



Kalverstal van de toekomst – (bijna) Praktijkrijpe ontwerpconcepten

D. Puente-Rodríguez, I.D.E. van Dixhoorn, F.A. Hoorweg, L.R. Gollenbeek, C.G. van Reenen,
A.J.A. Aarnink, N. Verdoes en S. Bokma.

Rapport 1298



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Kalverstal van de toekomst – (bijna) Praktijkrijpe ontwerpconcepten

D. (Daniel) Puente-Rodríguez, I.D.E. (Ingrid) van Dixhoorn, F.A. (Fleur) Hoorweg, L.R. (Luuk) Gollenbeek, C.G. (Kees) van Reenen, A.J.A. (André) Aarnink, N. (Nico) Verdoes & S. (Sjoerd) Bokma.

Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research, in opdracht van en medegefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het TKI- Agrofood programma 'TKI-AF-LWV 1905' (PPS-nummer BO -59-001-004)

Wageningen Livestock Research
Wageningen, maart 2021

Deelnemende organisaties/bedrijven: Stichting Brancheorganisatie Kalvesector (SBK), VanDrie Group, Denkvit, Pali Group & LTO Nederland

Rapport 1298

Puente-Rodríguez, D., I.D.E. van Dixhoorn, F.A. Hoorweg, L.R. Gollenbeek, C.G. van Reenen, A.J.A. Aarnink, N. Verdoes, en S. Bokma, 20211. *Kalverstal van de toekomst – (bijna) Praktijkrijpe ontwerpconcepten*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1298.

Samenvatting NL: De vleeskalverhouderij wil de emissies van ammoniak, geur en broeikasgassen bij de bron reduceren. Hierdoor worden de emissies naar de omgeving beperkt en daardoor verbeterd ook het stalklimaat, wat diergezondheid en welzijn ten goede komt. In dit rapport werken we een vijftal ontwerpconcepten uit die (bijna) praktijkrijp zijn ter inspiratie en voor ondersteuning voor ondernemers/sters die nu aan de slag willen/moeten in bestaande vleeskalverstallen.

Summary UK: The veal calf sector aims to reduce ammonia, odor and greenhouse gas emissions from barns. This has positive effects for the environment and improves the climate in the barn, which might benefit animal health and welfare. In this report we elaborate five design-concepts that are (almost) ready for implementation. The design-concepts are aimed at inspiring and supporting farmers who, right now, want/must take action to reduce emissions in existing veal calf barns.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/542832> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2021

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponereerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Rapport 1298

Inhoud

	Inleiding en kader	5
	Het dilemma van bestaande vloeren-hokken	6
1	Scheiding van feces en urine onder de roostervloer d.m.v. een mestband	7
	1.1 Emissie reducerende principes en potentie	8
	1.2 Mogelijk nageschakelde processen en verwaarding	9
	1.2.1 I.c.m. gecontroleerde compostering	9
	1.2.2 I.c.m. vergisting?	9
	1.3 Toetsingskader	10
2	Opvang mest en urine in ammoniakarme vloeistof	11
	2.1 Bijzonderheden	11
	2.2 Vooruitblik	12
	2.3 Toetsingskader	13
3	Mestschuif onder de roostervloer met lage urease-activiteit vanwege urease-remmer of rubber-uitvoering	14
	3.1 Betonvloer i.c.m. urease-remmer	14
	3.2 Rubber uitvoering	15
	3.3 Toetsingskader	16
4	Mest koelen	17
	4.1 Toetsingskader	20
5	Toevoegingsmiddelen – mest aanzuren	21
	5.1 Mest aanzuren	21
	Literatuur	22

Inleiding en kader

Het project 'Kalverstal van de Toekomst' streeft naar het integraal ontwerpen van duurzamere kalverstalsystemen. De doelstelling is om meerdere principes en concepten te integreren in bestaande en nieuwe kalverstallen om emissies (van ammoniak,¹ methaan, andere broeikasgassen (BKG) en geur) te reduceren op zo'n wijze dat tegelijkertijd ook stalklimaat, diergezondheid (antibiotica gebruik) en dierenwelzijn verbeteren. Dit kan vervolgens leiden tot een verbetering van maatschappelijke acceptatie, arbeidsomstandigheden, werkplezier en rendement. Het project is een samenwerkingsverband van vertegenwoordigingsorganisaties en bedrijven in de agro-sector, namelijk Stichting Brancheorganisatie Kalversector (SBK), VanDrie Group, Denkvit, Pali Group, LTO Nederland samen met het onderzoeksinstituut Wageningen Livestock Research. Het project is medegefinancierd door de TopSector Agro & Food en loopt door tot 2023. Het project is erop gericht om innovatieve emissie-reducerende maatregelen te identificeren en nieuwe concepten/systemen te ontwerpen. Dit om (binnen en 'buiten') klimaatvriendelijke stallen te ontwerpen en tegelijkertijd te voldoen aan andere duurzaamheidseisen die gelden vanaf 2023. Deze geïntegreerde ontwerpen voor emissiearme stallen moeten tevens een hoog niveau van dierenwelzijn en diergezondheid waarborgen. Daarmee draagt dit project bij aan zowel de verdere verduurzaming als aan de maatschappelijke acceptatie van de vleeskalverhouderij in Nederland.

In dit document werken we een aantal stalconcepten uit. Deze zijn afkomstig uit de literatuur, andere sectoren, een ontwerpatelier (juni 2020) en uit gesprekken met experts en worden gezien als kansrijk en op korte termijn toepasbaar om emissies van ammoniak, methaan en geur uit mest te reduceren. Deze ontwerpen zijn bedoeld voor wat we binnen het project het 'snelle spoor' noemen. Dat wil zeggen concreet en al op onderdelen in proefopstellingen of praktijkopzetten beproefd en nu nagenoeg gereed om op stalniveau toe te passen, te optimaliseren en emissie-technisch te valideren. De ontwerpen dienen als inspiratie voor kalverhouders en andere ketenpartijen en bieden tegelijkertijd een menukaart aan principes, maatregelen en technieken die (bijna) praktijkrijp zijn. Aangezien een brongerichte aanpak de insteek is geweest bij de ontwerpen zijn mechanisch geventileerde stallen voorzien van een luchtwasser hier niet als een optie verwerkt.



Hoewel onze focus op de stallen en het binnenklimaat ligt, worden onze systeemgrenzen hier bepaald door het primaire bedrijf als geheel. In andere veehouderij sectoren zien we regelmatig dat mest op het bedrijf verder wordt gescheiden/vergist/gecomposteerd/etc. in, maar ook (net) buiten de stal op het erf. Daarom is de stal de kern van de hier gepresenteerde ontwerpen waarbij onze werkelijke grens het primaire bedrijf is. Daarbij zijn we ons er van bewust dat afwentelingen elders plaats kunnen vinden, dus dat de emissies die niet in of rondom de stal plaatsvinden toch nog ergens anders kunnen ontstaan en toegerekend worden aan de vleeskalverhouderij. We kijken dus uitsluitend naar het (stal)stelsel. We combineren en integreren technieken en principes in conceptontwerpen die werken binnen het gebied van excretie tot de afzet van mest. Waar mogelijk verwijzen we naar de literatuur waarin deze principes zijn uitgelegd. Op verschillende locaties in het land wordt al vanuit

¹ Vleeskalverstallen die vanaf 1 januari 2020 in gebruik worden genomen moeten voldoen aan de maximale emissienorm van 2,5 kg ammoniak per dierplaats per jaar (Besluit emissiearme huisvesting) wat een verlaging van 1 kg is ten opzichte van de huidige norm die van toepassing is op een traditioneel huisvestingssysteem. Echter, voor de vleeskalverhouderij zijn er (nog) niet veel goedgekeurde emissiearme stalsystemen en emissiefactoren op de RAV-lijst.

privé-initiatieven met een aantal van deze concepten of principes geëxperimenteerd. Deze initiatieven zijn aangejaagd door wet- en regelgeving (denk bijvoorbeeld aan het ammoniak- en stikstofbeleid) en ondersteund door subsidiemogelijkheden. In dit document refereren we ook, waar mogelijk, naar de actuele status van deze initiatieven. De 5 conceptontwerpen zijn hier in grote lijnen uitgewerkt. Verschillende onderdelen kunnen met elkaar gecombineerd worden en aangepast naar de specifieke mogelijkheden/behoefte binnen het primaire bedrijf. Daarbij worden 4 van deze concepten getoetst aan verschillende criteria.² Het toetsingskader is ontwikkeld en ingevuld d.m.v. expert consultatie, in interactie met de vertegenwoordigers van de kalversector en via een workshop (september 2020) met kalverhouders. De conceptontwerpen dienen als onderbouwing van mogelijke stalaanpassingen en als inspiratie voor ondernemers die nu aan de slag willen/moeten in bestaande vleeskalverstallen.

De 5 conceptontwerpen zijn:

- 1 Scheiding van feces en urine onder de roostervloer d.m.v. een mestband
- 2 Opvang mest en urine onder de roosters in ammoniakvrije vloeistof
- 3 Mestschuif onder het rooster met lage urease-activiteit (vanwege urease remmer of rubber uitvoering)
- 4 Mest koelen
- 5 Toevoegingsmiddelen – mest aanzuren

Het dilemma van bestaande vloeren-hokken

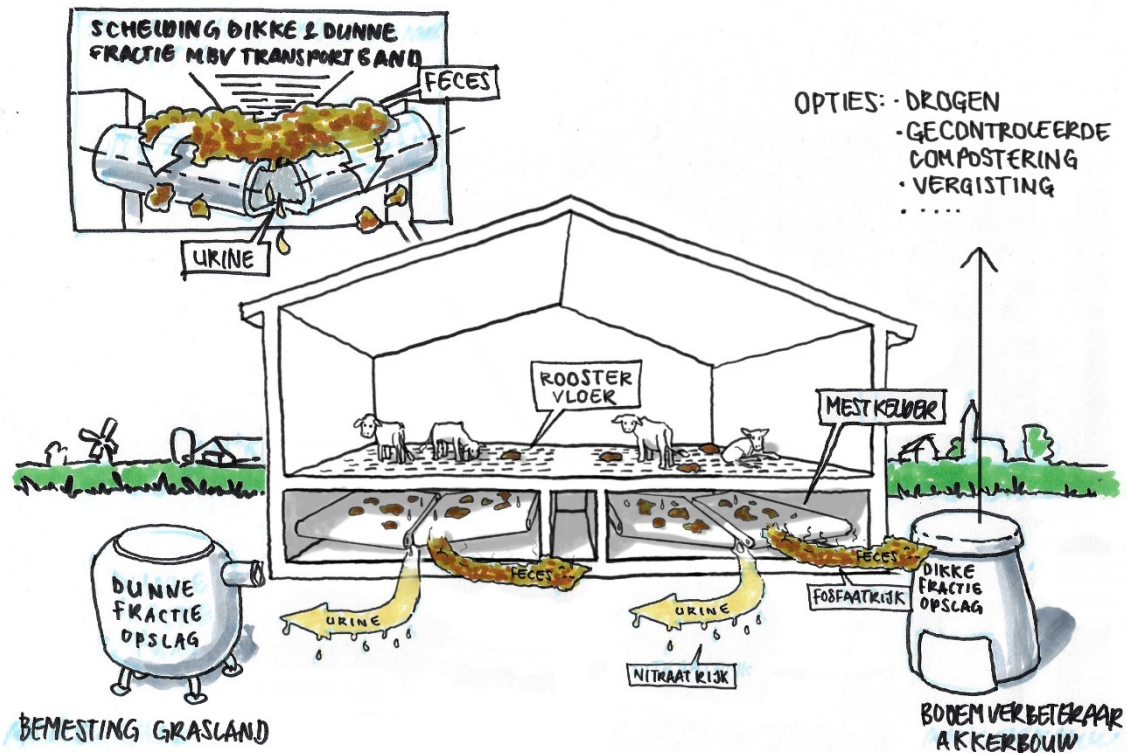
Het snelle-spoor, en de hieruit voortgekomen ontwerpconcepten, gaat uit van bestaande stallen en kansrijke, bijna bewezen technieken. Kalveren worden in groepen gehuisvest. Innovaties (zoals dichte emissiearme vloeren of mestrobots) op/rondom het loopoppervlak zijn nodig, maar 'nu' moeilijk uit te werken en in de praktijk te implementeren. Binnen het project 'Kalverstal van de toekomst' zullen we dit onderdeel, het 'verdiepende spoor,' nader onderzoeken en uitwerken.

Ten aanzien van methaan is de vloer, in principe, geen bron van emissie. In de literatuur kunnen we lezen dat bij blankvleeskalveren rond 30 à 40% van de ammoniakemissie uit de vloer ontstaat en 60-70% vanuit de mestkelder. Bij rosé vleeskalveren ligt deze verdeling rond de 50-50% (Groenestein et al., 2014; Heeres et al., 2017). Deze verdeling kan bij verschillende bedrijven anders liggen door veranderingen in bijvoorbeeld voersamenstelling. Hoe dan ook, voor ammoniak is de vloer een belangrijke bron van emissies.

Nota bene: Het is verstandig om de verdeling van de ammoniakemissie tussen mestkelder en het loop-/ligoppervlak in het achterhoofd te houden bij het lezen van en verder doordenken op de volgende systemen.

² Stalemissies reductiepotentie, investeringskosten, operationele kosten, economische voordelen/nadelen mest(verwaarding), dierenwelzijn en gezondheid, inpasbaarheid in bestaande stallen (bouwblok, vergunning, landschappelijke inpassing). Aspecten zoals voedselveiligheid vielen buiten het bestek van dit onderzoek.

1 Scheiding van feces en urine onder de roostervloer d.m.v. een mestband



Vloeren zijn samen met het binnenklimaat de directe omgeving van het dier. Alle ontwerpconcepten zouden daarom bij een zacht en comfortabel loop- en lig-oppervlak en met een goed klimaat voor de kalveren kunnen starten. Dit oppervlak moet ook voldoende grip voor kalf en verzorger/ster bieden. Ten aanzien van reinheid en emissies is het belangrijk dat de mest en urine zo snel mogelijk naar beneden worden getransporteerd/doorgelaten.

Onder de roostervloer (bijvoorbeeld 30 cm) is een V-vormige dichte (niet-geperforeerde) mestband gemonteerd onder een gering afschot (andere opties kunnen zijn: gering afschot naar één zijde; een geperforeerde doorlatende mestband te plaatsen). De urine stroomt naar het laagste punt van de band en wordt continu afgevoerd naar een afgesloten opslag (bij deze stal is er dan geen mestkelder zoals we die kennen). De vaste mest blijft op de band liggen totdat deze middels het afdraaien van de band wordt verwijderd. Dit gebeurt tussen de 1 keer per 2 uur en 1 - 2 keer per dag. De techniek hiervoor is afkomstig uit de legpluimveehouderij, waar het gebruik van dichte mestbanden een gangbare techniek is. Ook in de varkenshouderij (Aarnink et al., 2007) en de vleeskalverhouderij (Mosquera et al., 2019) is het systeem beproefd en zijn gunstige ammoniakreducties gemeten.

1.1 Emissie reducerende principes en potentie

De emissie reducerende principes hierbij zijn: gescheiden opvang van feces en urine. Hierdoor komen (het ureum in de) urine en (het enzym urease in de) feces moeilijker dan bij de gangbare praktijk in contact met elkaar waardoor de vorming van ammoniak vertraagd wordt.



Foto 1 V-vormige mestband. Links: opvang ruimte van urine en feces. Rechts: mestband onder roostervloer (Mosquera et al., 2019).

Mosquera et al. (2019) rapporteren dat in een vleeskalverbedrijf de urease-activiteit op de daar gebruikte mestband laag is (vanwege de gebruikte materiaal en door vermindering van contacttijd tussen urine en feces) en dat gemiddeld slechts 25% van het ureum bij de mestband wordt omgezet in ammonium voordat de urine bij de opslag komt waardoor slechts een klein deel van in de vorm van ammoniak vanuit de mestput/mestband wordt uitgestoten.

Mosquera en zijn collega's rapporteerden op basis van een case-control onderzoek waarin een afdeling met het nieuwe systeem (d.w.z. mestband i.c.m. Grone Vlag vloer) wordt vergeleken met een andere afdeling met een gangbaar systeem (Mosquera et al., 2019), dat de ammoniakemissies 53% lager was ten opzichte van de traditionele houten roostervloer met een mestopslag daaronder. De grootste winst qua emissiereductie werd onder de roostervloer (d.w.z. mestkelderemissie) geboekt.

De geuremissie was eveneens significant lager (47%) t.o.v. de controle (Mosquera et al. 2019).

In het kader van een vleeskalverproject bij Mts Thelosen in Someren³ wordt ook met mestbanden geëxperimenteerd. Daar is een geperforeerde, urine-doorlatende mestband geïnstalleerd. In Someren zijn de eerste resultaten met een geperforeerde mestband tot nu toe wat wisselend geweest. De emissiereductie was bij aanvang hoog te noemen (>50%) maar door vervuiling en verstoppingen is die tot nul of zelfs negatief geweest (persoonlijke communicatie, juni 2020; Monteny & van Hoof 2020). Inmiddels is een verbeterde uitvoering aangebracht waaraan vervolgproufmetingen plaatsvinden. Dit wijst op de behoefte aan een optimalisatie- en implementatietraject om een praktisch, robuust en goed werkend systeem te kunnen ontwikkelen specifiek voor de kalverhouderij.

Moeilijker is het om informatie over de methaanemissie te vinden. De aandacht voor de reductie van de methaanemissie is relatief nieuw, principes en maatregelen zijn daarom tot nu toe met name in experimentele contexten uitprobeerde en de praktijkrijpheid en ervaring over de effectiviteit loopt achter bij die van ammoniak. Daarbij wordt in de literatuur meestal gerapporteerd over de reductie potentie van één enkele maatregel en hier hebben we het over combinaties van maatregelen. Als de mest frequent en volledig uit de kelder wordt verwijderd heeft dat bijvoorbeeld positieve effecten op de reductie van methaanemissie uit de mest in de stal. In de literatuur wordt gerapporteerd dat het frequent verwijderen van drijfmest uit de mestkelder (bijvoorbeeld d.m.v. een pomp, maar ook zoals hier door een mestband) en die drijfmest vervolgens in een gasdichte opslag houden i.c.m. een aanvullende techniek om gasvorming tegen te gaan (zoals koeling, zie hieronder), te oxideren (in ontwikkeling, maar nog niet praktijkrijp voor veehouderijdoeleinden), danwel te benutten (vergiftiging)

³ Op het bedrijf Mts. Thelosen in Someren worden sinds oktober 2018 een aantal systemen getest voor blankvleeskalveren. Het project is mede gefinancierd door de Provincie Noord-Brabant (Monteny & van Hoof 2020).

10 tot 80% methaanemissie kan reduceren (Groenestein et al., 2010; Massé et al., 2016; Šebek et al., 2016; Willeghems et al., 2016).

In dit ontwerpconcept worden urine en mest dus apart gehouden en opgeslagen. Dit kan ook positieve effecten hebben voor het verwaarden van meststromen.

1.2 Mogelijk nageschakelde processen en verwaarding

De urinefractie kan als N-meststof (tot de gebruiksnorm van 170kg of 230kg per ha) worden gebruikt of met een verdere bewerkingsstap als kunstmestvervanger worden ingezet.⁴ Eventueel kan de urine licht worden aangezuurd om NH₃-vervluchtiging tegen te gaan.

Feces kunnen in een afgesloten opslag buiten de stal opgeslagen worden, of eventueel verder worden gescheiden i.c.m. een proces van droging en/of compostering.

1.2.1 I.c.m. gecontroleerde compostering

Door (aerobe) compostering (in een composteringstrommel) kunnen de emissies van CH₄ worden beperkt. In dit proces zullen wel emissies van NH₃ en N₂O plaats vinden (Hoeksma et al., 2012). Een optie is om dit proces in een composteringstrommel uit te voeren in combinatie met een luchtwasser om ammoniak op te vangen. Na bijvoorbeeld ongeveer 12-13 uur verblijfstijd en bij de kern een temperatuur van rond 60 °C is dit materiaal een gehygiëniseerd product dat bijv. geëxporteerd kan worden. Eventueel kan het materiaal verder composteren/drogen en korrelen (met een droge stofgehalte van > 90% (Hoeksma et al., 2012) en gecommmercialiseerd worden. Bij een (nog te bepalen) langere verblijfstijd van de dikke fractie in de trommel (die in de praktijk nog vaak te kort is) en de temperatuur die momenteel bereikt wordt, ontstaat een stabiel materiaal dat weinig tot niks kan emitteren.

1.2.2 I.c.m. vergisting?

Om emissies uit (mest of) de dikke fractie te voorkomen kan deze ook vergist worden. Bij vergisting helpen micro-organismen onder anaerobe omstandigheden om de organische stof in biogas (CO₂ en CH₄) om te zetten. Dit is dus een bron van energie. Efficiënte biogas-vergisters kunnen CH₄ emissies verminderen met 60 tot 80%, die anders uit de mest tijdens de opslag in de stal of daarbuiten geproduceerd zouden worden (GRA, 2013). Voorwaarde is dan wel dat mest zo snel mogelijk na te zijn uitgescheiden vergist wordt. Kroes et al (Kroes et al., 2016) melden dat bij het ECOFERM rosé bedrijf er twee mest-stromen zijn. De ene ondergaat een scheidingsproces d.m.v. mestschuif in combinatie met een hellende vloer (zie ontwerpconcept 3, hieronder) en de andere van drijfmest. In 2016 gaven deze twee stromen samen 16.761 ton/jaar mest met een ds-gehalte van 12,8% (Kroes et al., 2016). "De drijfmest uit de oude stal plus de feces uit de nieuwe stal gaan gezamenlijk naar de monovergister. De samenstelling van het digestaat komt in de praktijk uit op 6-7 g/kg N en 2,5-3 g/kg P₂O₅. De opbrengsten aan biogas lagen tussen 30 en 40 m³ per ton" mest (ibid.). "Het bedrijf is gestopt met vergisting omdat de financiële opbrengsten te laag waren om de investeringen in het oplossen van technische problemen terug te verdienen" (Kees Kroes, persoonlijke communicatie, juni 2020). Vergisters zijn efficiënt en vereisen aandacht en een specifieke bedrijfsvoering, subsidie en verdienmodel.

Een relevante vraag is of mest van blankvleeskalveren geschikt is voor vergisting. Vroeger kregen blankvleeskalveren alleen melk verstrekt. De mest was daardoor erg dun met weinig droge stof. Het laatste decennium is het rantsoen en de mest van de kalveren sterk veranderd. Er wordt gerapporteerd dat de gemiddelde samenstelling van dunne mest nu meer dan 4 kg stikstof/ton bevat en 45 kg droge stof /ton (KWIN, 2020). Het huidige rantsoen bevat veel kracht- en ruwvoer c.q. vastvoer. Toch zal bij dit nog relatief lage percentage droge stof (en organische stof) monovergisten

⁴ Als we urine bewerken met omgekeerde osmose komt er een concentraat en water uit. Dat concentraat met N en K mag boven de gebruiksnorm (N 170/230 kg) worden aangewend als kunstmestvervanger.

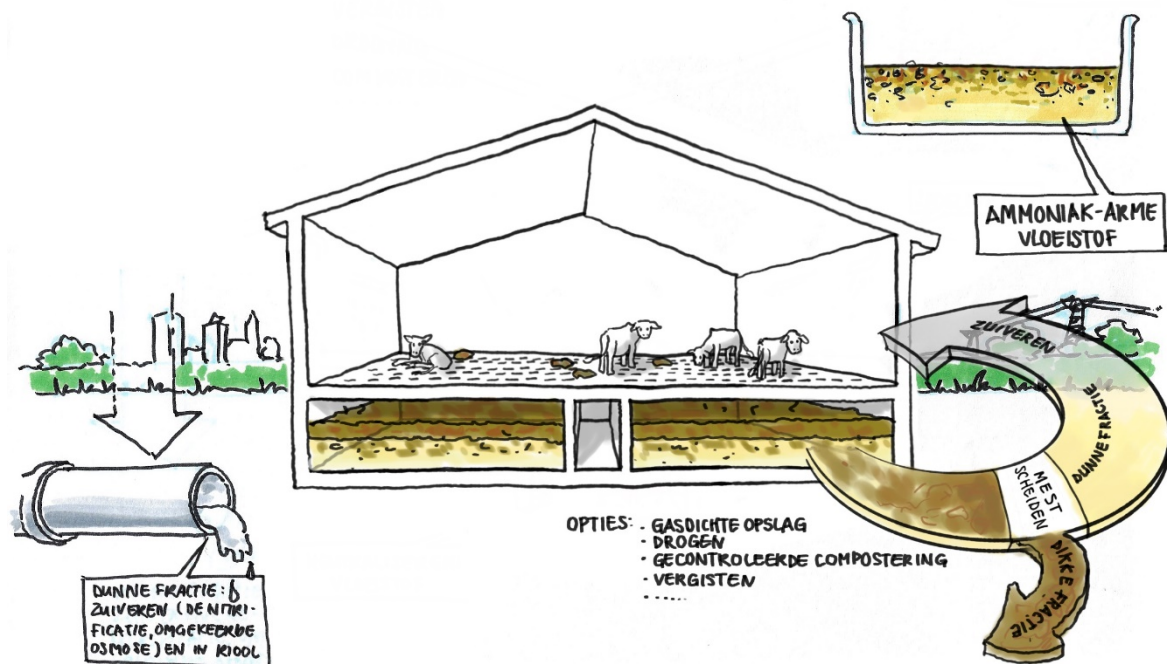
van mengmest van blankvleeskalveren niet rendabel zijn. Het vergisten van alleen de feces verdient het wel om nader onderzocht te worden.

1.3 Toetsingskader

Stalemissies reductiepotentie
NH ₃ ≈40-50% Geur ≈50% Methaan (uit mest) ≈70-80%
Investeringskosten
De investeringskosten voor aanpassingen in bestaande stallen zijn hoog en de meerkosten voor nieuwbouw zijn gemiddeld als er bij het ontwerp van de nieuwe stal met een mestbandensysteem rekening wordt gehouden (slechts enkele maar lange rijen hokken). Aanvullende investeringen zijn uiteraard nodig voor opslag en eventuele mestverwerking.
Operationele kosten
Laag, denk aan energie (aandrijving) en onderhoudskosten van de mestbanden
Economische voordelen/nadelen mest(verwaarding)
Gemiddeld. De urine kan ook worden aangewend op grasland als N-meststof als de kalverhouder grond heeft of als er weidebedrijven in de buurt zijn. Aandachtspunt is dan wel de K-gift. In RENURE ⁵ wetgeving (binnen een paar jaar operationeel) kan urine mogelijk de status krijgen van kunstmestvervanger (dan moet 90% van de N als minerale-N voorkomen). Dat criterium is haalbaar, eventueel kan het met een simpele filtratie bereikt worden (afvangen van de OS). T.a.v. feces: De feces kan gewoon worden afgevoerd naar de akkerbouw of naar vergisters; composteren of drogen is ook mogelijk.
Dierenwelzijn en gezondheid
Naar verwachting draagt het verminderen van emissies (met name ammoniak) bij aan verbeterd welzijn door verbeterde longgezondheid en door verlagen geurbelasting. Het is goed om aandacht te schenken aan de mogelijke geluidsproductie.
Inpasbaarheid in bestaande stallen. Bouwblok. Vergunning. Landschappelijk inpassing
Moeilijk inpasbaar in traditionele dwarsopstellingen vanwege korte lengtes. Er zijn de nodige aanpassingen nodig (afstorten, technische ruimte). Bij ondiepe kelders eventueel verhoogde roostervloer aanleggen (extra kosten). Beter geschikt voor nieuwbouw. Systeem onder de roosters is moeilijk bereikbaar bij storingen. Afhankelijk van de keuzen buiten de stal, moet er extra ruimte beschikbaar zijn op het bouwblok voor opslag of mestverwerkingstechnieken, en eventuele maatregelen voor de landschappelijk inpassing daarvan.
Andere opmerkingen
Alle maatregelen vergen hoge investerings- en operationele kosten t.o.v. een reguliere stal, en die kosten overstijgen de baten. Onder huidige omstandigheden kunnen als de belangrijkste (geldelijke) baten genoemd worden: voldoen aan regelgeving dus recht (vergunning) om te produceren en mogelijkheden voor bedrijfsontwikkeling vanwege forse ammoniak- en geurreductie. Bij mestscheiding voorsorteren op de toekomst of als dat al past in bedrijfsspecifieke situatie, gericht op behouden van stikstof. Onder kalverhouders is enige terughoudendheid over het gebruik van (systemen onder de roostervloer zoals) mestbanden in de kalverstal.

⁵ REcovered Nitrogen from manURE (RENURE). Dit zijn de dierlijke meststoffen die binnenkort volgens de criteria van de EU Nitraatrichtlijn kunstmeststoffen kunnen vervangen. <https://www.lto.nl/mede-dankzij-inbreng-lto-een-nieuwe-stap-vooruit-in-kunstmestvervanging/> (geraadpleegd november 2020).

2 Opvang mest en urine in ammoniakarme vloeistof



In dit conceptontwerp ligt (ook) een goede comfortabele vloer met grip. Bovendien is deze vloer goed doorlatend voor feces en urine.

De kern van het systeem is dat verse feces en urine worden opgevangen in een laag ammoniakarme vloeistof in het mestkanaal. Hierdoor vindt verdunning plaats en wordt de vervluchtiging van ammoniak uit de vloeistof sterk geremd. De vloeistof met daarin mest en urine wordt dagelijks afgevoerd uit het mestkanaal en vervangen door verse vloeistof. Als vloeistof kan water worden gebruikt of bijvoorbeeld de dunne fractie na mestscheiding die door middel van biologische afbraak in een zuiveringsinstallatie ammoniak-arm is gemaakt.

Het systeem is daarmee in beginsel toepasbaar in vrijwel alle vleeskalverstallen met relatief ondiepe kelders. In de varkenshouderij zijn in het verleden verschillende bereidingsprincipes van de vloeistof onderzocht (zie bijvoorbeeld Hoeksma et al., 1993). Hiermee zijn in varkensstallen reducties van ammoniak van ca 40 tot 60 % bereikt, of te wel ongeveer 60 - 80% van de kelderemissie.

Ook de geur- en broeikasgasemissies vanuit de kelder zullen door de verdunning en frequente verwijdering afnemen.

2.1 Bijzonderheden

Feces en urine worden opgevangen in een ammoniak- en geurvrije vloeistof. Voor het verkrijgen van deze ammoniumarme vloeistof wordt een nitrificatie-denitrificatie proces gevolgd. Dit is een proces waarbij de te behandelen vloeistof eerst lang en intensief wordt belucht (het kan ook worden

aangezuurd). De ammonium-N (en een groot deel van de organische stof) wordt daarbij afgebroken en omgezet in nitraat. Door vervolgens een energiebron toe te voegen en de omstandigheden anaerob te maken treedt denitrificatie op, en vervliegt het stikstof in het nitraat naar de lucht in de vorm van stikstofgas (N₂). Bij dit proces kan ook lachgas vrijkomen, een sterk broeikasgas. De mate waarin dit gebeurt is sterk afhankelijk van de procesbeheersing. Procesbeheersing is bij de verdere ontwikkeling en toepassing van deze techniek dan ook een belangrijke voorwaarde. Een open vraag hierbij is of de nitrificatie-/denitrificatiestappen en het verliezen van stikstof een verstandige keuze is binnen de huidige trend naar kringlooplandbouw waarin gestreefd wordt naar een kleiner aandeel van kunstmest en alternatieven hiervoor worden gezocht.

Bij dit systeem wordt een mestscheidingsproces toegepast. Dat kan bijvoorbeeld gebeuren met een decanter-centrifuge om te zorgen dat de dunne fractie weinig organische stof bevat. De dunne fractie wordt naar de beluchtingstank geleid. De gezuiverde dunne fractie kan op het riool geloosd worden. Dezelfde gezuiverde vloeistof kan ook gebruikt worden als geur en ammoniumarme vloeistof. De dikke fractie vereist ook aandacht (denk aan afvoeren, vergisting, droging/hygiëniseren/composteren etc.).

2.2 Vooruitblik

Er zijn bedrijven⁶ die nitrificatie-/denitrificatiesystemen commercialiseren om mest te verwerken. Het systeem wordt momenteel o.a. op een kalverbedrijf in Groenlo (Ottink Mestverwerking) gebruikt. In Groenlo wordt rond de 35.000 m³ kalvermest van eigen bedrijf, en daarnaast varkensmest uit omliggende bedrijven verwerkt. 75% van de mest wordt als gezuiverde dunne fractie geloosd op het riool (na verwerkingen) en de overige 25% dikke fractie gaat op dit moment naar een biogasinstallatie in de directe omgeving.⁷ De techniek van opvang in (beluchte) spoelvloeistof is ook getest in de stal in Someren. Betrokkenen melden dat er door storingen nog geen goed beeld is over de reductiepotentie voor wat betreft ammoniakemissie, en dat het systeem nog wel kwetsbaar is in deze uitvoering (persoonlijk communicatie, juni 2020; Monteny & van Hoof 2020). Betrokkenen beschouwen het systeem desondanks nog wel als 'perspectief vol'.

⁶ <https://www.kamplan.com/nl/mestverwerking/> (geraadpleegd juli 2020).

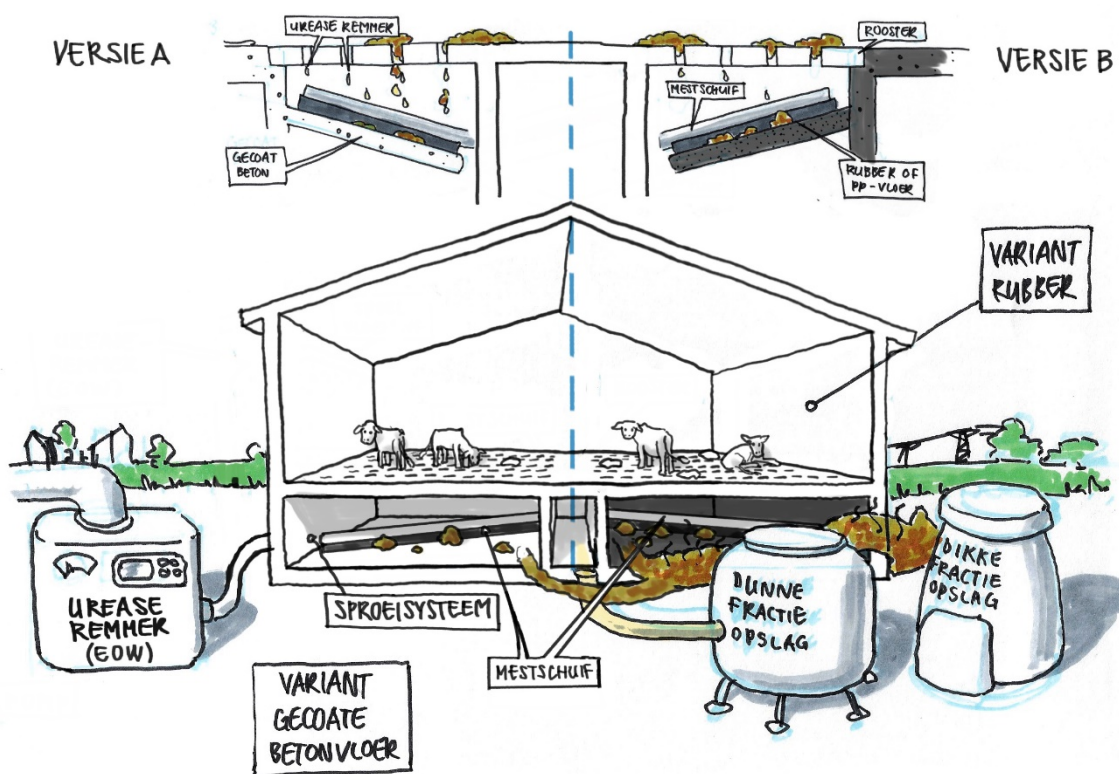
⁷ <https://www.kamplan.com/nl/projecten/mestverwerking/biologische-mestverwerkingsinstallatie/>

2.3 Toetsingskader

Stalemissies reductiepotentie
NH ₃ ≈ 40-50% Methaan (uit mest) ≈ 80%
Investeringskosten
Hoog. Indien een rioleringsstelsel aanwezig is in de stal zijn de stalkosten beperkt. Kosten voor behandelingsunit (beluchten of aanzuren), mechanische scheider en automatisering, extra opslag zijn substantieel.
Operationele kosten
Energieverbruik voor mestscheiding en beluchten, het zuurverbruik bij aanzuren en het onderhoud van de techniek.
Economische voordelen/nadelen eventueel mestverwaarding
Door mestscheiding wordt een dikke fractie en een dunne fractie gecreëerd. Na behandeling kan de dunne fractie als buffervloeistof in het systeem gebruikt worden. Beluchte effluent heeft nauwelijks bemestingswaarde. ⁸
Dierenwelzijn en gezondheid
Naar verwachting draagt het verminderen van emissies (met name ammoniak) bij aan verbeterd welzijn door verbeterde longgezondheid en door verlagen geurbelasting. Vraag is wel of de relatieve luchtvochtigheid boven de roosters niet te hoog wordt bij gebruik van ammoniakvrije vloeistof?
Inpasbaarheid in bestaande stallen. Bouwblok. Vergunning. Landschappelijk inpassing
Redelijk inpasbaar in bestaande stallen. De verwerking van de dunne fractie buiten de stal heeft relatief grote impact op het bouwblok. Ook meeste impact op vergunningen. Landschappelijk is er in principe geen probleem.
Andere opmerkingen
Ammoniak wordt via nitraat omgezet naar N ₂ gas. Dat is niet schadelijk, maar ook niet duurzaam. De N verdwijnt uit de kringloop van de landbouw. Beter zou het zijn om de N uit mest goed te benutten in de organische mest of in kunstmestvervangers. Verder is er een risico op N ₂ O en NH ₃ emissies vanuit een beluchtingssysteem.

⁸ Er zijn verschillende mogelijkheden om hier innovaties voor te ontwikkelen. Men zou bijvoorbeeld een spoelsysteem kunnen maken waar geen beluchting wordt toegepast, maar omgekeerde osmose. Dan kan het effluent gebruikt worden om te spoelen en de rest kan worden geloosd. Dan kan men ook een dikke fractie maken om af te zetten naar akkerbouw. De tweede innovatie is: de beluchting centraal laten geschieden op de kalvergierbewerkingsinstallatie en de spoelvloeistof via de persleiding naar de bedrijven brengen. Dan moeten uiteraard ook de pathogenen gedood worden.

3 Mestschuif onder de roostervloer met lage urease-activiteit vanwege urease-remmer of rubber-uitvoering



Onder de roostervloer is een ondiep mestkanaal aanwezig met een gladde en vlakke, maar licht hellende vloer van beton met coating of beton met rubber/polyethyleen/polypropyleen welke door een mestschuif wordt gereinigd.

3.1 Betonvloer i.c.m. urease-remmer

Onder de roostervloer vallen feces en urine op een gladde, gecoate hellende betonvloer.⁹ Door het afschot loopt de urine continu weg (> 1%). Urine/gier wordt in een afgedekte/afgesloten opslag opgeslagen. Om te voorkomen dat bij deze opslag emissies vrijkomen kan er bijvoorbeeld een koelsysteem geïnstalleerd worden (zie hieronder). Urine/gier kan op grasland of bij de akkerbouw gebruikt/afgezet worden.

Een mestschuif verwijdert de feces (bijvoorbeeld elke 2 uur overdag en elke 4 uur 's nachts; experimenten en praktijkervaringen zullen dit nader kunnen specificeren). Er is een sproeisysteem (op de mestschuif, of een vast sproeisysteem vanaf de zijkant) om water en/of een desinfecterend middel of een urease-remmer toe te passen. Ammoniak ontstaat als ureum in de urine in contact komt met het enzym urease. Urease wordt geproduceerd door bacteriën op de vloer of in de feces. Uit eerder

⁹ Slijtage, bevulling waar (urease enzym)bacteriën kunnen vasthechten zijn problemen die als eerder zijn gerapporteerd (zie bijvoorbeeld, van de Sande-Schellekens et al., 1995).

onderzoek (Aarnink & Puente-Rodríguez, 2017; Puente-Rodríguez & Bos, 2019) is gebleken dat de urease-activiteit sterk kan worden gereduceerd door toepassing van een desinfectiemiddel op de vloer. Het meest perspectiefvolle middel is geëlektrolyseerd water¹⁰ (EOW: 'electrolyzed oxidized water'). Uit voornoemd onderzoek blijkt dat deze middelen bij éénmalige behandeling van de vloer de urease-activiteit op deze vloer gedurende minimaal 2 dagen sterk kan reduceren. Verder kan EOW tegen relatief lage kosten op het bedrijf zelf worden aangemaakt. Nadat het zijn werking heeft gehad wordt EOW weer snel afgebroken tot onschadelijke componenten waardoor dit middel ook wordt gebruikt voor bijvoorbeeld vermindering van microbiële besmetting op voedselverwerkende oppervlakken, roestvrij staal, glaswerk in het laboratorium of medische en tandheelkundige voorzieningen (Sakurai et al. 2002; Al-Haq et al. 2005; Mukhopadhyay et al. 2012; Buncic & Sofos 2012). Uit onderzoek is gebleken dat een behandeling met EOW op een betonnen sleuvenvloer op een melkveebedrijf na reiniging van de vloer met een borstel en een schraper de ammoniakemissie vanaf de vloer met 68,2% reduceert t.o.v. water dat als controle werd gebruikt (Puente-Rodríguez & Bos 2019, blz. 126; Aarnink & Puente-Rodríguez 2017). Bij intensief toepassen van EOW op de vloer kan de urease-activiteit naar de (bijna 0) achtergrondwaarde worden teruggebracht. Momenteel wordt dit systeem verder ontwikkeld binnen verschillende veehouderijsectoren.

De dikke fractie kan afgezet worden (naar een mestverwerkingsbedrijf bijvoorbeeld), aerob (voor methaan) of gekoeld gehouden of worden vergist (zie discussie hierboven).

3.2 Rubber uitvoering

Hetzelfde systeem onder de roosters kan ook gebruikt worden zonder een urease-remmer (EOW). In dat geval is het kelderoppervlak niet van beton, maar wordt die voorzien van een toplaag van bijvoorbeeld thermoplastisch rubber. Maar ook andere kunststoffen zoals polyethyleen¹¹ of rubberachtige coatings en materialen kunnen, theoretisch, toegepast worden. Een thermoplastisch elastomeer materiaal wordt bijvoorbeeld gebruikt in de toplaag van de Groene Vlag.¹² Onderzoek heeft laten zien dat de urease-activiteit van dit materiaal 90% lager is dan van een traditionele betonroostervloer in de melkveehouderij (Kasper et al., 2010; zie ook Van den Hoorn et al., 2009; Puente-Rodríguez & Bos, 2019). Uit onderzoek blijkt dat ook op andere typen rubber geen of nauwelijks een biofilm wordt gevormd en daardoor een lage urease-activiteit heeft. Experimenten hebben laten zien dat het type rubber dat gebruikt wordt bij de merknaam Eco-Vloer¹³ een vergelijkbare urease-activiteit liet zien als de Groene Vlag (Puente-Rodríguez & Bos 2019, blz. 139-140). Of dit het geval is met andere rubber-materialen zou onderzocht moeten worden.

In dit concept loopt de urine weg dankzij het afschot en de gladheid/dichtheid van het oppervlak. De feces worden door een mestschuif getransporteerd. Deze mestschuif is ook van polypropyleen/polyethyleen gemaakt om te zorgen dat er geen slijtage plaatsvindt en om emissies te voorkomen. Mocht de mestschuif bijvoorbeeld elke 2 uur zijn beurt doen en bij een goede werking (water zou eventueel gebruikt kunnen worden voor de volledigheid van het reinigen) zou er in de kelder, een theoretische reductie van rond 90% van de kelderemissie van ammoniak en van circa 100% aan methaan kunnen zijn.

Voor zo ver wij weten is er met dit systeem nog niet geëxperimenteerd. Een experimenteel- en ontwikkelingstraject is hiervoor vereist.

¹⁰ EOW, electrolyzed oxidizing water; pH 6,8 – 7,0; oxidation reduction potential (ORP) > 930; FAC 500 ppm; Aquaox BV, Soest (Puente-Rodríguez & Bos, 2019).

¹¹ Een aandachtspunt van veel harde kunststoffen vormen de uitzettingscoëfficiënten, d.w.z. de rek en krimp vermogen bij temperatuur wisselingen.

¹² Ontwikkeld door de Irish Custom Extruders Ltd en in Nederland verkrijgbaar.

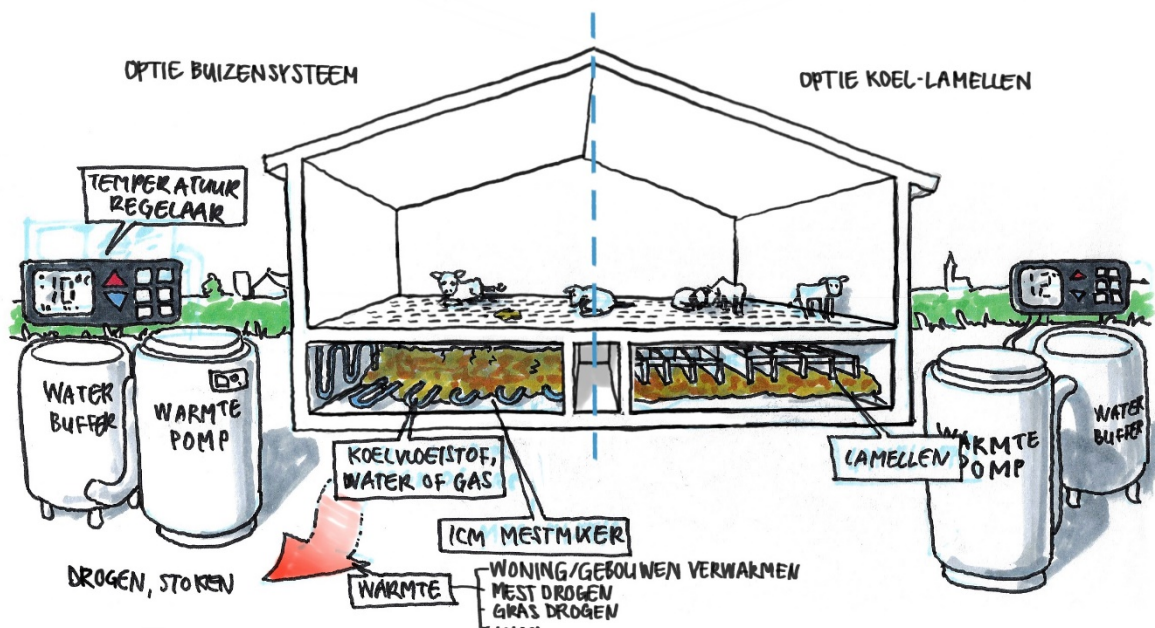
¹³ <https://andersbeton.com/nl/eco-vloer> (geraadpleegd juli 2020).

Nota bene: Deze twee systemen gaan uit van een scheiding van feces en urine. Dit past binnen de trend in de veehouderij om meststoffen beter te benutten om o.a. het beter afsluiten van kringlopen (kringlooplandbouw). Daarnaast is het effectief om de ammoniakemissie te beperken (zie bijvoorbeeld De Vries 2014). Het systeem is echter zeker ook denkbaar bij toepassing van drijfmest en die drijfmest frequent uit de mestkelder te verwijderen. Uit onderzoek is gebleken dat het 2 en 4 keer tijdens de zomerperiode leegmaken van de mestopslagtank de methaanuitstoot (uit melkkoeien- en varkensmest) gemiddeld met respectievelijk 40 en 80% vermindert (Massé et al., 2016; zie ook Willeghems et al., 2016). Voor de reductie van de ammoniakemissie wordt echter een minder groot percentage verwacht.

3.3 Toetsingskader

Stalemissies reductiepotentie
NH ₃ ≈ 40-50% (winst uit de kelder; geen effect op de emissie van de roostervloer) Methaan (uit mest) ≈ 80-90% (alle mest wordt uit de stal verwijderd)
Investeringskosten
Hoog. Aanpassingen kelder nodig (afschot, afstort dikke fractie goot dunne fractie incl. pompen). EOW installatie. Tevens rubber of coating. In nieuwe stallen kan er direct rekening worden gehouden met de aangepaste kelderuitvoering. In alle gevallen moet er ook in mestopslag buiten de stal worden geïnvesteerd.
Operationele kosten
Redelijk hoog (t.a.v. huidige situatie in bestaande stallen). Het energiegebruik van een mestschuif is relatief laag. Maar de combinatie van verschillende technieken en onderhoud zorgen voor hogere kosten.
Economische voordelen/nadelen eventueel mestverwaarding
Zie argumenten scheiding d.m.v. een mestband. Twee gescheiden mestfracties. Er treedt meer vermenging op van feces en gier dan bij de mestband. Gier en feces kunnen separaat aangewend of afgevoerd worden, in specifieke situaties leidt dit tot voordelen. Mogelijk in de toekomst voordeel. Behouden van stikstof in de mest is voordelig maar bij een overschot aan stikstof op het bedrijf kan het nadelig zijn
Dierenwelzijn en gezondheid
Naar verwachting draagt het verminderen van emissies (met name ammoniak) bij aan verbeterd welzijn door verbeterde longgezondheid en door verlagen geurbelasting.
Inpasbaarheid in bestaande stallen. Bouwblok. Vergunning. Landschappelijk inpassing
Moeilijk inpasbaar in bestaande stallen. Er zijn de nodige ingrijpende aanpassingen nodig (schuine putvloer, mestschuiven, afstorten, technische ruimte). Opslag buiten stal dus inpasbaarheid in bouwblok kan problemen opleveren. Vergunningen: Is van de Rav-lijst gehaald vanwege het uitblijven van emissiemetingen. Momenteel wordt dit systeem verder ontwikkeld. Landschappelijk geen probleem.
Andere opmerkingen
Alle maatregelen zijn ten opzichte van een reguliere stal in termen van investerings- en operationele kosten hoog, en de kosten overstijgen de baten. Onder huidige omstandigheden kunnen als de belangrijkste (geldelijke) baten genoemd worden: voldoen aan vergunning dus recht om te produceren, verbeterde gezondheid mens en dier wat mogelijk leidt tot hogere productie, met mestscheiding voorsorteren op de toekomst of indien dat al past in de bedrijfsspecifieke situatie, behouden van stikstof.

4 Mest koelen



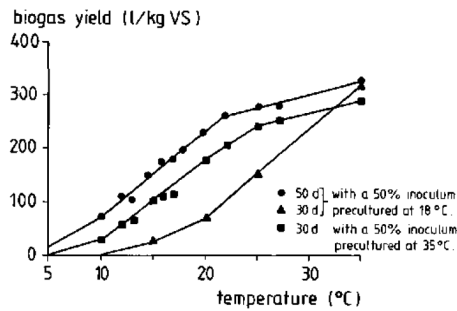
Het koelen van mest kan plaatsvinden in de huidige mestkelders. Door het koelen van mest kan je zorgen dat ammonium minder makkelijk als ammoniak emitteert. Met temperatuur kunnen daarnaast ook CH_4 -gerelateerde processen in de mest gestuurd worden. Als de temperatuur laag is, dan is de bacteriële activiteit ook laag waardoor alle omzettingsprocessen (digestie) langzamer verlopen en dus ook minder methaanvorming en emissies plaatsvinden (Groenestein et al., 2012; Borhan et al., 2012; GRA, 2013).

Een simpele manier om mest koeler te bewaren is de opslagduur van de mest in de stal verkorten, omdat de stal vaak warmer is dan buiten. Dit geldt vooral voor varkensstallen die verwarmd worden. Groenestein en haar collega's (2012) berekenden op basis van de Arrhenius-vergelijking dat met een gemiddelde buitenlucht temperatuur in Nederland van 10 °C de methaanemissies in de varkensstallen tussen 23 en 43% gereduceerd kunnen worden. Bij rundvee is het verschil tussen de temperatuur binnen en buiten kleiner en zal een dergelijke maatregel dus minder effect hebben.

Door de temperatuur te verlagen wordt het proces van ammoniakvorming vertraagd. Van Dooren en Mosquera (2019) melden dat het koelen van varkensmest in de Rav is opgenomen met een ammoniakemissiereductie van 44-52% bij vleesvarkens. Deze onderzoekers (zie ook de gebruikte referenties in dat rapport) concluderen dat in de melkveehouderij "een emissiereductie van 10-15%" haalbaar lijkt. Voor vleeskalveren schatten Smits et al in 2005 in dat door mest te koelen er een reductie van de ammoniakemissie van tussen 20 à 40% te bereiken is (zie ook Monteny & van Hoof 2020).

In het navolgende bespreken we het actief koelen van mest in de mestkelder. Dit principe zou ook in buiten opslagen toegepast kunnen worden.

T.a.v. methaan is het doel van koeling om mest onder 10°C (8°C bijvoorbeeld) te brengen. In figuur 1 zien we een toename in biogasopbrengst vanaf 10°C, daarom blijven we het liefst onder de 10°C. We houden even 8°C aan voor de zekerheid



Figuur 1 Effect van mesttemperatuur op de (biogas en dus de) methaanproductie (Zeeman, 1991).

Er zijn verschillende technieken die toegepast kunnen worden om warmte aan mest te onttrekken.

1. Lamellen. Smits en collega's (Smits et al., 2005) rapporteren bijvoorbeeld dat de ammoniakemissie beperkt kan worden door de laag mest boven in het mestkanaal te koelen met behulp van drijvende koelelementen, lamellen. Door de lamellen vloeit grondwater. Het gebruik van grondwater is gebonden aan specifieke regels. Het lamellensysteem is bekend vanuit de varkenshouderij waar het rond de eeuwwisseling op redelijke schaal in bestaande stallen werd ingebouwd.

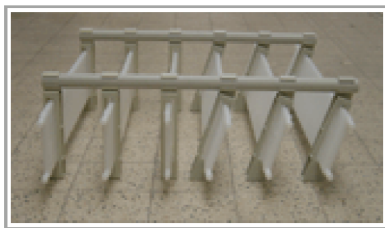


Foto links: zij-aanzicht van een koeldek unit
Foto rechts: bovenaanzicht van een koeldekstelsel in de mestkelder van een varkensstal in aanbouw. Zodra er voldoende mest in de mestkelder wordt opgeslagen, gaan de elementen drijven in de toplaag van de mest.

Foto 2 Impressie van het lamellen systeem voor een kalverbedrijf (Smits et al., 2005).

2. Buizensysteem. Een systeem van buizen is op de vloer en/of langs de wanden van de mestkelder geplaatst. Het buizensysteem is gevuld met vloeibaar koelmiddel (zoals water of glycol. Of een gas). De mest warmt het water/koelmiddel op en d.m.v. een warmtepomp kan die warmte aan het koelmiddel onttrokken worden en naar een hogere temperatuur opgewaardeerd in een ander medium - zie hieronder. Opslag van warm water kan in een buffervat plaatsvinden. Het afgekoelde koelmiddel gaat retour in het buizensysteem. Dit systeem is in de ontwikkelingsfase en zijn er nog geen commerciële verkrijgbare systemen in de markt bekend.

Om de mest homogeen te kunnen koelen moet deze met enige regelmaat worden gemixt. Hiervoor is een mixstelsel nodig. Dit kan een elektrische mestmixer (onze voorkeur) zijn of een mixer die bij de trekker aangekoppeld kan worden



Foto 3 *Impressie van een buizensysteem om mest te koelen in een melkveebedrijf.¹⁴*

Bij deze systemen (buizen of lamellen) wordt tegenwoordig een warmtepomp gebruikt om warmte aan de mest te kunnen onttrekken. Bij het vroegere lamellensysteem werd opgewarmd grondwater teruggepompt de aarde in. In tegenstelling tot vroeger wordt de warmte niet geloosd via grondwater als koelmiddel, maar wordt de warmte met een warmtepomp onttrokken aan het koelmiddel, en opgeslagen. Het koelmiddel kan zo eindeloos worden hergebruikt in het proces.

De systemen kunnen worden voorzien van een interface om de koelingscapaciteit te reguleren.

De restwarmte kan benut worden om bijvoorbeeld de stal, huizen of andere gebouwen van warmte te voorzien of om activiteiten als gras-, mest-drogen etc. te kunnen uitvoeren. Indien er geen warmtevraag is, of als er een warmteoverschot is kan deze warmte ook actief geloosd worden (bijvoorbeeld in de buitenlucht), wat vaak extra energie kost en jammer van de warmte.

Momenteel wordt toepassing van lamellen om de toplaag van kalvermest te koelen in de praktijk getest. Koelen met grondwater biedt onvoldoende perspectief, omdat daarmee bij vleeskalveren te weinig verlaging van de mesttemperatuur wordt bereikt. Met een warmtepomp kan verder worden gekoeld. De eerste voorzichtige resultaten laten zien dat er een reductie van rond 20-35% ammoniakemissie bereikt kan worden (Monteny & van Hoof 2020), maar dat het systeem nog verder geoptimaliseerd moet worden t.a.v. de koelcapaciteit die nodig is om kalvermest te koelen (persoonlijk communicatie, juni 2020).

¹⁴ www.boerderij.nl/Rundveehouderij/Achtergrond/2019/6/Melkveehouder-hergebruikt-warmte-uit-mest-en-melk-437586E/ (geraadpleegd, juni 2020).

4.1 Toetsingskader

Stalemissies reductiepotentie
NH ₃ ≈20 tot 35% Methaan (uit mest) ≈50% Indien het systeem werkt (gehele mestkolom gekoeld <8 graden) kan de kelderemissie voor methaan nog lager worden.
Investeringskosten
Gemiddeld hoog. Het kan wel in bestaande putten. Koelsysteem, warmtewisselaar/warmtepomp. Isolatie mestkelder zou nodig kunnen zijn. Elektrische mestmixers.
Operationele kosten
Deze kunnen gemiddeld hoog worden (maar moet nog onderzocht worden). Continu koelen kost energie
Economische voordelen/nadelen eventueel mestverwaarding
De OS en N blijven mogelijk iets beter behouden, maar de mest zal gewoon moeten worden afgezet zoals nu ook gebeurt. De mest kan hogere opbrengsten geven bij vergisting ten opzichte van niet gekoelde even lang bewaarde mest. Maar daartegenover staat dat gekoelde mest in een vergister eerst weer op temperatuur moet komen. I.t.t. dagverse mest. Warmte kan benut worden, dit kan (een deel van de) operationele kosten compenseren. Warmteproductie en warmtevraag lopen echter niet in alle gevallen synchroon over het jaar heen.
Dierenwelzijn en gezondheid
Naar verwachting draagt het verminderen van emissies (met name ammoniak) bij aan verbeterd welzijn door verbeterde longgezondheid en door verlagen geurbelasting. Een risico is dat het misschien te koud wordt boven de roosters voor de kalveren. In dat geval kan restwarmte wellicht gebruikt worden als verwarmingbron.
Inpasbaarheid in bestaande stallen. Bouwblok. Vergunning. Landschappelijk inpassing
Inpasbaar in bestaande stallen, maar in dat geval noodzakelijkerwijs zonder isolatie van de mestput. Systeem wordt aantrekkelijker als de restwarmte nuttig ingezet kan worden. Minste impact op bouwblok. Vergunningen geen probleem. Landschappelijk geen probleem.
Andere opmerkingen
Koelen is effectief voor reductie methaan en ammoniak. Bij de hier beschreven uitvoeringen mag je verwachten dat koelen van boven leidt tot afkoeling van de lagen daaronder. Koelen van onderen zal veel minder snel leiden tot koelen van de bovenliggende lagen. Ammoniak zal dan alsnog uit bovenlaag vervluchtigen. Er moet dus diep gekoeld en goed gemixt worden. Het systeem is nog in ontwikkeling. Verder worden de processen in de mest door koeling vertraagd. Risico bestaat op afwenteling van emissies verderop in de mestketen. Mogelijke innovatie kan zijn: koelen op een centrale plek en deze gekoelde mest continue rondpompen. Of centraal koelen en aanzuren (zie onder).

5 Toevoegingsmiddelen – mest aanzuren

Door specifieke middelen aan de mest toe te voegen is het mogelijk om de ammoniakemissie en methaanvorming te reduceren. Antibacteriële middelen kunnen bijvoorbeeld rechtstreeks een reducerend effect hebben op de activiteit van de methanogene microben. Martinez et al. (Martinez et al., 2003) beschrijven dat in de varkenshouderij een interessante reductie bereikt kan worden bij varkensmest met commerciële middelen als de chemische additieven NX23 (47% methaanemissiereductie), Stalosan (54%) en Biosusper (64%) (Martinez et al., 2003). Deze resultaten komen echter uit een experimentele setting, waardoor het moeilijk is om de kosten en het werkelijke effect op de emissies in praktijksituaties in te schatten (Mosquera et al., 2013) en of het van invloed is op het gebruik als meststof. De werking van deze middelen op methaan zou deels gebaseerd zijn op de verlaging van de pH-waarde. Recent onderzoek in Denemarken heeft positieve resultaten opgeleverd bij experimenten met looizuur (als microbiële remmer) gecombineerd met fluoride (Gade, 2019).¹⁵

Andere additieven liggen in de sfeer van de zogenoemde 'actieve micro-organismen'. Veehouders gebruiken deze middelen meestal ten behoeve van de homogeniteit van mest. Experts zijn kritisch t.a.v. het werkelijke effect op emissies die sommige leveranciers claimen omdat het aan goede, objectieve metingen ontbreekt en er geen plausibel werkingsmechanisme kan worden genoemd. Mogelijk zijn er wel initiatieven/middelen met potentie. Tot op heden zijn er geen mestadditieven waarvan de werking (emissiereductie) is vastgesteld en die door de overheid zijn erkend.

5.1 Mest aanzuren

Door het toevoegen van zuren wordt de pH van mest verlaagd. Dit wordt gezien als een kansrijke maatregel waarmee afhankelijk van het zuur en de toegevoegde hoeveelheid, een reductie van 65% à 90% (van de emissie uit mest) van methaan bereikt kan worden (Petersen et al., 2012; Petersen et al., 2014; Šebek et al., 2016). Recenter onderzoek (Habewold et al., 2018) met zwavelzuur (H_2O_4) bevestigt een 69-84% methaanemissie reductie. In Denemarken is dit systeem (JHacidification NH_4^+) gestandaardiseerd en toegepast voor ammoniakemissie met positieve resultaten (hierna/onder staan visuele impressies¹⁶ van het systeem). Op basis van het VERA-protocol¹⁷ levert dit een reductie van 64% ammoniakemissie in de varkenshouderij.¹⁸ In Denemarken is dit systeem in werking op 75 melkveebedrijven en in 76 varkensbedrijven.

In Nederland heeft dit systeem geen voet aan de grond gekregen, o.a. door de mogelijk verdere verzuring van de grond bij intensief gebruik (Jacobsen, 2015). Maar ook omdat het systeem in Nederland qua kosten niet met de zogenoemde emissiearme vloersystemen kan concurreren.



¹⁵ Zie ook https://www.varkens.nl/nieuws/2020/07/23/looizuur-met-fluor-verlaagt-emissies-fors?utm_source=nieuwsbrief&utm_medium=email&utm_campaign=nieuwsbrief-23-07-2020 (geraadpleegd augustus 2020).

¹⁶ <http://jhagro.com/jh-nh4-slurry-treatment/> (geraadpleegd augustus 2020).

¹⁷ VERA (Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production) protocol is een poging van Duitsland, Denemarken en Nederland om de meetprotocollen en informatie over milieutechnologieën in de landbouwsectoren te homogeniseren <https://www.vera-verification.eu/nl/>.

¹⁸ http://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA-Statement006_JH-Forsuring-NH4.pdf (geraadpleegd juli 2019)

Literatuur

- Aarnink, A. J. A., Huis in 't Veld, J., Hol, A., & Vermeij, I. (2007). Dagelijks mestverwijderen voor beter stalklimaat en lagere emissies. *V-focus (Oktober 2007)*. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/24164>.
- Aarnink, A. J. A., & Puente-Rodríguez, D. (2017). *Reduction of ammonia emission from areas where animals are maintained*. International patent application. PCT/NL2018/050820.
- Al-Haq, M.I., Sugiyama, J., & Isobe, S. (2005). Applications of Electrolyzed Water in Agriculture & Food Industries. *Food Science and Technology Research*, 11(2), 135-150. doi.org/10.3136/fstr.11.135.
- Borhan, M. S., Mukhtar, S., Capareda, S., & Rahman, S. (2012). Greenhouse Gas Emissions from Housing and Manure Management Systems at Confined Livestock Operations. In L. F. Marmolejo Rebellon (Ed.), *Waste Management - An Integrated Vision* (pp. 259-296): InTech. doi: 10.5772/51175
- Buncic, S. & Sofos, J. (2012). Interventions to control Salmonella contamination during poultry, cattle and pig slaughter. *Food Research International*, 45, 641-655. doi:10.1016/j.foodres.2011.10.018.
- De Vries, J. W. (2014). *From animals to crops: Environmental consequences of current and future strategies for manure management*. (PhD). Wageningen University & Research, Wageningen.
- Gade, J. J. S. (2019). *Identificaiton and development of novel strategies to reduce formation of ammonia in animal manure*. (PhD). University of Souther Denmark, Denmark.
- GRA (2013). Reducing greenhouse gas emissions from livestock: Best practice and emerging options: Livestock Research Group (LRG) & Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases (GRA).
- Groenestein, G. M., Huijsmans, J. F. M., & Schils, R. L. M. (2010). *Emissies van broeikasgassen, ammoniak, fijn stof en geur in de mestketen*. Lelystad, Wageningen Livestock Research, Rapport 248.
- Groenestein, C. M., Mosquera, J., & Van der Sluis, S.M. (2012). Emission factors for methane and nitrous oxide from manure management and mitigation options. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 9 (1), 139-146. doi: 10.1080/1943815X.2012.698990.
- Groenestein, C. M., Bokma, S., & Ogink, N. W. M. (2014). *Actualisering ammoniakemissiefactoren vleeskalveren tot circa 8 maanden; Advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij*. Lelystad. Wageningen UR, Livestock Research, Rapport 778.
- Habewold, J., Gordon, R., Sokolov, V., VanderZaag, A., Wagner-Riddle, C., & Dunfield, K. (2018). Reduction in Methane Emissions From Acidified Dairy Slurry Is Related to Inhibition of Methanosarcina Species. *Frontiers in Microbiology*, 8. doi:10.3389/fmicb.2018.02806
- Heeres, J., Wolthuis, M., Bokma, S., Smits, D., Stockhofe, N., Vermeij, I., & van Reenen, K. (2017). *Alternatieve vloeren voor vleeskalveren*. Wageningen UR. Livestock Research, Rapport 1056.
- Hoeksma, P., Oosthoek, J., Verdoes, N., & Voermans, J. A. M. (1993). *Reductie van ammoniak emissie uit varkensstallen door mestspoelen met beluchte spoelvroestof*. IMAG-DLO rapport 93-23.
- Hoeksma, P., Mosquera, J., & Melse, R. W. (2012). *Monitoring methane and nitrous oxide reduction by manure treatment*. Wageningen Livestock Research, Report 627).
- Jacobsen, B. H. (2015). *Why is acidification a success only in Denmark? A look at emission effects, costs, handling and regulation*. Paper presented at the Manuresource Conference, Ghent.
- Kasper, G. J., Blanken, K., & Bokma, S. (2010). *De urease-activiteit van Comfort Slat Mats in vergelijking met betonrooster in rundveestallen*. Wageningen Livestock Research, Rapport 390.
- Kroes, K., Huurman, S., de Visser, C., Hemke, G., van Liere, J., & van den Top, N. (2016). *De ECOFERM Kringloopboerderij in de praktijk*. Utrecht, Innovatie Agro & Natuur.
- KWIN 2020-2021 (2020). *Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2020-2021*. Wageningen Livestock Research, Handboek 43.
- Martinez, J., Guizoui, F., Peu, P., & Gueutier, V. (2003). Influence of treatment techniques for pig slurry on methane emissions during subsequent storage. *Biosystems Engineering*, 85(3), 347-354. doi:10.1016/S1537-5110(03)00067-9
- Massé, D. I., Jarret, G., Hassanat, F., Benchaar, C., & Cata Saady, N. M. (2016). Effect of increasing levels of corn silage in an alfalfa-based dairy cow diet and of manure management practices on manure fugitive methane emissions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 221, 109-114. doi:10.1016/j.agee.2016.01.018.
- Monteny, G-J & van Hoof, W. (2020). Emissiearme vleeskalverstallen. Case/control-metingen aan emissiereducerende systemen voor wit-/blankvleeskalveren gedurende 2 afmestperiodes in 2018/2019 in Someren (Noord-Brabant). Monteny Milieu Advies, kei groen. Deelrapport Fase 3. file:///C:/Users/puent001/AppData/Local/Temp/Emissiearme%20veeskalverstallen%20NBr_Fase%203_case%20control%20metingen%20praktijkstal%20Someren.pdf.
- Mosquera, J., Groenestein, C. M., Timmerman, M., Aarnink, A. J. A., & Winkel, A. (2013). *Deskstudie naar maatregelen ter vermindering van broeikasgasemissies uit varkens- en pluimveestallen*. Wageningen Livestock Research Rapport 750.
- Mosquera, J., van Hattum, T., Nijeboer, G. M., Hol, J. M. G., van Dooren, H. J., & Bokma, S. (2017). *Effect of floor type on the ammonia and odour emission from veal calves housing*. Wageningen Livestock Research, Report 980.
- Mosquera, J., van Hattum, T., Nijeboer, G. M., Hol, J. M. G., van Dooren, H. J., & Bokma, S. (2019). *Ammonia and odour emission from a veal calves housing system with V-shaped manure belt and 'Groene Vlag' slatted floor*. Wageningen Livestock Research, Report 1171.
- Mukhopadhyay, S. & Ramaswamy, R. (2012). Application of emerging technologies to control Salmonella in foods: A review. *Food Research International*, 25, 666-667. doi:10.1016/j.foodres.2011.05.016.

- Petersen, S. O., Andersen, A. J., & Eriksen, J. (2012). Effects of Cattle Slurry Acidification on Ammonia and Methane Evolution during Storage. *Journal of Environmental Quality*, 41(1), 88–94. doi:10.2134/jeq2011.0184.
- Petersen, S. O., Hojberg, O., Poulsen, M., Schwab, C., & Eriksen, J. (2014). Methanogenic community changes, and emissions of methane and other gases, during storage of acidified and untreated pig slurry. *Journal of Applied Microbiology*, 117(1), 160-172. doi:10.1111/jam.12498.
- Puente-Rodríguez, D., & Bos, A. P. (2019). *Environmental Dairy Design for 2020 (EDD20): Ontwerpen voor huisvestingsystemen van melkvee met lage ammoniakemissie*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1162.
- Sakurai, Y., Ogoshi, K., Kaku, M. & Kobayashi, I. (2002). Strongly acidic electrolyzed water: Valuable disinfectant of endoscopes. *Digestive Endoscopy*, 15: 19-24.
- Šebek, L. B., Mosquera, J., & Bannink, A. (2016). *Rekenregels voor de enterische methaanemissie op het melkveebedrijf en reductie van de methaanemissie via mest-handling; het handelingsperspectief van het voerspoor inzichtelijk maken met de Kringloopwijzer*. Wageningen Livestock Research, Rapport 976.
- Smits, M. C. J., Melse, R. W., Smits, A. C., & Ogink, N. W. M. (2005). *Bouwsteen stallen. Quick scan van opties voor vermindering van ammoniak- en geuremissie uit vleeskalverstallen in de Agrarische Enclave Uddel Elspeet*. Agrotechnology & Food Innovations B.V. Wageningen UR, Rapport 509.
- Van de Sande-Schellekens, A. L. P., van Brakel, C. E. P., & Backus, G.B.C. (1995). *Ervaringen met de Haglando-mestschuif op een vleesvarkensbedrijf in PROPRO*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen, P 1.130.
- Van den Hoorn, C. J., Blanken, K., & Gunnink, H. (2009). *Oriënterende emissiemetingen aan de Comfort Slat Mats voor melkvee*. Animal Sciences Group van Wageningen UR, Rapport 225.
- Van Dooren, H.J.C. & Mosquera, J. (2016). *Maatregelen ter vermindering van de ammoniakemissie uit de melkveehouderij: indicatieve beoordelingen van vloer- en keldermaatregelen*. Wageningen Livestock Research. Rapport 915.
- Willeghems, G., De Clercq, L., Michels, E., Meers, E., & Buysse, J. (2016). Can spatial reallocation of livestock reduce the impact of GHG emissions? *Agricultural Systems*, 149, 11-19. doi:10.1016/j.agsy.2016.08.006.
- Zeeman, G. (1991). *Mesophilic and psychrophilic digestion of liquid manure*. (PhD). Landbouwiniversiteit Wageningen, Wageningen. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/202851>.

Visuals: **Jochem Galama**. <http://new.contour-ids.nl/>



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

