Mestgassen en stalbranden. Risico's in de praktijk. Brandweer Amsterdam-Amstelland. Vereniging van Brandveiligheidsexperts, 15 november 2017.
- Stalsysteem BWL 2010.36.V4 (Leaflet Juli 2015).
- [www.technischwerken.nl/kennisbank/veiligheid-kennisbank/hoe-verspreiden-gassen-of-dampen-zich-in-een-ruimte/](http://www.technischwerken.nl/kennisbank/veiligheid-kennisbank/hoe-verspreiden-gassen-of-dampen-zich-in-een-ruimte/)