

Analyse beschikbare technieken voor integrale emissiereductie in vleeskalverstallen

Luuk Gollenbeek¹, Sjoerd Bokma², Hendrik Jan van Dooren¹

1 Wageningen Livestock Research

2 Emsterhof Advies

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Verminderen fossiele nutriënten en emissies naar bodem, water en lucht' (projectnummer BO-43-101-060).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, juni 2023

Rapport 1425



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Samenvatting NL Vanwege de urgentie om stikstofemissies en -depositie terug te dringen, is een goed beeld nodig van de tijdslijn voor implementatie van emissiearme stallen. In dit rapport gaan we in op innovaties in vleeskalverstallen. Daarbij gaat het om stallen die via brongerichte maatregelen of via een combinatie van brongerichte en end-of-pipe maatregelen een integrale emissiereductie bewerkstelligen. Dit betekent dat niet alleen de ammoniakemissie moet worden beperkt, maar tevens de emissies van broeikasgassen (vooral methaan), geur en in mindere mate fijnstof. Het gaat hierbij om perspectievolle maatregelen die voor de vleeskalverhouder beschikbaar zijn of komen in de komende jaren.

Summary UK Due to the urgency to reduce nitrogen emissions and deposition, a good picture of the options and timeline for implementation of low-emission housing systems is needed. In this report we discuss innovations in housing for veal calves. This concerns techniques that achieve an integral emission reduction through source-oriented measures or through a combination of source-oriented and end-of-pipe measures. This means that not only ammonia emissions should be reduced, but also emissions of greenhouse gases (especially methane), odour and to a lesser extent particulate matter. It concerns promising techniques that are or will be available for veal farmers in the coming years.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174631421> 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, 2023

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 gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Onderzoeksopzet en beschrijving sector	9
2.1 Onderzoeksopzet	9
2.2 Korte beschrijving van de vleeskalversector	10
3 Resultaat	14
3.1 Reeds beschikbare brongerichte en nageschakelde maatregelen	14
3.2 Combinaties van reeds beschikbare brongerichte maatregelen en nageschakelde maatregelen	17
3.3 Kansrijke nieuwe brongerichte en nageschakelde maatregelen	17
3.4 Inschatting kosten van maatregelen en inpasbaarheid in bestaande stallen	24
3.5 Ouderdom en afschrijving huidige vleeskalverstallen	25
3.6 Gebruik vleeskalverstallen rosé en blank	26
3.7 Benodigde aanvullende kennis	28
3.8 Verwachte betrouwbaarheid en robuustheid maatregelen	29
3.9 Emissiewaarden aanscherping	30
4 Discussie	32
Literatuur	34
Bijlage 1 Uitleg TRL	36
Bijlage 2 Korte omschrijving brongerichte systemen	37



Samenvatting

Sinds 1 juli 2021 is de Wet stikstofreductie en natuurverbetering ('Stikstofwet') van kracht. Deze wet wijzigt de Wet natuurbescherming (Wnb) en de Omgevingswet. Er zijn daarin bindende omgevingswaarden vastgesteld om de stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden terug te dringen. Dit betreft resultaatverplichtingen voor 2025 en 2030. In die jaren moeten respectievelijk tenminste 40%, en 74% van de hectares met stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden onder de kritische depositiewaarden (KDW) worden gebracht. Ten aanzien van de bronmaatregel 'stalmaatregelen' is aangegeven dat uiterlijk eind 2023 per diergroep aangescherpte emissienormen voor ammoniak voor nieuwe stallen en geplande renovaties worden vastgesteld.

Vanwege de urgentie om stikstofemissies en -depositie terug te dringen, is een goed beeld nodig van de tijdslijn voor implementatie van bestaande en in ontwikkeling zijnde maatregelen voor emissiereductie in stallen. In dit rapport gaan we in op mogelijke technische maatregelen in vleeskalverstallen. Daarbij gaat het om stallen (hardware) die via brongerichte maatregelen, nageschakelde ('end-of-pipe') technieken of via een combinatie daarvan een integrale emissiereductie bewerkstelligen. Aan de hand van vijftien vragen zijn de huidige en toekomstige bronmaatregelen geïnventariseerd en is een aantal aspecten van de kalversector beschreven.

Op de huidige Infomil lijst (lijst met vastgestelde emissiefactoren in het kader van de Regeling ammoniak en veehouderij en de Regeling geurhinder en veehouderij) is een aantal nageschakelde technieken opgenomen (luchtwassers) waarmee de volgende reducties behaald kunnen worden afhankelijk van de soort luchtwasser: ammoniak 70-95%, geur 30-45 % en fijnstof 35-80%. Daarnaast zijn ook twee bronmaatregelen opgenomen: A 4.7 en A 4.8. bronmaatregel A 4.7 is echter voor nieuwe situaties niet meer toepasbaar (verlopen voorlopige emissiefactor) en bronmaatregel A 4.8 betreft nog een voorlopige emissiefactor die mogelijk naar boven wordt bijgesteld (dus minder reductie). Reducties die behaald kunnen worden met A4.8 zijn: ammoniak 46%, geur 0 % en fijnstof 0%. Zowel luchtwassers als de vloermaatregel A 4.8 zijn toepasbaar in bestaande stallen en bij nieuwbouw.

Van de bronmaatregelen die in ontwikkeling zijn wordt de meeste potentie verwacht van: mestband onder de roosters, mestschuif onder de roosters en verdunnen en spoelen met ammoniumarme vloeistof. Van deze maatregelen wordt verwacht dat ammoniakreducties van 40-60 % gehaald kunnen worden. Verlaging van geur en fijnstof zijn niet formeel vastgesteld, maar wel wordt verwacht dat beide zullen dalen en ook wordt verwacht dat broeikasgasemissies uit de mest in de stal (fors) gereduceerd worden (concept rapportage Meijer et al. 2022). Het binnenklimaat van de stal zal verbeteren met voorgenoemde bronmaatregelen. Verwacht wordt dat het nog enkele jaren duurt voordat deze maatregelen voldoende bemeten zijn om op te nemen in de Infomil lijst. Dit wordt mede veroorzaakt door de huidige onzekerheden voor veehouders en stagnatie van ontwikkelingen door hoge bouwkosten en problemen met het verkrijgen van vergunningen. De toepasbaarheid van bronmaatregelen in bestaande stallen verschilt per maatregel. Verdunnen en spoelen wordt voor de meeste bestaande stalsystemen als goed inpasbaar geacht, voor banden en schuiven onder de roosters zullen grotere ingrepen aan de stal gedaan moeten worden. De mogelijkheden worden ook grotendeels bepaald door de uitvoering van de bestaande stal.

Uitgaande van ammoniakemissie reductie zullen bronmaatregelen minder effectief (lagere emissie reductie N) en minder kosteneffectief (minder N reductie per euro) zijn dan de luchtwassers. Daarbij leiden nageschakelde maatregelen over het algemeen niet tot een verbetering van het stalklimaat, brongerichte maatregelen vaak wel. Methaanemissies worden met luchtwassers niet gereduceerd, met bronmaatregelen zijn methaanemissies uit mest in de stal vaak wel te reduceren.

Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de geldende emissiefactor voor overige huisvestingssystemen (A4.100) van 3,5 kg NH₃/dierplaats per jaar niet meer representatief is voor de gehele sector. Geschat wordt dat een referentiewaarde van 4 tot 5 kg NH₃/dierplaats/jaar beter past bij de huidige situatie. Metingen in het kader

van de klimaatvelop op 2 rosé- en 4 blankvleesbedrijven worden naar verwachting eind 2023 afgerond, op basis waarvan een beter gefundeerde nieuwe referentiewaarde bepaald kan worden.

1 Inleiding

Aanleiding

Sinds 1 juli 2021 is de Wet stikstofreductie en natuurverbetering ('Stikstofwet') van kracht. Deze wet wijzigt de Wet natuurbescherming (Wnb) en de Omgevingswet. Er zijn daarin bindende omgevingswaarden vastgesteld om de stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden terug te dringen. Dit betreft resultaatverplichtingen voor 2025 en 2030. In die jaren moeten respectievelijk tenminste 40%, en 74% van de hectares met stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden onder de kritische depositiewaarden (KDW) worden gebracht. Wat dit precies betekent voor de reductie van de ammoniakemissie moet nog nader worden onderzocht en uitgewerkt in een programma maar wel duidelijk is dat voor een verdere reductie van de stikstofdepositie zowel een generieke als een gebiedsgerichte aanpak gecombineerd moet worden en dat de (kosten)effectiviteit van genomen maatregelen sterk afhankelijk zal zijn van de locatie ten opzichte van het kwetsbare Natura 2000-gebied (TNO, 2019). Om stikstofreductie te realiseren is een heel pakket aan stikstof reducerende bronmaatregelen voor verschillende sectoren ontwikkeld. Ook de agrarische sector, en met name de veehouderij, zal hier haar bijdrage moeten leveren. Vanuit de veehouderij emitteert stikstof vooral in de vorm van ammoniak (NH_3) en in mindere mate als lachgas (N_2O). Om implementatie van brongerichte integrale reductiemaatregelen te stimuleren is sinds 2020 de Subsidieregeling brongerichte verduurzaming stal- en managementmaatregelen (Sbv) van kracht. Deze regeling biedt ondersteuning aan innovaties en eerste investeringen in nieuwe staltechnieken. In de brief van 24 april 2020 is de Tweede Kamer geïnformeerd over de structurele aanpak van stikstof. Ten aanzien van de bronmaatregel 'stalmaatregelen' is aangegeven dat uiterlijk eind 2023 per diergroep aangescherpte emissienormen voor ammoniak voor nieuwe stallen en geplande renovaties worden vastgesteld. Deze nieuwe emissie-eisen moeten uiterlijk in 2025 voor alle relevante diergroepen zijn ingevoerd. Voor bestaande stallen zal dan een nader te bepalen overgangperiode gaan gelden, waarbij rekening wordt gehouden met de mogelijkheden van individuele veehouders.

Vanwege de urgentie om stikstofemissies en -depositie terug te dringen, is een goed beeld nodig van de tijdslijn voor implementatie van bestaande en in ontwikkeling zijn de maatregelen voor emissiereductie in stallen. In dit rapport gaan we in op mogelijke technische maatregelen in vleeskalverstallen. Daarbij gaat het om stallen (hardware) die via brongerichte maatregelen, nageschakelde ('end-of-pipe') technieken of via een combinatie daarvan een integrale emissiereductie bewerkstelligen. Integraal betekent hierbij dat niet alleen de ammoniakemissie moet worden beperkt maar tevens de emissies van broeikasgassen (vooral methaan) en geur moeten verminderen. Indien gegevens over de emissie van fijnstof (PM_{10} emissies) bekend zijn dan worden deze ook meegenomen maar hier wordt bij vleeskalveren geen prioriteit aan gegeven. Dit omdat de emissies van fijnstof relatief laag zijn ten opzichte van andere dierssectoren. Ter vergelijking: de fijnstof-emissiefactor voor vleeskalveren (A4.100) is 33 g/dierplaats/jaar, die voor vleeskuikens (A3.100) 22 g/dierplaats/jaar, voor legkippen (E2.100) 84 g/dierplaats/jaar en voor vleesvarkens (D3.100) 153 g/dierplaats/jaar). De bijdrage van de totale rundveehouderij aan de PM_{10} emissies uit de landbouw bedroeg in 2020 5,5% (Emissieregistratie, 2022). Het gaat hierbij om perspectievolle maatregelen die voor de kalverhouders beschikbaar zijn of komen in de komende jaren.

Doel

Het doel van dit kennisdocument is inzicht te geven in de potentiële stadia van ontwikkeling en de mogelijkheden voor implementatie van de innovatieve emissiearme technieken in vleeskalverstallen per 2023 en 2025 aan de hand van hierover gestelde vragen van de ministeries LNV en I&W. Daarnaast heeft het tot doel te reflecteren op de betrouwbaarheid van de technieken naar aanleiding van de uitkomsten van de berekening van stikstofverlies uit opgeslagen mest door het CBS (Van Bruggen & Geertjes, 2019) en het daarop volgende advies van de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) (CDM, 2020) Daarin wordt geconcludeerd dat emissiearme technieken in de praktijk waarschijnlijk meer ammoniak emitteren dan de emissiefactoren aangeven.

In het onderhavige rapport is eenzelfde structuur aangehouden als in Aarnink et al. (2021) waarin voor de varkenssector een vergelijkbare analyse is uitgevoerd naar de mogelijkheden voor emissiereductie.

Voorliggend rapport:

- Beperkt zich helemaal op de vleeskalversector en geeft een update van de beschikbare innovaties, mede op basis van de verschillende innovatieve systemen die voor subsidie zijn aangeboden in de Sbv-regeling.
- Geeft een update van de verwachte emissiereducties van de verschillende emissiearme systemen op basis van de huidige stand van het onderzoek.
- Gaat uit van een minimale ammoniakreductie zoals die is gesteld vanuit de Sbv-regeling, dit betekent minimaal 50% reductie ten opzichte van een vleeskalverstal zonder emissiereducerende maatregelen (A4.100). Deze minimale ammoniakreductie zegt echter niets over toekomstig vast te stellen normen voor ammoniak.

2 Onderzoeksopzet en beschrijving sector

2.1 Onderzoeksopzet

Uitgevoerde werkzaamheden

Voor de beantwoording van de onderzoeksvragen (zie hieronder) is een deskstudie uitgevoerd bestaande uit literatuuronderzoek en raadpleging van experts. Belangrijke (literatuur)bronnen waren: KWIN-veehouderij 2022-2023, Regeling Ammoniak en Veehouderij (RAV) Infomil lijst¹, Subsidie brongerichte maatregelen veehouderij (Sbv) projecten², Publiek private samenwerking (PPS) Kalverstal van de Toekomst (Punte et al., 2021), emissieonderzoek bij een kalverhouder in Someren (Monteny en Van Hoof, 2020 & Tauw, 2022) en diverse WUR-meetprojecten. De beoordelingen van betrouwbaarheid, robuustheid, inpasbaarheid bestaande bouw zoals weergegeven in tabellen 3.1 en 3.2 zijn uitgevoerd door de auteurs. De rapportage is voorgelegd aan een aantal sectorpartijen, en de opdrachtgevers Ministeries van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en Infrastructuur en Waterstaat (I&W), waarna de rapportage inclusief deze beoordelingen nog eens zijn aangescherpt.

Onderzoeksvragen

Om een beeld te krijgen van de mogelijkheden en implementatie van brongerichte maatregelen om de ammoniak en andere emissies te verminderen, zullen de volgende vragen worden beantwoord:

1. Welke bestaande huisvestingssystemen zijn beschikbaar voor een kalverenhouder voor directe implementatie voor een integrale brongerichte aanpak van emissies van ammoniak, broeikasgassen (methaan en lachgas), geur en fijnstof en welke leiden naast een vermindering van emissies naar de leefomgeving ook tot een verbetering van het stalklimaat? Wat is het effect op andere duurzaamheidsparameters als dierenwelzijn van deze systemen?
2. Welke bestaande nageschakelde technieken zijn er en welke emissiereducties zijn hiermee te behalen?
3. Welke brongerichte maatregelen kunnen gecombineerd worden met een nageschakelde techniek en welke emissiereducties zijn hiermee te behalen?
4. Welke nieuwe brongerichte maatregelen zijn in ontwikkeling en welke bedrijven bieden deze systemen aan?
5. Welke nieuwe nageschakelde technieken zijn in ontwikkeling en welke bedrijven bieden deze systemen aan?
6. In welke fase van de innovatiecyclus bevinden de systemen onder punt 4 en 5 zich en wanneer zijn die klaar voor implementatie?
7. Wat zijn per techniek (bron of nageschakelde) de potentiële emissiereducties die behaald kunnen worden en welk effect heeft de techniek op de kwaliteit van de stallucht? Graag per techniek een reductiepercentage en de te realiseren ammoniakemissie per dierplaats per jaar.
8. Wat zijn per techniek de investerings- en jaarkosten? Hoe verhouden deze kosten zich tot het gemiddelde inkomen op de bedrijven (in de afgelopen 5 jaar). Indien niet kwantitatief beschikbaar graag kwalitatief.
9. Kunnen nieuwe technieken worden ingebouwd in bestaande stallen en is dit betaalbaar?
10. Wat is de afschrijvingstermijn voor stallen en wat is de werkelijke levensduur?
11. Wat is de ouderdom van vleeskalverenstallen?
12. Gebeurt het in de praktijk dat bedrijven switchen tussen rosékalveren en blankvleeskalveren? En kan dit in een bestaande stal of moet inrichting dan gewijzigd worden?
13. Wat is er nodig aan (nieuwe) kennis om een besluit te kunnen nemen over aanscherping van emissie-eisen voor kalveren in nieuwe en bestaande stallen?

¹ <https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/emissiearme-stalsystemen/emissiefactoren-per/map-staltypen/hoofdcategorie/> (9 maart 2022)

² <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/projecten?query-content=onderzoeken-en-ontwikkelen-innovaties-voor-stallen> (9 maart 2022)

14. De (Commissie Deskundigen Meststoffenwet) CDM/CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek) analyse geeft aan dat er bij veel technieken vragen zijn over de betrouwbaarheid in de praktijk van het rendement. Welke technieken scoren hoger op betrouwbaarheid? Graag per techniek een overzicht van de mate van zekerheid dat de techniek daadwerkelijk leidt tot de vastgestelde ammoniakreductie.
15. Zijn er consequenties van relevante ontwikkelingen in de kalverenector voor aanscherping van maximale emissiewaarden voor ammoniak en zo ja welke consequenties? Een overzicht van de huidige stand van zaken.

Uitgangspunten

- De volgende omschrijving wordt gehanteerd voor brongerichte maatregelen: maatregelen die niet alleen de emissies naar de omgeving (buiten de stal) verminderen, maar tevens de concentraties in de stal verlagen door een reductie van de emissies bij de bron, waardoor een betere luchtkwaliteit ontstaat voor mens en dier in de stal. Voorgaande geldt ook voor systemen die de lucht in de stal zodanig reinigen dat de luchtkwaliteit in de omgeving van het dier (en van de diervorzorger) wordt verbeterd.
- We beperken ons in dit document tot de emissies uit de stal. Natuurlijk moet afwenteling van emissies naar bronnen buiten de stal voorkomen worden. Voor ammoniak en geur geldt dat afdekken van buitenopslagen en emissiearm aanwenden van mest de emissies verder in de keten belangrijk zijn om de totale emissies te beperken. Voor methaan geldt dit in mindere mate. Langdurige opslag in een buitenopslag kan significante methaanemissies geven, alhoewel daar nog niet veel over bekend is. Het beste is om de mest snel verder te brengen in de keten (aanwenden of verwerken).
- Benoemde investeringskosten zijn de kosten voor het bouwen van een systeem in een nieuwe stal. Het betreft de meerkosten ten opzichte van de standaardstal in KWIN 2022-2023.
- Benoemde jaarkosten zijn de kosten voor afschrijving, rente, onderhoud en variabele exploitatiekosten zoals toevoegmiddelen, afvoerkosten, elektriciteitsverbruik etc..
- **Betrouwbaarheid:** De betrouwbaarheid van een systeem is een inschatting van de mate waarin het systeem (ook na verloop van tijd) de beoogde **emissiereductie** behaalt. Dit kan te maken hebben met eenvoud van ontwerp (overlap met robuustheid) en de installatie bij bouwen, benodigd onderhoud en benodigde managementaandacht (toevoegmiddelen/rapportage/controle werking/mate van automatisering). Hierbij is als uitgangspunt genomen dat de ondernemer goed ondernemerschap toont voor het gekozen systeem.
- **Robuustheid:** De robuustheid van een systeem is een inschatting van de mate waarin het systeem (ook na verloop van tijd) **technisch** blijft functioneren zoals beoogd bij ontwerp en installatie. Daarbij spelen de operationele kosten en de benodigde kosten voor onderhoud een rol. Hoe hoger hoe minder robuust.
- Brandveiligheid is niet meegenomen in de beoordeling van de systemen. Wel is in de discussie ingegaan op een aantal algemeenheden omtrent brandveiligheid en bron- en nageschakelde technieken.

2.2 Korte beschrijving van de vleeskalversector

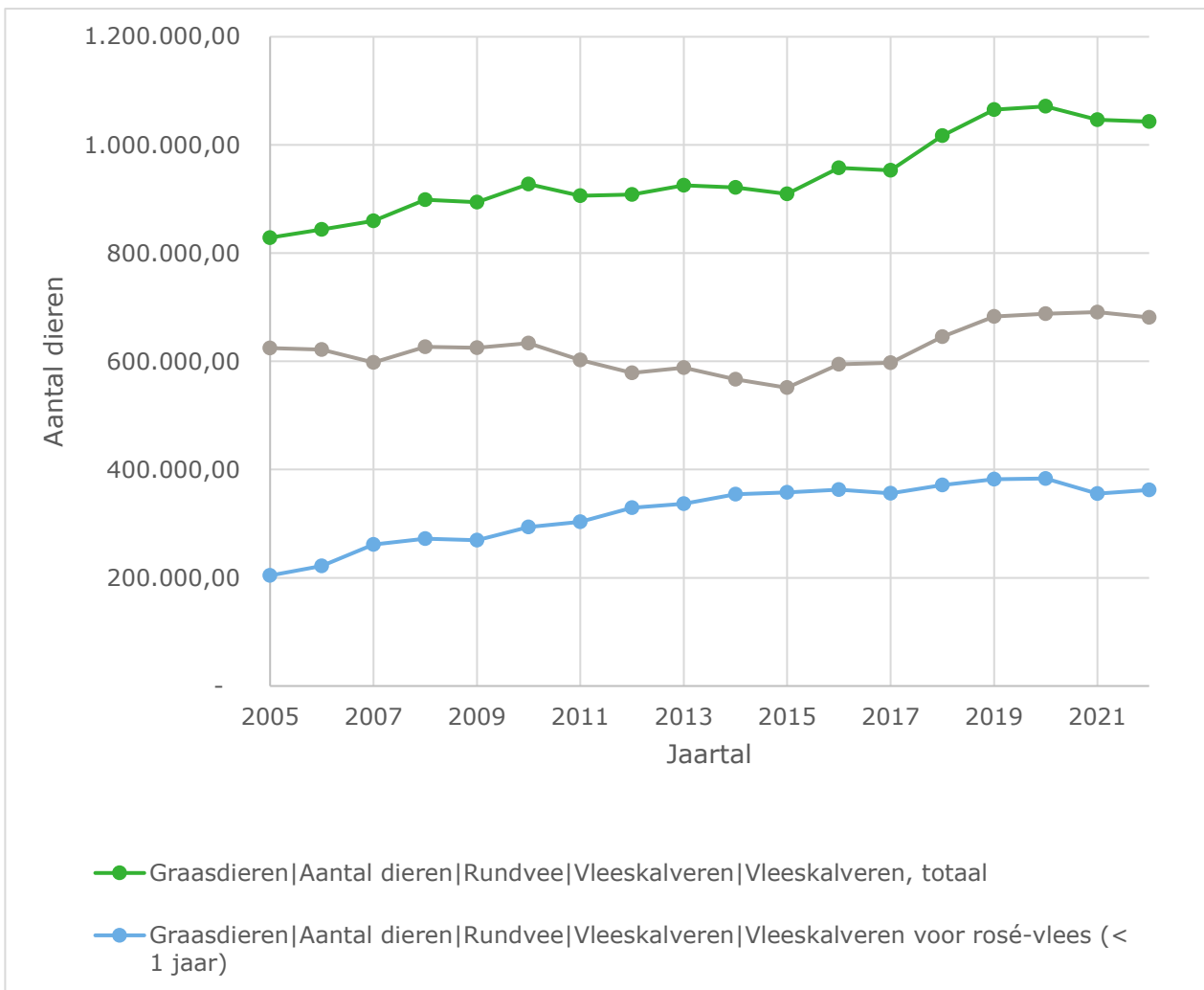
De vleeskalversector is geconcentreerd in de provincie Gelderland, met name op de Veluwe en in de Gelderse Vallei. Daar bevonden zich in 2021 42% van het aantal bedrijven en bijna de helft van het aantal dieren (47%) (CBS, 2022a). Als ook de provincies Noord-Brabant en Overijssel betrokken worden gaat het om circa 80% van de bedrijven en de dieren.

De vleeskalversector valt uiteen in twee, of eigenlijk drie marktsegmenten, de blankvleesproductie en de jong- en oudrosévleesproductie. Deze segmenten verschillen in voeding, afmestduur en levend eindgewicht en uiteindelijke vleesopbrengsten. Voor blankvlees is dat gemiddeld respectievelijk 27 weken en 268 kg en bij rosé-vlees is dat respectievelijk 31 weken en 317 kg voor jongrosé, en 40 weken en 380 kg voor oudrosé (KWIN 2022-2023)³.

Volgens de landbouwtelling waren er in 2021 in Nederland 1620 bedrijven met vleeskalveren. Op deze bedrijven waren op 1 april van dat jaar (gecorrigeerd voor tijdelijke leegstand) 1.071.280 dieren aanwezig

³ Geluiden uit de praktijk wijzen op hogere gewichten ten opzichte van deze in de literatuur gepresenteerde gewichten.

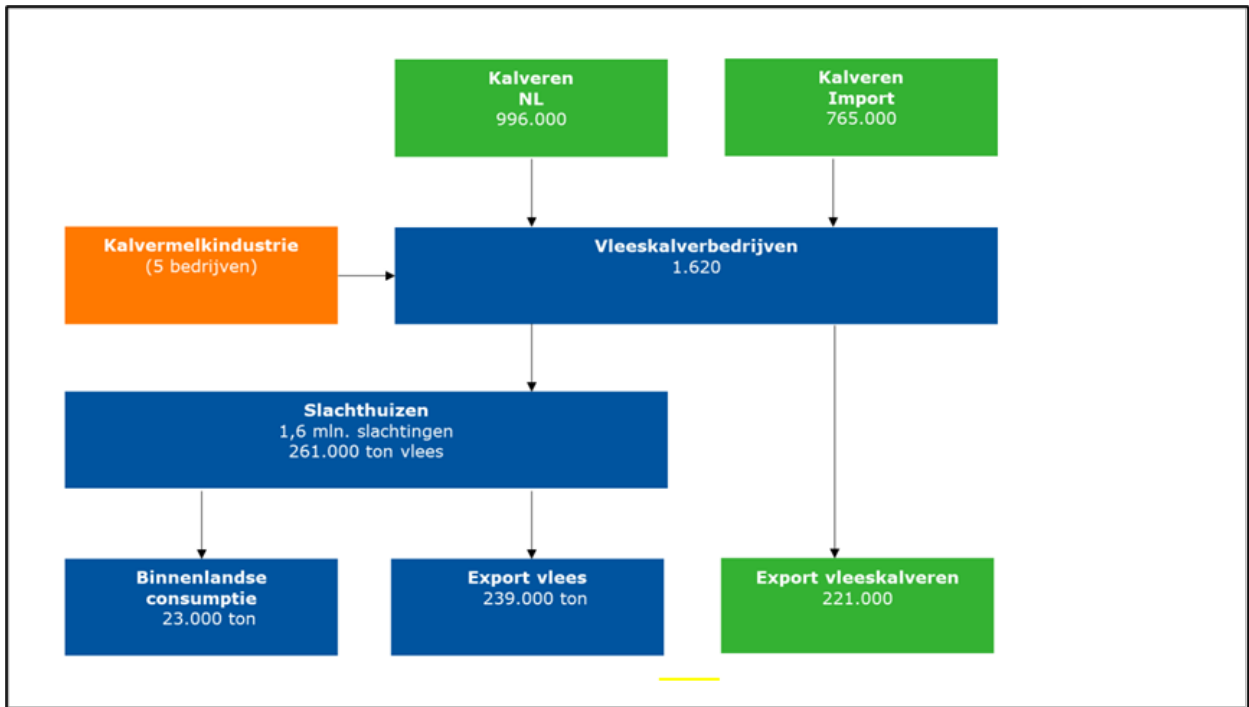
waarvan 66% blankvleeskalveren (CBS, 2022b). In figuur 2.1 zijn de aantallen rosé- en blankvleeskalveren weergegeven in de tijd.



Figuur 2.1 Verloop aantal blankvlees en rosévleeskalveren gedurende periode 2005 t/m 2022 (bron: CBS Statline 14-09-2022).

Blankvleeskalveren worden hoofdzakelijk gemest onder contract bij integraties. De drie grote integraties in Nederland zijn Denkvit, Pali Group en de VanDrie Group. De kalverhouder is bij die constructie geen eigenaar van de kalveren en loopt daardoor zelf minder marktrisico omdat hij feitelijk een vergoeding ontvangt voor de huisvesting en verzorging van de kalveren. Planning van opzet en afleveren van de kalveren gebeurt door de integraties en vindt plaats per bedrijf ('all-in/all-out'). Het is voor vleeskalverhouders veelal minder aantrekkelijk om als vrije ondernemer in de blankvleesproductie te opereren omdat de integraties ook de belangrijkste andere schakels in de keten beheersen zoals; kalverhandel, melk- en mengvoerproductie, slachterij en afzetkanalen. Bovendien zijn de afzetrisico's door prijsfluctuatie groot omdat een blankvleeskalverbedrijf meestal minder dan twee afzetmomenten per jaar kent.

Bij de rosévleesproductie zien we overwegend vrije ondernemers die zelf eigenaar zijn van de dieren en mengvoer en enkelvoudige grondstoffen inkopen en deels ook zelf telen. Afzet van de zware kalveren (oudrosé) vindt daar meer gespreid over het jaar plaats omdat er ook continue dieren worden opgezet (veelal geen 'all-in/all out'). Deze ondernemers hebben veel grotere vrijheid van handelen en houden met hun bedrijfsvoering meer rekening met de actuele marktomstandigheden. Deze veehouders kunnen dus ook vrij eenvoudig schakelen tussen jong- en oudrosé als dat wenselijk zou zijn. Een overzicht van de structuur van de sector is weergegeven in 2.2.



Figuur 2.2 Globaal overzicht van de keten rond de vleeskalverhouderij (Berkhout et al, 2022), schema gebaseerd op cijfers 2020.

In de groeiperiode van rosékalveren zijn twee fasen te onderscheiden: de opstartfase en de afmestfase. Beide fasen worden in de regel apart gehuisvest, soms zelfs op verschillende bedrijven.

Rosékalveren worden gespeend en krijgen meer ruwvoer dan blankvleeskalveren waardoor de ontwikkeling van de pens sneller op gang komt. De emissiefactor voor methaan uit pens- en darmfermentatie is daardoor voor rosé-kalveren dan ook ruim drie keer zo hoog als voor blankvleeskalveren (Van Bruggen et al., 2020 en 2017). In tabel 2.1 zijn de berekende enterische emissies methaan per dierplaats per jaar weergegeven voor 2014 en 2015. Er is echter geen consensus in de literatuur in de verhouding tussen methaanemissie uit mest en enterische methaanemissie. Tijdens emissiemetingen in het onderzoek 'emissiearme vleeskalverstallen' (concept rapportage Meijer et al., 2022) werden beduidende reducties (85 %) in methaanemissie uit de stal gemeten bij bronmaatregelen waarbij de mest zo snel mogelijk uit de stal werd verwijderd. Voor blankvlees is dus de indicatie (één stal bemeten) dat de enterische methaanemissie beperkt bijdraagt aan de totale methaan emissie uit de stal.

Tabel 2.1 Emissiefactoren voor methaan uit pens- en darmfermentatie (kg CH₄/dier/jaar) bron: Van Bruggen et al., 2017.

Diersoort	2014*	2015*
Melk en Kalkoeien NW NL	129	131
Melk en Kalkoeien ZO NL	126	128
Blank vleeskalveren	7	7
Rosé vleeskalveren	31	32

* Berekend door vermenigvuldiging van de bruto energieopname per jaar met de methaanconversiefactor (Volgens IPCC Default)

Naast deze verschillen kenmerkt de sector zich door variatie in huisvesting. Huisvesting vindt plaats in gescheiden afdelingen met aan weerszijde van een smalle voergang een aantal hokken of in een grote stal met daarin verschillende voergangen en hokken (meestal voor jongere dieren) of een brede centrale voergang met aan beide kanten hokken (meestal voor oudere dieren). Ventilatie is vrijwel altijd mechanisch. Ook vloeruitvoeringen verschillen. Traditioneel worden bij blankvleeskalveren en rosékalveren in de opfokfase houten roosters toegepast. Betonnen roosters worden als standaard roostervloeruitvoering bij rosékalveren in de afmestfase gezien. Ook vanwege deze verschillen in de huisvesting ligt een wisseling tussen het houden van blankvleeskalveren en (jong)rosévleeskalveren niet voor de hand. De uitvoeringen van de mestputten zijn ook divers, variërend van diepe putten met drijfmest opslag maar ook ondiepe putten met gootjes voor verzameling mest en afvoer (aangepaste oude kistkalverstallen).

Net als voor andere diercategorieën is in bijlage 1 van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) voor de vleeskalverhouderij (A4) een lijst van huisvestingssystemen opgenomen met een bijbehorende emissiefactor voor ammoniak, geur en fijnstof. Op deze lijst staan in totaal 44 unieke stalbeschrijvingen verdeeld over 13 huisvestingssystemen. In slechts 2 van deze huisvestingssystemen gaat het *niet* om een chemische, biologische of gecombineerde luchtwasser. Deze twee systemen zijn: een stal met hellende roostervloer in combinatie met hellende schijnvloer onder de roostervloer en een stal met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten.

Groenestein et al. (2014) hebben in 2014 geadviseerd de ammoniakemissiefactor van de referentiestal te verhogen van de geldende 2,5 kg NH₃/dierplaats/jaar naar 3,1 kg NH₃/dierplaats/jaar voor blankvleeskalveren en 3,7 kg NH₃/dierplaats/jaar voor rosévleeskalveren. Op basis van dit advies is de emissiefactor voor ammoniak in 2015 verhoogd voor vleeskalveren naar 3,5 kg NH₃/dierplaats/jaar. In Groenestein et al. (2017) zijn voor zowel de blankvlees- en rosévleeskalverhouderij de referentie uitvoering voor huisvesting en management zoals die in 2013 gangbaar was beschreven. De emissiefactor voor ammoniak, geur en fijnstof die momenteel horen bij deze referentie uitvoering is respectievelijk 3,5 kg per dierplaats per jaar, 35,6 odour units (OU) per dier per seconde en 33 gram PM₁₀ per dierplaats per jaar. Volgens het Besluit emissiearme huisvesting geldt sinds 1 januari 2020 een maximale emissiefactor voor ammoniak bij een nieuw op te richten, of te renoveren dierenverblijf van 2,5 kg NH₃ per dierplaats per jaar.

3 Resultaat

3.1 Reeds beschikbare brongerichte en nageschakelde maatregelen

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op vraag 1 en vraag 2 te weten:

Vraag 1: Welke bestaande systemen zijn beschikbaar voor een kalverenhouder voor directe implementatie voor een integrale brongerichte aanpak van emissies van ammoniak, broeikasgassen (methaan en lachgas), geur en fijnstof en welke leiden naast een vermindering van emissies naar de leefomgeving ook tot een verbetering van het stalklimaat? Wat is het effect op andere duurzaamheidsparameters als dierenwelzijn?
Vraag 2: Welke bestaande nageschakelde technieken zijn er en welke emissiereducties zijn hiermee te behalen?

In de Infomil-lijst zijn voor categorie A4 13 reductiesystemen beschreven waarvan er 11 een chemische, biologische of gecombineerd luchtwassysteem bevatten. De andere twee zijn gebaseerd op een emissie reducerende vloer. In tabel 3.1 zijn de brongerichte en nageschakelde maatregelen weergegeven die momenteel (september 2022) in bijlage 1 van de Rav zijn opgenomen. Het betreft twee brongerichte maatregelen.

- *'Stal met hellende roostervloer in combinatie met hellende schijnvloer onder de roostervloer'* (A4.7/BWL2012.07). Dit betreft een systeem met een voorlopige emissiefactor (VEF) van 2,5 kg NH₃ per dierplaats per jaar dat sinds mei 2020 niet meer in nieuwe situaties mag worden toegepast.
- *'Stal met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten'* (A4.8/BWL2012.09). Dit vloersysteem heeft een voorlopige emissiefactor van 1,9 kg NH₃/dierplaats/jaar. Officiële metingen wijzen echter op een geringere emissiereductie. De definitieve emissiefactor moet nog vastgesteld worden.

Als nageschakelde technieken zijn 11 verschillende huisvestingssystemen met in totaal 42 verschillende uitvoeringen opgenomen in de Rav voor vleeskalverstallen (A4). Het betreft allemaal luchtwassers. In tabel 3.1 zijn deze luchtwassers samengevat weergegeven op basis van werkingsprincipe; chemische luchtwasser, biologische luchtwasser of combiluchtwasser. Voor ammoniak kunnen hoge reducties behaald worden afhankelijk van uitvoering van de luchtwasser van 70-90 % (0,18-1,1 kg NH₃ per dierplaats per jaar). De reductie van geuremissie is beduidend geringer en varieert van 30 tot 45%. Het effect van de huidige luchtwassers op methaanemissies is nihil. De fijnstofemissie wordt gereduceerd met 35-80%. Deze reductiepercentages zijn bepaald op basis van afleiding van de gemeten prestaties van deze nageschakelde technieken bij andere diersoorten, veelal varkens.

Uitgaande van de 50% ammoniakemissiereductie die bij de Sbv-regeling als minimale eis wordt gesteld voor subsidie voldoet geen van de huidige bronmaatregelen op de Rav. De voorlopige emissiefactor voor de roostervloer met bolle rubber toplaag en klepjes (A4.8) voldoet nog aan de maximale emissiefactor voor ammoniak uit het Besluit emissiearme huisvesting (Beh) van 2,5 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Verwacht wordt dat deze Voorlopige Emissie Factor (VEF) naar boven bijgesteld zal worden (Heeres et al., 2017). De verschillende luchtwassers voldoen ruimschoots aan de maximale emissiefactor voor ammoniak uit het Besluit emissiearme huisvesting.

Let op: de beoordeling van emissiereducties zijn op basis van de stal en opslag in de stal. Afwenteling van emissies naar andere schakels in de mestketen zijn niet meegenomen in deze emissiefactor (bijvoorbeeld externe mestopslag of aanwenden van de mest).

De kosten zoals opgenomen in de KWIN 2022-2023 blijken volgens de sector te laag. Tevens zijn tijdens berekeningen bij het project 'NL Next Level Mestverwaarden' (Publiek Private Samenwerking 2019-2022) hogere kosten voor bronmaatregelen aangehouden (meerinvestering door bronmaatregel 500 euro per

dierplaats). Dit is meer dan twee keer zoveel investeringskosten als gepaard gaan met luchtwassers. Puur kijkend naar ammoniakemissiereductie die behaald kan worden in de stal zijn de luchtwassers het meest kosteneffectief, oftewel er kan een hogere ammoniakemissiereductie behaald worden voor een lagere prijs. Wat hierin niet meegenomen is zijn: reductie geur en fijnstof (pre luchtwassers) en verbetering binnenklimaat (pre bronmaatregelen), verbetering dierenwelzijn (pre bronmaatregel), reductie broeikasgasemissies (pre bij sommige bronmaatregelen) en emissies bij aanwenden. Gunstiger technische resultaten a.g.v. een beter binnenklimaat zijn echter tot op heden niet vastgesteld.

Nageschakelde maatregelen leiden over het algemeen niet tot een verbetering van het stalklimaat. Het kan zelfs bij beperking van het ventilatiedebiet om kosten van verwarming, vermijden van tocht, gebruik van elektriciteit en kosten van de luchtwassers te verminderen, leiden tot een verslechtering van het stalklimaat door hogere gasconcentraties (NH₃ en CO₂). Dit is sterk afhankelijk van de keuzes in management. Naast bovenstaande leiden nageschakelde technieken niet tot veranderingen aan de huisvesting of stalrichting. Daarom zijn er verder geen veranderingen in dierenwelzijn te verwachten. Brongerichte maatregelen hebben wel de potentie om het stalklimaat te verbeteren en grijpen ook aan op belangrijke onderdelen van de stalrichting zoals de vloeren. Effect op dierenwelzijn (met name klauw- en beenaandoeningen) bij toepassing van systeem A4.8 is onderzocht door Heeres et al (2017). Daaruit kwam naar voren dat gebruik van rubber op vloeren (zoals A4.8) resulteert in een verbeterd dierenwelzijn en dat er sprake was van minder dikke knieën onder de dieren. Andere welzijnsaspecten als kreupelheid en lesies aan klauwen en gewrichten werden in het onderzoek nauwelijks gezien. Het gebruik van dit huisvestingssysteem had geen effect op het gebruik van antibiotica of op de uitval. Vanwege de voordelen voor dierenwelzijn/gezondheid zullen 'zachte' roostervloeren ongeacht de emissiereductie de voorkeur hebben.

Indien de hoge emissiereductie van 85 % zoals de provincie Noord-Brabant nastreeft wordt gehanteerd dan voldoen 8 van de 11 huisvestingssystemen (luchtwassers) opgenomen op de Infomil-lijst hier nog aan. Dit zijn dan chemische luchtwassers of combi-luchtwassers, de opgenomen biologische luchtwassers halen veelal geen ammoniakemissie reductie van 85 %.

Tabel 3.1 Bestaande, in Infomil (juni 2022) opgenomen emissie van reducerende brongerichte maatregelen en nageschakelde (end-of-pipe) maatregelen (linkerdeel) en beoordeling daarvan (rechterdeel). De genoemde reductiepercentages ten opzichte van de referentie (A4.100).

Systeem	Rav code	Reductie					Investering ²⁾	Jaarkosten ²⁾	Betrouwbaarheid		Opmerkingen
		NH ₃ (%)	Geur (%)	Fijnstof (%)	Broeikasgas (%)	Luchtqualiteit stal ¹⁾			robuustheid ³⁾		
									Betrouwbaar	Robuust	
Brongerichte maatregelen											
Stal met hellende roostervloer in combinatie met hellende schijnvloer onder de roostervloer ⁴⁾											
	A4.7	28	0	0	0-5	+	-- (270-500)	- (40-80)	1	4	VEF ⁵⁾ , niet langer toepasbaar
Stal met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten											
	A4.8	46	0	0	0	+	-- (230-500)	- (20-80)	1	3	VEF, metingen laten een lagere emissiereductie zien; ca 25 %. Afdichtflappen zijn kwetsbaar.
Nageschakelde maatregelen											
Mechanisch geventileerde stal met een chemisch luchtwassysteem											
	A4.1, A4.3, A4.4,	70- 95	30	35	0	0/- ⁶⁾	- (140)	- (55)	5	5	Betrouwbaar systeem, bewezen werking.
Mechanisch geventileerde stal met een biologisch luchtwassysteem											
	A4.2, A4.6	70- 85	45	60-75	0	0/- ⁶⁾	- (165)	- (50)	3	3	Wordt minder betrouwbaar geacht vanwege onzekerheden biologische werking. Let op mogelijk risico emissies lachgas.
Mechanisch geventileerde stal met een gecombineerd luchtwassysteem											
	A4.5.1 t/m A4.5.6	70- 90	30-45	80	0	0/- ⁶⁾	- (190)	-(60)	3	3	Wordt minder betrouwbaar geacht vanwege onzekerheden biologische werking. Let op mogelijk risico emissies lachgas.

¹⁾ 0 = geen effect; +/- = effect onbekend; + = enigszins positief; ++ = positief; +++ = zeer positief, - = enigszins negatief effect; -- = negatief; --- = zeer negatief.

²⁾ De investerings- en jaarkosten zijn bepaald ten opzichte van de bouw van een standaard stal gebruikmakend van onder andere de KWIN Veehouderij (KWIN-V 2022, 2023), na raadpleging van de sector bleek dat de kosten voor bronmaatregelen opgenomen in de KWIN te laag zijn daarom is tevens een zo goed mogelijke inschatting gegeven (500 euro per dierplaats per jaar): ++ veel lagere kosten; + = lagere kosten; 0 = geen verschil; - = hogere kosten; -- = veel hogere kosten met tussen haakjes de meer of minderkosten per dierplaats.

³⁾ Schaal van 1 t/m 5, waarin 1 = systeem is onbetrouwbaar/ niet robuust en 5 = systeem is betrouwbaar/ robuust

⁴⁾ Voorlopige emissiefactor alleen nog maar geldig voor bestaande systemen.

⁵⁾ Voorlopige emissiefactor

⁶⁾ Bij gelijkblijvend ventilatiedebiet/bij verlaging van het ventilatiedebiet

3.2 Combinaties van reeds beschikbare brongerichte maatregelen en nageschakelde maatregelen

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op

Vraag 3: Welke brongerichte maatregelen kunnen gecombineerd worden met een nageschakelde techniek en welke emissiereducties zijn hiermee te behalen?

De ammoniakemissiefactor voor de combinatie van een brongerichte maatregel met een nageschakelde techniek (luchtwater) kan worden berekend met de formules in eindnoot 3 van de Rav:
 $ef_c = (0,01 * (100 - rp_i) * ef_a)$ waarbij ef_c en ef_a de emissiefactoren (in kg per dierplaats per jaar) van de combinatie van brongerichte maatregel en nageschakelde techniek respectievelijk de brongerichte maatregel is en rp_i het reductiepercentage (in %) van de nageschakelde techniek (luchtwater). Indien het reductiepercentage van de brongerichte maatregel echter groter is dan 70 ($ef_a < 0,3 * ef_o$, waarbij ef_o de emissiefactor van de categorie A4.100 (overige huisvestingssystemen) is), dan geldt: $ef_c = 0,01 * (100 - rp_i) * 0,3 * ef_o$. Eenzelfde berekening kan gedaan worden voor geur en fijnstof.

Huisvestingssysteem A4.8 ('Stal met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten') kan gecombineerd worden met een nageschakelde techniek. De voorlopige emissiefactor van A4.8 is 1,9 kg per dierplaats per jaar. In combinatie met een nageschakelde techniek (bijvoorbeeld A4.1) met een reductiepercentage van 90% voor ammoniak, 30% voor geur en 35% voor fijnstof wordt de emissiefactor voor ammoniak (ef_c) $0,01 * (100 - 90) * 1,9 = 0,19$ kg NH₃ per dierplaats per jaar, voor geur 24,9 OU per seconde per dier en voor fijnstof 22 gram PM₁₀ per dier per jaar. De totale reductie van de ammoniakemissie van de combinatie ten opzichte van de referentie is dan ongeveer 92%.

Deze combinatie van maatregelen is niet kosteneffectief, voor 2% meer ammoniakemissie reductie verdubbelen de jaarkosten. Deze verdubbeling van jaarkosten is wel een hoge inschatting aangezien er ook een vermindering van de jaarkosten voor de luchtwater moet zijn omdat minder zuur nodig is en minder spuiwater geproduceerd wordt. Hoeveel dit is, is niet bekend. Ook zonder de combinatie zou de minimale emissiereductie voor ammoniak die volgt uit het Besluit emissiearme huisvesting met een nageschakelde techniek al ruimschoots behaald worden.

Deze combinatie is tevens minder kansrijk omdat bronmaatregel A4.8 niet tot een reductie van de methaanemissies leidt. Van enkele brongerichte maatregelen in ontwikkeling (zie tabel 3.2) wordt wel een goede methaanreductie verwacht (keldermaatregelen 50-90 % van kelderemissie). Een dergelijke combinatie zou kijkend naar ammoniak- en methaanemissie reductie kansrijker zijn. Het investeren in een combinatie van een brongerichte en nageschakelde maatregel zal voor een standaard bedrijf leiden tot (nog) negatievere saldo's.

3.3 Kansrijke nieuwe brongerichte en nageschakelde maatregelen

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op vraag 4, 5, 6 en 7 te weten:

Vraag 4: Welke nieuwe brongerichte maatregelen zijn in ontwikkeling en welke bedrijven bieden dit systeem aan?

Vraag 5: Welke nieuwe nageschakelde technieken zijn in ontwikkeling en welke bedrijven bieden dit systeem aan?

Vraag 6: In welke fase van de innovatiecyclus bevinden de systemen onder punt 4 en 5 zich en wanneer zijn die klaar voor implementatie?

Vraag 7: Wat zijn per techniek (bron of nageschakelde) de potentiële emissiereducties die behaald kunnen worden en welk effect heeft de techniek op de kwaliteit van de stallucht? Graag per techniek een reductiepercentage en de te realiseren ammoniakemissie per dierplaats per jaar.

In tabel 3.2 zijn de bronmaatregelen en de nageschakelde technieken weergegeven die momenteel ontwikkeld worden, in bijlage 2 zijn deze systemen kort beschreven. Deze lijst pretendeert niet volledig te zijn omdat er nog onbekende systemen in ontwikkeling kunnen zijn. Tevens zijn vergelijkbare systemen als één beoordeeld. Ideeën uit het verleden worden niet meegenomen indien er momenteel geen onderzoek naar loopt, of er geen bedrijf (meer) bij betrokken is. Er is voor gekozen om deze bekende maatregelen en technieken zo veel mogelijk apart te benoemen zodat ook combinatie uitgerekend kunnen worden. In de praktijk worden, bijvoorbeeld binnen de Subsidieregeling brongerichte verduurzaming stal- en managementmaatregelen (Sbv) specifieke combinaties van maatregelen en technieken onderzocht. Het inschatten van het effect van een afzonderlijke maatregel op deze emissiemetingen wordt daardoor bemoeilijkt of is onmogelijk. Daar komt bij dat geen van deze combinaties al voldoende zijn bemeten om een voldoende onderbouwde uitspraak over de emissiereductie te kunnen doen en zal er in de uitvoering van de Sbv-projecten nog geschaafd worden aan deze systemen. Management is bij alle maatregelen, techniek en combinaties van belang. Als voorbeeld zal bij het 'spoelen met ammoniumarme vloeistof' de mate van verversing en de kwaliteit van de ingaande vloeistof bepalen of de voorspelde reducties behaald kunnen worden. Per maatregel of techniek worden de verschillende aanbieders (voor zover bekend) genoemd en wordt in de kolom 'opmerkingen' ook de bron of het project waarvan de informatie afkomstig is aangegeven.

Los van de Sbv-regeling heeft de provincie Noord-Brabant een onderzoek bij een vleeskalverhouder gesubsidieerd naar brongerichte maatregelen om de ammoniakemissies te reduceren 'emissiearme vleeskalverstallen'. Een aantal brongerichte maatregelen in Tabel 3.2 zijn tijdens dit onderzoek bemeten. De formele emissie metingen zijn in concept gerapporteerd door Meijer et al., 2022.

Bij tabel 3.2 zijn de volgende opmerkingen maken:

- De genoemde keldermaatregelen zijn in het project 'emissiearme vleeskalverstallen Noord-Brabant' onderzocht en voor een aantal brongerichte maatregelen zijn Sbv subsidies verstrekt voor het ontwikkelen en realiseren van stallen met deze techniek(en).
- Volgens de oorspronkelijke planning van deze Sbv-projecten kunnen vrij snel (eind 2024) emissiefactoren kunnen worden vastgesteld. Door het onzekere investeringsklimaat, vertragingen bij het verkrijgen van de benodigde vergunningen en toenemende kostenniveau is deze planning onzeker geworden.
- Het toepassen van ammonium-arme vloeistof zal het minst ingrijpend zijn bij bestaande bouw. Voor de mestbanden, schuiven en het koelen van de mest zijn de aanpassingen van de bestaande bouw ingrijpender en deze bronmaatregelen komen eerder in aanmerking bij nieuwbouw.
- Vloermaatregelen zijn toe te passen in bestaande bouw maar ook in nieuwbouw. De belangrijkste winst voor vloeren moet gezocht worden in comfort voor de kalveren. Verwacht wordt dat vloeren met een grotere doorlaat kunnen leiden tot kleine verbeteringen 0-20% van de ammoniakemissie, echter ten opzichte van een referentiesituatie met houten roosters zal het verschil echter zijn.
- Verwacht wordt dat de meerkosten voor de keldermaatregelen in dezelfde orde grootte zullen liggen als de meerkosten voor de hellende roostervloer A4.7 en bolle rubberen vloer A4.8 namelijk grofweg 250 euro per dierplaats en jaarkosten 40 euro per dierplaats. Dit zal hoger zijn dan de kosten bij een luchtwasser, en de kosteneffectiviteit uitgedrukt in euro/kg NH3 emissiereductie zal dan ook lager zijn voor deze bronmaatregelen.
- Additionele technieken, technieken in de opslag en nageschakelde technieken zullen vooral toegepast worden in combinatie met andere vloer of keldermaatregelen. Veelal zijn deze technieken relatief makkelijk in te zetten in bestaande stallen. Echter zijn de emissiereducties nog onvoldoende onderzocht voor de kalvesector en wordt verwacht dat de reducties aan ammoniakemissies ook beperkter zijn dan bij de eerdergenoemde keldermaatregelen. Verwacht wordt dat dergelijke systemen vooral opgenomen worden in gecombineerde emissiefactoren en dat dit traject langer duurt. Een ontwikkelaar van vloer- of keldermaatregelen zal extra emissiereducerende maatregelen alleen toevoegen als dat daadwerkelijk nodig is om voldoende emissiereductie te halen.
- Momenteel staat de kelderafzuiging in combinatie met een semidichte vloer en mestrobot die in de melkveehouderij ontwikkeld wordt door Lely in de belangstelling vanwege de hoge

ammoniakemissiereductie die behaald kan worden in de melkveehouderij. Dit systeem is nog niet toegepast bij de vleeskalverhouderij, mogelijk kunnen onderdelen ook toegepast worden bij vleeskalverbedrijven. Onder andere vanwege de semidichte vloer en de mestrobot leidt dit tot een herontwerp van de stal of tot een herontwerp van het emissiearme systeem.

- Voor de inschatting van de reductie in methaanemissies zijn alleen de emissies uit mest meegewogen. Er zijn geen metingen bekend op basis waarvan de verhouding tussen mest en enterische methaan emissies bepaald kan worden. Enterische methaan emissie zal sterk afhangen van het rantsoen en de pens ontwikkeling. Een best guess kan zijn: blankvlees enterisch 20% mest 80%, rosé enterisch 50% mest 50% (zie ook tabel 2.1). Voor zover bij de auteurs bekend is er momenteel geen onderzoek waarin specifiek deze verhouding tussen enterische en mest methaan emissies in praktijksituaties wordt onderzocht.
- In de tabel zijn een aantal marktpartijen weergegeven die de betreffende technieken aanbieden of in ontwikkeling hebben. Dit is een momentopname en betreft geen uitputtende lijst, alleen bedrijven die bij de auteurs bekend waren zijn opgenomen. Emissie arme brongerichte technieken die niet gelinkt konden worden aan marktpartijen zijn niet opgenomen in deze tabel, aangenomen is dat de doorontwikkeling van dergelijke technieken stilstaat.

Tabel 3.2 Kansrijke nieuwe emissie reducerende brongerichte maatregelen en nageschakelde technieken, kenmerken ingeschat op basis van beperkt beschikbare gegevens.

Stelsel+bedrijven	NH ₃ reductie (%)	Geur reductie (%)	Broeikasgassen reductie (%) ¹⁾	Luchtwa-liteit stal ²⁾	Inve-stering ³⁾	Jaar-kosten ³⁾	Betrouw-baarheid robuustheid ⁴⁾	Bestaa-n-de bouw ⁵⁾	TRL ⁶⁾	Opmerkingen	
							Betrouwbaar Robuust				
V-vormige mestband Wopereis Janssen Poultry Equipment Bettink Service Team	50-60	50-70	60-90	++	--	-	4	3	2	7	KvT ⁷⁾ , let op verschillende banden (materialen) verschillende emissies.
Geperforeerde mestband in kelder, Verberk	40-60	50-70	60-90	++	--	-	4	3	2	7	NB emissie arm, Meijer et al., KvT. let op verschillende banden (materialen) verschillende emissies.
Ammoniumarme vloeistof in kelder Kamplan (TCFC) St Mestverwerking Gelderland Ottink mestverwerking BV	30-60	?	60-90	++	-	-	4	4	5	7	KvT. Robuust, borging voldoende verdunning.
Mest koelen R&R systems	20-50	30-60	50-70	+	--	-	3	1	3	6	NB emissie arm ⁷⁾ /KvT. Techniek onder de roosters, borging voldoende koeling.
V vormige keldervloer met schuif en giergoot. Van Beek Swaans beton, JOZ	20-60	50-90	60-90	++	--	-	3	3	2	7	Sbv, Meijer et al., Techniek onder de roosters.
Mestgoten en koeling JOVAS DUOSEP	40-60	?	?	++	--	-	4	3	1	6	Sbv, vooral geschikt voor nieuwbouw.
Ondiepe mestkelder met continue urine afstroom. Bestaand keldersysteem.	30-50	75	50-90	+	0	0	4	4	4 ⁹⁾	9	Meijer et al., Bestaand keldersysteem

Systeem+bedrijven	NH₃ reductie (%)	Geur reductie (%)	Broeikasgassen reductie (%)¹⁾	Luchtqualiteit stal²⁾	Investering³⁾	Jaarkosten³⁾	Betrouwbaarheid⁴⁾	Bestaan de bouw⁵⁾	TRL⁶⁾	Opmerkingen	
Vloeren⁸⁾											
Bolle rubberen rooster mat op standaard betonrooster zonder kleppen Easyfix, Swaans, Kraiburg, ICE, Ierland	-5 -tot +5	0	0	0	--	0	4	5	4	9	Mosquera et al., 2016. Monitoring kwaliteit rubber.
Bolle rubberen rooster mat met smalle roosterbalken zonder kleppen ICE, Ierland (groene vlag)	0-10	0	0	0	--	0	4	5	4	6	Sbv, niet alleen smallere roosters maar ook grotere doorlaat. Monitoring kwaliteit rubber.
Bolle rubberen rooster mat op standaard betonrooster met kleppen ICE, Ierland (Groene Vlag)	20-30	0-15	0	0	--	0	2	2	4	8	Mosquera et al., 2016. Kleppen zijn kwetsbaar. Herbeoordeling van systeem A4.8
Volkern kunststof roosters met grotere doorlaat Janssen Poultry Equipment	0-10	0-10	0	+	--	0	3	5	3	6	Monitoring kwaliteit roosters. Vraagtekens dierenwelzijn.
Geplastificeerde metalen roostervloer met grotere doorlaat Nooyen	0-10	0-10	0	+	--	0	3	5	3	7	Sbv, metalen roosters met kunststof coating, grotere doorlaat. Monitoring kwaliteit roosters.
Additionele technieken											
EOW sproeien Aquaox, WLR	10	?	0	+	-	-	4	2	4	7	Het sproeien van desinfectie. Sbv, KVT. Controle verbruik EOW, en conditie sproeiers.
Vernevelen organische zuren in stal. Van Beek	0-5	?	?	--	-	-	1	2	4	4	Sbv. Borging verbruik. Moet nog wel toegelaten worden.
Coating kelderwanden en stalmuren Schippers Bladel	0-5	0	0	0	-	0	3	4	5	7	Sbv. Borging onderhoud.

Systeem+bedrijven	NH ₃ reductie (%)	Geur reductie (%)	Broeikasgassen reductie (%) ¹⁾	Luchtwa- liteit stal ²⁾	Inve- stering ³⁾	Jaar- kosten ³⁾	Betrouw- baarheid robustheid ⁴⁾	Bestaan- de bouw ⁵⁾	TRL ⁶⁾	Opmerkingen	
Opslag											
Aanzuren in de stal JH Agro (DK), Aanen staltotaal (NL)	40-60	?	70-90	++	--	--	4	4	4	6	KvT, Mest aanzuren Puente et al., 2022. Controle zuurgraad mest.
Bellenmixen in de stal Bos Ecosystems/Vogelsang DSD-stalinrichtingen	0	?	0-50	+/-	-	-	2	3	4	7	Controle voldoende mixen, perspectief beperkt.
Toevoegen micro-organismen in de stal ⁸⁾ Meerdere aanbieders	0	0	0	+/-	0	-	1	3	4	6	Effect is op stalemissies niet vastgesteld. Toepassing voor kwaliteit mest.
Fermenteren dikke fractie buiten de stal (Bokashi) ⁸⁾ Agriton, effectieve microben	0	+	-	-	-	-	1	1	2	1	Bokashi, onbekend welke emissies optreden. Onbekend wat dit oplevert.
Dagverse mest											
Biogas/vergisting dagverse mest buiten de stal ⁸⁾ Diverse	+	+	+	-	--	+	4	2	4	6	Aanpassing stalsysteem noodzakelijk. Emissiereducties afhankelijk van stalsysteem.

Systeem+bedrijven	NH ₃ reductie (%)	Geur reductie (%)	Broeikas-gassen reductie (%) ¹⁾	Luchtqua-liteit stal ²⁾	Inve-stering ³⁾	Jaar-kosten ³⁾	Betrouw-baarheid robuustheid ⁴⁾	Bestaan-de bouw ⁵⁾	TRL ⁶⁾	Opmerkingen
-------------------	------------------------------	-------------------	--	------------------------------------	----------------------------	---------------------------	--	-------------------------------	-------------------	-------------

Nageschakelde maatregelen, opslag in de stal

Kelderafzuiging met:										Pilotfase. Vooral	
Biofilter en methaan oxidatie ⁸⁾	+	+	+	+	-	-	3	2	2	5	reductie methaan
Fakkelt, veldfilter, biofilter	+	+	+	+++	-	-	4	3	2	5	emissie verwacht.
Kelderafzuiging met chemische luchtwasser ⁹⁾	20-50	+	0	+	--	--	4	3	2	6	Smits et al., 2008. LelySphere momenteel in de belangstelling in de melkveehouderij.

¹⁾ Let op: reductie vanuit de mest en niet vanuit totaal stalemissies (enterisch plus mest). Uiteindelijke winst zeer afhankelijk van verdere keten, indien mest niet verder wordt verwerkt bestaat een grote kans op alsnog vorming van methaan.

²⁾ Luchtqualiteit 0 = geen effect; - = negatief effect +/- = effect onbekend; + = gematigd positief; ++ = positief; +++ = zeer positief

³⁾ De investerings- en jaarkosten zijn bepaald ten opzichte van de standaard stal in KWIN Veehouderij (KWIN-V 2022-2023): ++ veel lagere kosten; + = lagere kosten; 0 = neutraal; - = hogere kosten; -- = veel hogere kosten

⁴⁾ Schaal van 1 t/m 5, waarin 1 = systeem is onbetrouwbaar/ niet robuust en 5 = systeem is betrouwbaar/ robuust

⁵⁾ Schaal 1t/m5, waarin 1 = moeilijk te implementeren in bestaande bouw en 5 = zeer geschikt voor bestaande bouw.

⁶⁾ Technologie Readiness Level: de mate waarin een techniek ontwikkeld is (gedetailleerdere uitleg in bijlage 1)

⁷⁾ KvT: Kalverstal van de Toekomst. Zie Puente-Rodríguez et al. (2021)

⁸⁾ + reductie verwacht, 0 geen effect verwacht, - verhoging verwacht

⁹⁾ Makkelijk toe te passen indien oude mestkelders van kistkalveren nog aanwezig zijn.

? Onvoldoende informatie om een inschatting te doen

Nvt niet van toepassing

3.4 Inschatting kosten van maatregelen en inpasbaarheid in bestaande stallen

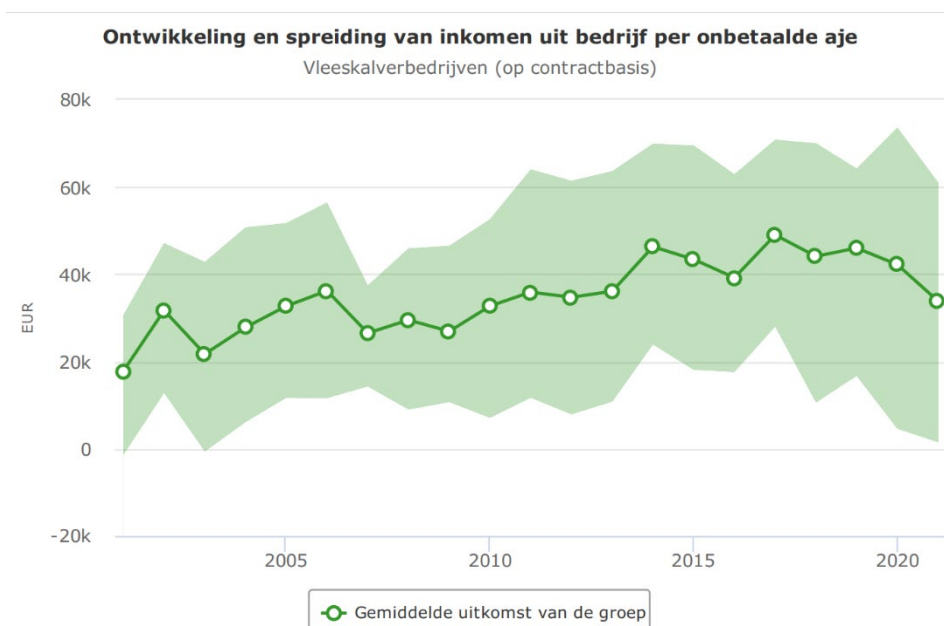
In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op vraag 8 en vraag 9 te weten:

Vraag 8: Wat zijn per techniek de investerings- en jaarkosten? Hoe verhouden deze kosten zich tot het gemiddelde inkomen op de bedrijven (in de afgelopen 5 jaar). Indien niet kwantitatief beschikbaar graag kwalitatief.

Vraag 9: Kunnen nieuwe technieken worden ingebouwd in bestaande stallen, toepasbaar en is dit betaalbaar?

De investeringen en jaarkosten van de verschillende bronmaatregelen en nageschakelde technieken zijn opgenomen in tabel 3.1 en 3.2.

Agrimatie heeft een financiële analyse gedaan voor de kalversector⁴. Voor een gemiddeld bedrijf op contractbasis (vooral blankvlees) waren de inkomsten per onbetaalde arbeidsplaats in 2021 34.000 euro (zie figuur 3.1). De variatie in inkomen is binnen een jaar groot en ook tussen de jaren fluctueert het inkomen sterk. Binnen deze groep van vleeskalverhouders zijn met 45% de zogenaamde materiële activa de grootste kostenpost. Die bestaat met name uit de kosten voor afschrijving en onderhoud van gebouwen, installaties en machines. Van de vrije mesters (vooral rosévlees) zijn op Agrimatie geen financiële gegevens beschikbaar.



Figuur 3.1 Ontwikkeling inkomen per onbetaalde aje.

De marktprijzen van blankvlees zijn over de periode 2018 tot en met 2020 jaarlijks gedaald, met een sterke daling in 2020 van bijna 9%, maar met een herstel in 2021. De prijs van rosévlees schommelde gedurende deze periode (2018 tot en met 2019) maar daalden nauwelijks. In 2021 herstelde de prijs zich van een dip (-18%) in 2020 als gevolg van de coronacrisis. In 2021 steeg de prijs van rosékalveren met 24% en die van blankvleeskalveren met 12% ten opzichte van 2020. De prijzen van nuchtere kalveren (nuka's) voor de blankvleeskalverhouderij zijn, na een stijging in 2017 en 2018, zowel in 2019 als in 2020 met 25% gedaald. In 2021 trad een herstel op en stegen de nuka-prijzen met bijna 50%. Over het algemeen zijn de blankvleeskalverhouders verzekerd van een vaste contractvergoeding waardoor de risico's kleiner zijn maar

⁴ <https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2272&indicatorID=2079§orID=2257> en [https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2291&themaID=2272&indicatorID=2046§orID=2257#:~:text=Het inkomen uit bedrijf op,\(arbeidsjaareenheid%20afgekort aje\).](https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2291&themaID=2272&indicatorID=2046§orID=2257#:~:text=Het%20inkomen%20uit%20bedrijf%20op,(arbeidsjaareenheid%20afgekort%20aje).)

ze zijn afhankelijk van de integraties en zijn minder flexibel. Voor rosékalverhouders geldt over het algemeen dat de risico's groter zijn maar er is ook meer flexibiliteit om in te spelen op marktontwikkelingen.

De coronacrisis heeft flinke financiële gevolgen gehad voor rosékalverhouders maar ook blankvleeskalverhouders. In 'De Kalverhouder'⁵ staat dat innovatie via de Sbv stagneert onder andere door toenemende prijzen voor energie, materialen en personeel (Kalverhouder, 2022). Tevens is de huidige situatie waarbij nog onduidelijk is hoe de ammoniak emissie uit de veehouderij gereduceerd worden en wat dit betekent voor de vee-aantallen en de individuele bedrijven.

In KWIN 2022-2023 is het saldo per kalverplaats gegeven inclusief mestafzet, exclusief rente levende have. Voor productie van oudrosé is dat 89 euro per dierplaats, voor jongrosé 91 euro per dierplaats en voor blankvlees 132 euro per dierplaats. Dit zijn de saldo's met aftrek van toegerekende kosten; de kosten van arbeid en gebouwen zijn daar niet in verwerkt. Volgens deze saldoberekening uit KWIN (2022-2023) is er voor een standaard kalverbedrijf een negatief saldo te verwachten. Bedrijfsspecifieke situaties (bijvoorbeeld: afgeschreven stallen, goedkoper eigen/circulair voer, scherp in- en verkopen kalveren, beperkte mestafvoer) kunnen wel leiden tot positieve saldo's, ook zijn er vaak neveninkomsten.

Duidelijk is dat de marges, en daarmee de investeringsruimte, tussen de marktsegmenten (blank, jongrosé en oudrosé) verschillen maar ook tussen bedrijven onderling zijn er grote verschillen.

De jaarkosten voor bronmaatregel A 4.7 (schuine roostervloer en keldervloer) bedraagt 42 euro per dierplaats (KWIN 2022-2023), uitgaande van de meerkosten bij nieuwbouw. Dit is dus een beduidend aandeel in de saldo's per kalverplaats exclusief gebouwen en arbeid (89 tot 132 euro). Maar ook voor een luchtwasser liggen de jaarkosten hoog ten opzichte van het saldo: 40-64 euro per dierplaats per jaar afhankelijk van de soort luchtwasser. Voor vloermaatregel A 4.8 zijn de kosten 20 euro per dierplaats per jaar. Hierbij moet gezegd worden dat bronmaatregel A 4.7 niet meer toepasbaar is en vloermaatregel A 4.8 nog geen definitieve emissiefactor heeft, en hun effectiviteit tegen lijkt te vallen.

Inbouw van brongerichte technieken in bestaande stallen zal duurder zijn dan bij nieuwbouw. De meerkosten en inpassingsmogelijkheden zullen sterk variëren door enerzijds de variaties in stallen en anderzijds de specifieke eisen en kenmerken van de emissiearme techniek. Een systeem dat gebruik kan maken van veel van de bestaande voorzieningen, zoals bijvoorbeeld de opvang van urine en faeces in ammonium-arme vloeistof, vraagt in de regel weinig aanpassingen in de stal, en zijn de meerkosten ten opzichte van toepassing in nieuwbouw beperkt. Andere technieken, zoals mestbanden en hellende keldervloer met mestschuif, zijn vaak gebaat bij lange lengtes en standaardbreedtes, wat een kostenefficiënte inpasbaarheid in bestaande bouw bemoeilijkt. Ook de mate waarin de te veranderen/ vervangen stalonderdelen reeds zijn afgeschreven heeft invloed op de kosten.

Ook kunnen er nog kosten bijkomen bij brontechnieken (afhankelijk van de techniek) voor opslag buiten de stal en verdere verwerking van de verkregen mestfracties.

Maar ook de staluitvoering kan van belang zijn: lengte- of dwarsopstelling, ventilatiemogelijkheden, mogelijkheid tot afscheiden van technische installatie van de dierverblijven in de stal in verband met brandveiligheid etc..

3.5 Ouderdom en afschrijving huidige vleeskalverstallen

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op vraag 10 en vraag 11 te weten:

Vraag 10: Wat is de afschrijvingstermijn voor stallen en wat is de werkelijke levensduur?

Vraag 11: Wat is de ouderdom van vleeskalverenstallen?

KWIN rekent bij vleeskalveren met een afschrijving van 5% (dus een afschrijfduur van 20 jaar) voor het gebouw (inclusief kelders) en 10% (dus 10 jaar) voor de stalrichting en voerinstallatie. Volgens tabel 3.3 is

⁵ 'Ontwikkeling innovatieve stallen stagneert' | Nieuws | Kalverhouder (dekalverhouder.nl)

de stal vaak na 20 jaar nog niet technisch afgeschreven en is 40% van de veestapel gehuisvest in stallen ouder dan 20 jaar. Wat ook veelvuldig voorkomt is dat een nieuwe stal wordt gerealiseerd met behoud van (enkele) oude stallen. Ook moet rekening gehouden worden met het aanhouden van overcapaciteit (dus meer dierplaatsen dan daadwerkelijk kalveren op het bedrijf staan) in verband met contracten (leegstand) maar ook met het oog op flexibiliteit naar de toekomst (bijvoorbeeld als de kalveren op termijn meer leefruimte dienen te krijgen). Vanwege te verwachten uitval wordt er bij het opzetten vaak gestart met meer dieren.

Het is niet zo dat een oude stal persé snel aan vervanging toe is. Vaak is deze van binnen al een of meerdere keren gerenoveerd, bijvoorbeeld bij de overgang van individuele naar groepshuisvesting, inbouw van automatische voer- en klimatiseersystemen, of door technische slijtage van roosters of overgang op RVS-stalinrichting.

Tabel 3.3 Leeftijd kalverstallen in 2020 uitgedrukt in percentage van de veestapel (Landbouwtelling 2021).

	0-5 jaar	5-10 jaar	10-15 jaar	15-20 jaar	20-25 jaar	>25 jaar
Vleeskalverstallen	14%	14%	17%	15%	9%	31%

3.6 Gebruik vleeskalverstallen rosé en blank

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op vraag 12 te weten:

Vraag 12: Gebeurt het in de praktijk dat bedrijven switchen tussen rosékalveren en blankvleeskalveren? En kan dit in een bestaande stal of moet inrichting dan gewijzigd worden?

Om deze vraag te beantwoorden zoomen we in op de houderijenmerken van de verschillende segmenten binnen de vleeskalverhouderij. In de vleeskalverhouderij kunnen drie marktconcepten (zie paragraaf 2.2) worden onderscheiden:

- Blankvleesproductie
- Jongrosévleesproductie
- Oudrosévleesproductie

De vraag of het mogelijk is om te switchen tussen blankvleesproductie en rosé kent een technische kant en praktisch en beleidsmatige kant.

Technische aspecten

Omschakelen van blankvlees naar rosé:

Het is technisch mogelijk om in een gedateerde stal voor blankvleeskalveren, rosékalveren te gaan houden. Zie ook tabel 3.4 voor kenmerken van huisvestingssystemen. Zo is een oude blankvleeskalverenstal zeer geschikt voor de opfokfase. Immers, alle voorzieningen zijn daar al aanwezig met inbegrip van goede melkverstrekkingvoorzieningen. De stal beschikt ook over een geschikte roostervloer. De extra beschikbare ruimte kan worden benut om een kalf meer te houden (mits de vergunning dat toelaat), of de ruimte ten goede van de kalveren laten komen. Kortom er zijn niet direct grote aanpassingen vereist.

Een oude stal voor blankvleeskalveren is in beginsel bruikbaar voor de afmestfase. De stal hoeft hiervoor niet te worden aangepast, maar erg praktisch is het niet. De aanwezige melkvoorziening is overbodig, evenals de ruimte- of vloerverwarming. Het verstrekken van het voer is echter een flinke klus omdat dit niet met een voermengwagen kan gebeuren. De voerpaden zijn daarvoor te smal en bieden vaak geen doorrijmogelijkheid. Het geheel is dus onpraktisch. Oude blankvleesstallen beschikken bovendien vaak nog over mestkanalen met het oude eenlingboxprofiel. Dit geeft problemen met de mestafvoer als daar rosékalveren op worden gehouden. Ook dient de vloer voldoende draagkracht te hebben voor de zwaardere rosékalveren. Blankvleesstallen die het laatste decennium zijn gebouwd, hebben vaak een stalindeling die veel meer overeenkomt met die van rosékalveren, met bredere voerpaden die in de lengterichting van de stal gesitueerd zijn en waar mechanische ruwvoerrestrekking veel beter mogelijk is. Echter hoe groter en ouder de dieren worden hoe sloopbestendiger een stal moet zijn.

Omschakelen van rosé naar blankvlees

Het is technisch uitgesloten om in een stal voor rosékalveren, zonder ingrijpende aanpassingen blankvleeskalveren te gaan houden. De stal is niet ingericht op het structureel verstrekken van melk, beschikt niet over verwarming, is matig geïsoleerd en vaak uitgevoerd met een minder geschikt ventilatiesysteem. De roostervloer bestaat veelal uit beton (tot 2 maanden moeten kalveren kunnen liggen op een vloer die is ingestrooid of is voorzien van een kunststof mat, houten latten rooster of rubber toplaag). Verder is de hokvorm vaak ongeschikt om er tijdelijk voldoende eenlingboxjes in te plaatsen, wat nodig is bij de opstart met nuchtere kalveren. Ingrijpende aanpassingen zijn derhalve vereist.

Bij jongrosé komt het ook wel voor dat de kalveren gedurende het hele groeitraject in hetzelfde hok gehuisvest blijven en dus niet tussentijds verplaatst worden. De hokken moeten dan over "zachte" roostervloer beschikken (d.w.z. hardhout of indrukbaar rubber) en de ruimte bieden die de kalveren aan het eind van de mestfase wettelijk nodig hebben. Verder moeten naast de voorzieningen voor een afmeststal eenvoudige voorzieningen om gedurende de zoogfase individueel melk te kunnen verstrekken aanwezig zijn.

Emissiereducerende technieken

De thans beschikbare emissiereducerende technieken vormen geen belemmering om tussen segmenten te switchen. Luchtwassers zijn zowel bij blankvlees als bij rosé toepasbaar en zijn vergelijkbaar effectief. In alle gevallen moet de stal dan zijn uitgevoerd met mechanische ventilatie met centrale afzuiging. Dat gebeurt op dit moment ook bij alle nieuwbouw, ongeacht of de stal voor blankvleesproductie bestemd is of voor rosé. Voor bronmaateregelen (kelder) zijn er momenteel ook geen belemmeringen om te switchen.

Praktische en beleidsmatige aspecten

De vraag is hier of en hoe groot de behoefte in de praktijk is om te kunnen switchen tussen blankvlees en rosé. Normaal gesproken zal die behoefte er niet of nauwelijks zijn, immers blankvlees en rosé zijn duidelijk onderscheidende stromen in de vleeskalverhouderij, elk met hun eigen structuur (integraties, wel /niet voor eigen risico, voeders en voermethoden).

Soms doen zich situaties voor waarin wel omgeschakeld is, zoals toen het tussensegment "jongrosé" een marktaandeel veroverde. Het waren deels blankvleeskalverhouders die binnen hun bestaande kalverhuisvesting de overstap maakten naar het wat ouder/zwaarder en met meer ruw- en krachtvoer (dus goedkoper) afmesten van hun vleeskalveren. Hier was sprake van een structurele omschakeling. Jongrosé heeft ook vanuit de groep oud-roséhouders wat bedrijven weggezogen. Voor hen sluit de huisvesting vrijwel naadloos aan maar moesten wel extra opfokplaatsen worden gecreëerd.

Als de marktomstandigheden ongunstig zijn, met lastige afzet en lage prijzen blijven de blankvleesbedrijven hun kalveren in de regel volgens het vaste patroon afleveren (binnen een speling van 4 weken). De dierstromen worden immers door de integraties gepland en verzorgd. Er wordt dan voornamelijk met de periode van leegstand gespeeld om op de (verwachte) marktvrage zo goed mogelijk in te kunnen spelen. Op de rosé-bedrijven zien we dan de neiging om meer met het aflevermoment te gaan spelen, d.w.z. te proberen het of naar voren te halen, of juist de groei wat te vertragen om later af te kunnen leveren. In de praktijk kan dit betekenen dat kalveren buiten hun gangbare segment moeten worden afgezet, bijvoorbeeld als oudrosé in plaats van jongrosé. Dit kent echter ook wel z'n beperkingen, zeker als een bedrijf vaste afspraken heeft met voorliggende schakels, bijvoorbeeld over de aanvoer op opfok van de kalveren. Bij oudrosé kan het later afleveren betekenen dat de kalveren langer als "vleesstier > 8 maanden; Rav-categorie A5") worden gehouden, en er spanning kan ontstaan met de omgevingsvergunning. Dit zal echter niet tot forse overschrijdingen leiden.

Samenvattend: in algemene zin is de behoefte om te kunnen schakelen tussen vleeskalversegmenten niet groot en zal die behoefte zich alleen manifesteren als er duidelijke en structurele verschuivingen tussen de vleeskalversegmenten gaan voordoen. Het advies van de EFSA waarin meer ruwvoer en meer ruimte voor de vleeskalveren wordt geadviseerd kan een aanleiding zijn voor een dergelijke verschuiving.

Tabel 3.4 Belangrijkste kenmerken van de referentie huisvesting voor vleeskalveren op basis van Groenestein et al. (2017).

	Blankvlees	Opfok rosé	Afmest	
			Jongrosé	Oudrosé
Ruimte/dier (eis)	1,8 m ²	1,5 m ²	1,8 m ²	1,8 m ²
Roostervloer (eis)	Hout/rubber	Hout/rubber	- (vaak beton)	- (vaak beton)
Leeftijd	14 dgn – 6,5 mnd	14 dgn – 10 à 12 weken	12 weken – jonger dan 8 maand	12 weken – 9 à 10 mnd
Voeding	Melk en ruw- + krachtvoer	Start volledig melk, eind volledig vast voer	Krachtvoer, industriële bijproducten, ruwvoer	Krachtvoer, maaskuil, enkelvoudige grondstoffen
Voermethode	(Automatisch) melkverstrekking in trog, ruwvoer handmatig m.b.v. voerkar in trog	Individuele melkverstrekking in emmer, vast voer handmatig in trog	Voermengwagen op voerpad	Voermengwagen op voerpad
Ruimte- en /of vloerverwarming	Ja	Ja	Nee	Nee
Ventilatie	Mechanisch	Mechanisch	Natuurlijk of mechanisch	Natuurlijk of mechanisch
Groepsgrootte	5 - 10	5 - 10	7 - 15	7 - 15
Afdelingsgrootte (globaal)	40 - 200	40 - 200	100 - 500	100 - 500

3.7 Benodigde aanvullende kennis

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op vraag 13 te weten:

Vraag 13: Wat is er nodig aan (nieuwe) kennis om een besluit te kunnen nemen over aanscherping van emissie-eisen voor kalveren in nieuwe en bestaande stallen?

Momenteel zijn de toegekende bronmaateregelen voor de kalversector zeer beperkt als gekeken wordt naar de Rav. De bronmaateregelen die in ontwikkeling zijn (vaak afkomstig uit varkenshouderij) moeten nog bewezen worden in de kalverhouderij. De provincie Noord-Brabant heeft een paar jaar geleden een verkenning naar verschillende innovatieve emissiearme systemen gefaciliteerd en een eerste praktijktoetsing mogelijk gemaakt. De eerste indicatieve resultaten daarvan zijn gepubliceerd door Monteny en Van Hoof (2020a, 2020b). De uitkomsten van officiële protocolmetingen zijn inmiddels in concept beschikbaar (Tauw, 2022) en laten zien dat met bronmaateregelen flinke NH₃-reducties tot meer dan 60 % mogelijk zijn. Voorts zijn in dit meetproject naast ammoniak ook geur, fijn stof en methaan emissies onderzocht. Om voor de toegepaste technieken definitieve emissiefactoren vast te kunnen stellen, dienen echter nog meer stallen te worden bemeten.

Door de stimulering met de Sbv wordt momentum gecreëerd voor verdere ontwikkeling en erkenning, echter de praktijk loopt aan tegen andere praktische zaken als kostenstijging en moeilijkheden bij het verkrijgen van de benodigde vergunningen en investering waardoor de realisatie van deze projecten vertraagt of zelf volledig stagneert. Het aantal vleeskalverstallen dat recent bemeten is, is minimaal. Metingen in het kader van de klimaatenvelop (Mosquera et al., 2022 concept) en metingen bij een kalverhouder in Someren (Monteny en Van Hoof, 2020a en b en Meijer et al., 2022 concept) zijn de belangrijkste. Om een referentieniveau voor de methaanemissie, en ammoniak en lachgas uit de kalverhouderij vast te kunnen stellen lopen er momenteel nog emissiemetingen bij twee rosévleeskalverbedrijven en vier blankvleeskalverbedrijven. De sector zoekt sterk naar robuuste oplossingen die uiteindelijk ook juridisch standhouden. Gezien de uitspraak⁶ door de rechtbank van Den Bosch waarin geconcludeerd werd dat emissiefactoren van emissiearme systemen niet bij voorbaat gebruikt mogen worden als onderbouwing voor

⁶ <https://www.rechtspraak.nl/Organisatie-en-contact/Organisatie/Rechtbanken/Rechtbank-Oost-Brabant/Nieuws/Paginas/Veehouder-mag-niet-uitbreiden-in-Luyksgestel-stalsysteem-sluit-aantasting-natuur-niet-uit.aspx>

de aanvraag van een vergunning in het kader van de Wet Natuurbeheer omdat de daadwerkelijke emissie van meerdere factoren afhankelijk is.

3.8 Verwachte betrouwbaarheid en robuustheid maatregelen

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op vraag 8 en vraag 14 te weten:

Vraag 14: CDM/CBS analyse (van Bruggen en Geertjes 2019) geeft aan dat er bij veel technieken vragen zijn over de betrouwbaarheid in de praktijk van het reductierendement. Welke technieken scoren hier beter? Graag per techniek een overzicht van de mate van zekerheid dat de techniek daadwerkelijk leidt tot ammoniakreductie.

In tabel 3.2 is een eerste inschatting gedaan over de betrouwbaarheid (halen van de beloofde emissiereductie) en de robuustheid (technisch functioneren) van de systemen. Voor de betrouwbaarheid is vooral gekeken naar wat er kan misgaan waardoor bepaalde procentuele emissiereductie niet behaald kan worden. Of de absolute emissiefactor behaald wordt zal ook (net als in 3.7 verwoord) van andere factoren afhangen, zoals van variaties in het management tussen bedrijven. Verder zijn er aanwijzingen dat ook het emissieniveau van de referentiestal van met name blankvleeskalveren de afgelopen jaren is toegenomen (zie paragraaf 3.9) door veranderingen in voeding (groter aandeel ruwvoer ten opzichte van melk en het gebruik van 'circulaire' diervoeders) en management. Wat ook zeker zal leiden tot hogere absolute emissies bij emissiearme systemen.

De betrouwbaarheid van de te ontwikkelen bronmaatregelen zijn over het algemeen op vergelijkbare (ten opzichte van biologische luchtwassers) of iets lagere (ten opzichte van chemische luchtwassers) hoogte ingeschat als de nageschakelde technieken. De verwachte emissie reducties van de te ontwikkelen bronmaatregelen zijn wel lager dan de nageschakelde technieken en bij enkele bronmaatregelen zijn zeer lage reductiepercentages ingeschat (bijvoorbeeld 0-10 % ammoniakemissie reductie) de betrouwbaarheid is dan wel hoog ingeschat (aangezien de kans groot is dat het reductiepercentage gehaald wordt) maar de bijdrage aan de reductie zal laag zijn.

Voor de systemen met draaiende onderdelen onder de roosters zijn als minder robuust gescoord, evenals het koelen van mest. Dergelijke technieken met slijtende delen waardoor technische storingen kunnen ontstaan. Ook een lagere TRL zoals bij de kelderafzuiging (tabel 3.2) kan een reden zijn om de robuustheid van de bronmaatregel voor nu lager in te schatten. De bronmaatregelen scoren allemaal lager qua robuustheid dan de chemische luchtwasser voornamelijk door de technische uitdagingen (storingen, slijtage, onderhoud) die de bronmaatregelen meebrengen. Dit zal ingevuld moeten worden door de kalverhouder en ondersteunende technische diensten.

Door Bremmer et al., 2022 is een analyse gegeven van mogelijke oorzaken voor verminderde effectiviteit van emissiereducerende technieken in de melkvee, varkens- en pluimveehouderij. Hoewel de kalversector daarin niet betrokken is kunnen een aantal conclusies ook voor de kalversector van belang zijn.

Als mogelijke oorzaken zijn gegeven:

- Ontwikkeling van kwetsbare technieken (vooral voor melkvee en in minder mate voor varkens en pluimvee)
- Representativiteit van emissiefactoren. Bij het vaststellen van de emissiefactoren wordt alleen gekeken naar de techniek en niet naar andere factoren als bijvoorbeeld: type dier, rantsoen, openheid stallen, weer.
- Niet alle reductiemaatregelen komen op RAV lijst danwel omdat de procedure tijdrovend en duur is of omdat er een te lage reductie wordt verwacht, en de investering onzeker is (andere marktpartijen kunnen vergelijkbare systemen aanbieden) .
- Onvoldoende ontwikkeling van systemen. Systemen zijn onvoldoende doorontwikkeld als de emissiemetingen starten. Dit komt door de lange doorlooptijd en ook de financiële consequenties.
- Sommige emissiefactoren zijn berekend en niet gemeten, en sommige emissiefactoren zijn verouderd.

- Beschrijving in de leaflets is onduidelijk. In de leaflets worden de technische specificaties van de emissie arme technieken vastgelegd, dit kan echter nooit volledig zijn er is ook ruimte nodig voor interpretatie om de systemen locatie specifiek te kunnen maken. Dit kan leiden tot uitwerkingen van deze technieken door marktpartijen van een mindere kwaliteit die leiden tot lagere emissie reducties.

3.9 Emissiewaarden aanscherping

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op vraag 15 te weten:

Vraag 15: Zijn er consequenties van relevante ontwikkelingen in de kalverenector voor aanscherping van maximale emissiewaarden voor ammoniak en zo ja welke consequenties? Een overzicht van de huidige stand van zaken.

In de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) wordt geen onderscheid gemaakt tussen stallen voor blankvleesproductie, opfok, jong- en oudrosé. De emissiefactor van de overige systemen (A4.100) is 3,5 kg NH₃ per dierplaats per jaar.

In het verleden is op verschillende momenten en manieren de ammoniakemissie uit kalverstallen bepaald. Voor blankvlees zijn er metingen gerapporteerd door Hol en Groenestein (1997), Ogink en Lens (2001), Beurskens en Hol (2004), Mosquera et al. (2017) en Monteny en Hoof (2020). Voor rosé kalveren is dat gedaan door Beurskens et al. (2004). Naar aanleiding van veranderingen in de sector (onder andere huisvesting en aanpassingen rantsoen) zijn in 2015 (Groenestein et al. 2015) op basis van de metingen uit 2004 en door middel van berekeningen (vanwege het ontbreken van recente metingen) nieuwe emissiefactoren afgeleid. In deze rapportage van 2015 is geadviseerd om de ammoniakemissie factor te verhogen van 2,5 kg NH₃/dierplaats/jaar naar 3,1 kg NH₃/dierplaats/jaar (blankvlees) en 3,7 kg NH₃/dierplaats/jaar (rosévlees). Destijds is naar aanleiding van dit advies de emissiefactor door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat aangepast naar 3,5 kg NH₃/dierplaats/jaar. Het opsplitsen van de categorie A4 is niet overgenomen, mede vanwege de complexiteit van de invoering.

Mosquera et al., 2017 heeft tijdens grootschalige metingen met verschillende vloertypen bij twee blankvleeskalverbedrijf ammoniakemissies gemeten. In de referentieafdeling werd gemiddeld een ammoniakemissie van 5,0 kg NH₃/ dierplaats per jaar gemeten. Mosquera et al., 2019, rapporteren een emissie factor van 5,1 kg NH₃/ dierplaats per jaar in een referentie afdeling (blankvleeskalveren).

In het Noord Brabantse project 'emissiearme vleeskalverstallen' zijn emissiemetingen gedaan aan emissiearme systemen waarbij twee referentie afdelingen zijn bemeten. Tijdens de emissiemetingen (Meijers et al., 2022) werd voor de referentie afdeling (afdeling 11) een emissiefactor van 5,3 kg NH₃/dierplaats per jaar vastgesteld. Referentieafdeling 11 betrof een afdeling met diepe kelders 1,2 m met houten roosters.

Binnen het programma Integraal aanpakken, een klimaatvelop, is een deelproject Meetcampagne emissiefactoren referentiestallen. Dit onderzoek is vooral gericht op het vaststellen van referentiewaarden. Hiervoor wordt onder andere in kalverstallen emissies aan broeikasgassen maar ook ammoniak gemeten. In 2018 tot en met 2020 zijn twee bedrijven met rosékalveren bemeten, met op elk bedrijf een opfok- en een afmeststal (Concept Mosquera et al., 2022). Dit betrof één jongrosé en één oudrosé bedrijf. Metingen in het kader van de klimaatvelop op nog 2 rosé- en 4 blankvleesbedrijven worden naar verwachting eind 2023 afgrond. Wat een betere onderbouwing zal geven voor het vaststellen van de referentiefactor.

Op basis van deze praktijkmetingen verwachten we dat de emissiefactor van 3,5 kg NH₃/dierplaats per jaar niet meer representatief is voor de gehele sector. Oorzaken voor deze verhoging kunnen zijn, veranderingen in het rantsoen en de sterke verscheidenheid aan stal- en houderijsystemen binnen de sector waarvoor nu maar één emissiefactor als referentie is opgenomen.

Als de emissiefactor voor de referentiestal (A4.100) wordt verhoogd naar bijvoorbeeld 5,0 kg NH₃/dierplaats/jaar en de huidige maximale emissiewaarde voor ammoniak blijft 2,5 kg NH₃ dan betekent dit

dat emissiearme maatregelen meer dan 50% ammoniak emissie moeten reduceren. Voor het systeem bolle rubberen roostervloer met kleppen zal een dergelijke verhoging dat deze (ongeacht de voorlopige status) niet meer toegepast kan worden in nieuw te bouwen stallen. Ervan uitgaande dat de vastgestelde emissiefactoren voor de verschillende emissiearme technieken dan ook naar ratio aangepast worden.

Voor de bronmaatregelen die nog in ontwikkeling heeft de verhoging van de referentiewaarde bij de huidige grenswaarde geen sterk gevolg omdat verwacht wordt dat met de meeste bronmaatregelen 50% reductie behaald kan worden. Wel dienen deze bronmaatregelen dan optimaal te werken om de 50% reductie te garanderen. Als de grenswaarde verder naar beneden wordt bijgesteld (>60% reductie) dan zal dat wel betekenen dat de meeste bronmaatregelen hier niet meer aan kunnen voldoen.

4 Discussie

Momenteel zijn er voor de kalverhouderij geen brongerichte maatregelen opgenomen in bijlage 1 van de Rav waarmee ammoniak 50% gereduceerd kan worden. Alleen luchtwassystemen zijn opgenomen met reductiepercentages van 60-90 %. Wel blijkt uit tabel 3.2 dat er vele emissiereducerende technieken in ontwikkeling zijn waarbij verwacht wordt dat met deze brongerichte maatregelen reducties van 30-70 % van de ammoniakemissie behaald kunnen worden. De meeste van de in de kalversector toe te passen brongerichte technieken vinden hun oorsprong in de varkenshouderij. Onderzoek moet nog aantonen in hoeverre deze brongerichte technieken in de kalverhouderij werken. Het gaat dan in hoofdlijnen om keldertechnieken als: snel afvoeren van mest, scheiden urine en feces, spoelen en verdunnen van mest en koelen mest, qua vloersystemen gaat het om: betere doorvoer, zachtere en inerte materialen of afsluiten mestkelder.

Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de gehanteerde emissiefactor voor overige huisvestingssystemen (A4.100) van 3,5 kg NH₃/dierplaats per jaar onvoldoende representatief is voor de gehele sector. Geschat wordt dat een referentiewaarde van 4 tot 5 kg NH₃/dierplaats/jaar beter past bij de huidige situatie. Of ook de emissiefactoren voor geur- en fijnstof (35,6 units/seconde/dier en 33 g PM₁₀/dier/jaar) voor overige huisvestingssystemen bijgesteld moeten worden is niet bekend. Metingen in het kader van het programma Integraal Aanpakken op 2 rosé- en 4 blankvleesbedrijven worden naar verwachting eind 2023 afgrond.

De betrouwbaarheid van de emissiereducerende bronmaatregelen is moeilijk in te schatten. In het voorliggende rapport is betrouwbaarheid gedefinieerd als: *de mate waarin het systeem ook na verloop van tijd de beoogde emissiereductie behaalt. Dit kan te maken hebben met eenvoud bij het installeren en bouwen, benodigd onderhoud aan het systeem, benodigde managementaandacht (toevoegmiddelen/rapportage/controle werking/mate van automatisering) en benodigde kosten voor onderhoud en toevoegmiddelen (hoe hoger hoe minder betrouwbaar/robuust). Hierbij is als uitgangspunt genomen dat de ondernemer goed ondernemerschap toont voor het gekozen systeem.*

Enkele maatregelen om de betrouwbaarheid te vergroten kunnen zijn:

- Opnemen management voorschriften in stalbeschrijvingen Infomil lijst
- Jaarlijkse controle 'APK'
- Meten van daadwerkelijke emissies (doelvoorschriften)

Ook kan de uitvoering van de emissie-reducerende systemen zorgen voor mindere prestaties, door bijvoorbeeld het gebruik inferieure materialen, of door een andere invulling van de stalbeschrijvingen (oftewel er is ruimte over in de beschrijving voor interpretatie). In de Rav-lijst worden absolute emissies opgenomen. Dit zijn gemiddelden en er zullen ook bij gelijke technische oplossingen variaties in de emissies optreden bij verschillende bedrijven en ook in de tijd.

Van de huidige technieken waarvan de emissiefactoren zijn vastgelegd in de Infomil lijst zijn de luchtwassers het meest kosteneffectief als gekeken wordt naar ammoniakemissie-reductie (vergelijkbare of lagere kosten dan bij bronmaatregelen maar hogere ammoniakemissie reductie percentages). Reducties die behaald kunnen worden zijn: ammoniak 70-95%, geur 30-45 % en fijnstof 35-80%. Broeikasgasemissies worden niet gereduceerd en het binnenklimaat wordt niet verbeterd. Bronmaatregelen A 4.7 die nu op de Infomil lijst staat is voor nieuwe situaties meer toepasbaar en bronmaatregel A 4.8 betreft nog een voorlopige emissiefactor die mogelijk naar boven wordt bijgesteld (dus minder reductie). Reducties die behaald kunnen worden met A4.8 zijn: ammoniak 46%, geur 0 % en fijnstof 0%. Zowel de luchtwassers als de vloermaatregel A 4.8 zijn toepasbaar in bestaande stallen en bij nieuwbouw.

Van de bronmaatregelen die in ontwikkeling zijn wordt de meeste potentie verwacht van: mestband onder de roosters, mestschuif onder de roosters en verdunnen en spoelen met ammonium-arme vloeistof. Van deze maatregelen wordt verwacht dat ammoniak-reducties van 50-60 % gehaald kunnen worden verwacht wordt dat broeikasgasemissies uit de mest fors (80-90 %) gereduceerd worden, en dat geur- en fijnstof ook gereduceerd worden. Deze bronmaatregelen dragen ook bij aan het binnenklimaat. Verwacht wordt dat het nog enkele jaren zal duren voordat deze maatregelen voldoende bemeten zijn om deze op te nemen op de

Infomil lijst. Uitgaande van ammoniakemissie-reductie zullen de bronmaatregelen minder kosteneffectief zijn dan de luchtwassers.

Het realiseren van emissiearme stalsystemen kan een effect hebben op de brandveiligheid. De in deze rapportage genoemde bron en nageschakelde systemen hebben we niet apart gescoord, er zijn wel een aantal algemeenheden te benoemen:

- Elektronische installaties in de stal kunnen de kans op stalbranden vergroten omdat door bijvoorbeeld kortsluiten brand kan ontstaan. Als de elektronische installaties in aparte technische ruimten of buiten de stal opgenomen kunnen worden dan wordt de kans op verdere verspreiding beperkt/vertraagt.
- Het risico op verspreiding van brand kan vergroten door emissiearme stalsystemen. Een voorbeeld hiervan zijn de centrale luchtkokers zoals bij luchtwassystemen gebruikt worden. Onbekend is of bronmaatregelen als bijvoorbeeld mestbanden ook de verspreiding kunnen versnellen. Dat zal sterk afhangen van de brandbaarheid van de gebruikte materialen.

Literatuur

- CDM, 2020, Advies 'Stikstofverliezen uit mest in stallen en mestopslagen', Commissie van Deskundigen Meststoffenwet, Wageningen <https://www.wur.nl/nl/show/CDM-advies-Stikstofverliezen-uit-stal-en-mestopslag.htm>
- Berkhout, P., H. van der Meulen, P. Ramaekers, 2022. Staat van Landbouw en Voedsel; Editie 2021. Wageningen/Heerlen/Den Haag, Wageningen Economic Research en Centraal Bureau voor de Statistiek, Rapport 2022-013. 164 blz.; 72 fig.; 23 tab.; 220 ref.
- Beurskens A.G.C., J.M.G. Hol, 2004, Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXI; Stal voor vleeskalveren, Rapport nr. 220, ISBN 90-6754-803-0
- Blanken, K., A. Evers, W. Ouweltjes, J. Verkaik, I. Vermij, H. Wemmenhove (2022) Kwalitatieve Informatie Veehouderij 2021-2022 (KWIN), Wageningen, ISSN 1570-8594
- Bremmer B., I. Huisman, N. Ogink, 2022, Verbetering van effectiviteit emissie arme stalsystemen in de praktijk: inventarisatie en analyse kritische factoren
- Bruggen van, C., K. Geertjes, 2019, Stikstofverlies uit opgeslagen mest, CBS oktober 2019
- Groenestein, C.M., S. Bokma, N.W.M. Ogink, 2014. Actualisering ammoniakemissiefactoren vleeskalveren tot circa 8 maanden; Advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij. Lelystad, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 778
- Groenestein C.M., A.J.A. Aarnink, H. Ellen, S. Bokma en P. Bikker, 2017. PAS-referenties huisvesting landbouwhuisdieren; Wageningen Livestock Research, Rapport 1083.
- Heeres, J., M. Wolthuis, S. Bokma, D. Smits, N. Stockhofe, I. Vermeij en K. van Reenen, 2017. Alternatieve vloeren voor vleeskalveren; Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 1056
- Hol J.M.G., C.M. Groenestein, 1997, Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen verschillende huisvestingssystemen voor vleeskalveren, DLO rapport 97-1001
- De Kalverhouder, 2022, <https://www.dekalverhouder.nl/nieuws/Ontwikkeling-innovatieve-stallen-stagneert#1>
- Meijer W., G. Monteny en W. van Hoof, 2022, Onderzoek naar de ammoniak, geur, methaan en stofemissie van proefstal Thelosen voor vleeskalveren, Tauw kenmerk R001-1267834-V1 concept
- Monteny G., W. van Hoof, 2020a, Emissiearme vleeskalverstallen, Uitgebreide integrale samenvatting, <https://www.landbouwenvoedselbrabant.nl/nieuws+home/1888474.aspx?t=Eerste-resultaten-emissiearme-kalverstallen-bemoedigend>
- Monteny G., W. van Hoof, 2020b, Emissiearme vleeskalverstallen, Deelrapport Fase 3, <https://www.landbouwenvoedselbrabant.nl/nieuws+home/1888474.aspx?t=Eerste-resultaten-emissiearme-kalverstallen-bemoedigend>
- Mosquera, J., T. van Hattum, G.M. Nijeboer, J.M.G. Hol, H.J.C. van Dooren, S. Bokma, 2016. Effect of floor type on the ammonia and odour emission from veal calves housing. Wageningen Livestock Research, Report 980.
- Mosquera, J. A.J.A. Aarnink, H. Ellen, H.J.C. van Dooren, R.A. van Emous, J. van Harn, N.W.M. Ogink, 2017. Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken. Geactualiseerde versie 2017. Wageningen, Wageningen Livestock Research, Livestock Research Rapport 645.
- Mosquera, J., T. van Hattum, G.M. Nijeboer, J.M.G. Hol, H.J. van Dooren, S. Bokma, 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.
- Mosquera, J., H.J.C. van Dooren, J.M.G. Hol, L. Workel, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink (2022) Monitoring van methaan-, ammoniak-, en lachgasemissies uit stallen voor rosé vleeskalveren. Praktijkmetingen in de periode oktober 2018-oktober 2020. Wageningen Livestock Research, In voorbereiding
- Mosquera, J., H.J.C. van Dooren, J.M.G. Hol, L. Workel, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink, 2022; Monitoring van methaan-, ammoniak-, en lachgasemissies uit stallen voor rosé vleeskalveren. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1376

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, 2021. Kalverstal van de toekomst – (bijna) Praktijkrijpe ontwerpconcepten. Wageningen Livestock Research, Rapport 1298.

Smits M.C.J., J.B. Campen, J.W.H. Huis in 't Veld, 2008, Emissiereductie door kelderluchtbehandeling in een vleeskalverstal; proof of principle, Rapport 179

TNO, 2019, Factsheet emissies en depositie van stikstof in Nederland. TNO. ,innovation for life, Den Haag <https://www.tweedekamer.nl/downloads/document?id=1b9e9847-cb38-444e-9a18-bcbb565a37a8&title=Stikstofproblematiek%20-%20emissies%20en%20depositie%20van%20stikstof%20in%20Nederland%20-%20TNO.pdf>

Van Bruggen, C., K. Geertjes, 2019, Stikstofverlies uit opgeslagen mest, Centraal Bureau Statistiek,

Bijlage 1 Uitleg TRL

TRL's, ofwel Technology Readiness Levels zijn ooit door de NASA bedacht om aan te geven in welke fase de ontwikkeling van een nieuwe technologie zit. Voor veel Europese en nationale subsidies wordt dit model gebruikt om te duiden voor welke fase van een innovatietraject een subsidie bedoeld is (<https://www.snn.nl/kennisbank/trl-niveaus-uitgelegd>). We onderscheiden 9 TRL's. Hoe hoger het level, hoe dichter bij het op de markt brengen van de innovatie. De 9 levels zijn weer gegroepeerd in vier overkoepelende fasen, namelijk:

- De ontdekkingsfase (TRL 1,2 & 3)
- De ontwikkelingsfase (TRL 4,5 en 6)
- De demonstratiefase (TRL 7 & 8)
- De toepassingsfase (TRL 9)

De volgende 9 TRL levels kunnen worden onderscheiden:

Level 1: Fundamenteel onderzoek Je doet onderzoek naar het innovatieve idee en de basisprincipes van de innovatie. Je bent hierbij bezig met fundamenteel onderzoek en deskresearch.

Level 2: Toegepast onderzoek Je hebt de basisprincipes onderzocht en gaat nu bezig met de formulering van het technologisch concept en de praktische toepassingen. In deze fase ben je vooral bezig met experimenteel en/of analytisch onderzoek.

Level 3: Proof of concept Je onderzoekt de toepasbaarheid van het concept op experimentele basis (experimenteel proof of concept). Je toetst en valideert hypothesen over verschillende componenten van het concept.

Level 4: Implementatie en test prototype Je gaat de Proof-of-concept van jouw innovatie op labschaal testen. Het design, de ontwikkeling en het testen van technologische componenten vinden plaats in een labomgeving. Je integreert technische basiscomponenten met elkaar om de werking te garanderen. Een prototype dat je in deze fase ontwikkelt, kost relatief weinig geld en tijd om te ontwikkelen en is daarmee nog ver verwijderd van een definitief product, proces of dienst.

Level 5: Validatie prototype Je onderzoekt de werking van het technologisch concept in een relevante omgeving. Dit is de eerste stap in de demonstratie van de technologie. Een prototype dat je in deze fase ontwikkelt, kost relatief veel tijd en geld en is niet ver verwijderd van het uiteindelijke product of systeem.

Level 6: Demonstratie prototype in testomgeving Je gaat het concept uitgebreid testen en demonstreren in een relevante testomgeving, Deze testomgeving lijkt op een operationele omgeving, bijvoorbeeld in een pilot plant. Het testen vindt plaats na de technische validatie in een relevante (pilot) omgeving.

Level 7: Demonstratie prototype in operationele omgeving Je gaat het concept testen en demonstreren in een gebruikersomgeving om werking in een operationele omgeving te bewijzen. De demonstratie van het concept in een praktijkomgeving levert je nieuwe inzichten op voor de definitieve markttoepassing van jouw innovatie.

Level 8: Product/ dienst is compleet en operationeel In deze fase krijgt jouw innovatie zijn definitieve vorm. Je hebt de technologische werking getest en het is bewezen dat het voldoet aan gestelde verwachtingen, kwalificaties en normen (certificering). Daarnaast bepaal je de financiële kaders voor (massa)productie en lancering.

Level 9: Marktintroductie product/dienst/procedé Jouw innovatie is technisch en commercieel gereed; productierijp en klaar voor lancering in de gewenste marktomgeving. Nu het totale ontwikkelingsproces is afgerond is de volgende stap het commercieel wegzetten van een product bij de gewenste doelgroep in de juiste markt.

Bijlage 2 Korte omschrijving brongerichte systemen

Keldersystemen	
V-vormige mestband Wopereis Janssen Poultry Equipment Bettink Service Team	Allerhande mestbanden die onder de roosters worden gerealiseerd. Onder afschot loopt de urine van de mestband en daarna naar een zijkant. De feces wordt door middel van het afdraaien van de band separaat van de urine verzameld. Materiaal keuze is erg belangrijk voor het reduceren van de ammoniak emissie.
Geperforeerde mestband in kelder Verberk	Mestband waarbij de urine via gaatjes door de band kan zakken waarna deze afgevoerd wordt met een gootje. De feces wordt door middel van het afdraaien van de band separaat van de urine verzameld. Vergelijkbaar systeem als voorgaande (V-vormige mestband).
Ammoniumarme vloeistof in kelder Kamplan (TCFC) St Mestverwerking Gelderland	Door middel van een zuivering van de dunne fractie wordt een ammonium arme vloeistof verkregen. Deze wordt onder de dieren gezet zodat mest en urine die door de roosters valt verdund wordt. Deze vloeistof wordt op gezette tijden afgelaten en ververst. Ook andere ammonium arme vloeistoffen zijn hiervoor geschikt (regenwater/spoelwater).
Mest koelen R&R systems	Koellamellen of koelbuizen systeem in de mestkelder om de drijfmest te koelen. Door de mest te koelen onder de 10 graden Celsius wordt verwacht dat de ammoniak emissies en afbraak van organische stof (methaan vorming) vertraagd wordt. Mixen van de mest is nodig om de gehele massa te kunnen koelen.
V vormige keldervloer met schuif en giergoot. Van Beek Swaans beton, JOZ	Kelderoplossingen waarbij de feces door middel van een schuif regelmatig wordt afgevoerd uit de kelder en de urine via een goot in de keldervloer separaat wordt afgevoerd. De vloer is V vormig en op afschot aangelegd. Eventueel met een urine gootje en een klepel die hierdoorheen kan lopen.
Mestgoten en koeling JOVAS DUOSEP	Verzameling van feces en urine in mestgoten waarvan de wanden gekoeld (kunnen) worden. De feces en gier worden regelmatig uit de mestgoten verwijderd door middel van schuivende klepjes.
Ondiepe mestkelder met continue urine afstroom. Bestaand keldersysteem.	Oude kelders voor kistkalveren waren zo ingericht dat de urine via gootjes afgevoerd werd. Tijdens metingen in Someren is gebleken dat deze een lagere emissies had dan de referentiestal met drijfmestopslag onder de dieren.
Vloersystemen	
Bolle rubberen roostermat op standaard	Rubberen opzetstukken ten behoeve van het snel afvloeien van urine. Wordt gezien als welzijnsverhogend vanwege de indrukbaarheid/zachtheid van het materiaal.

betonrooster zonder kleppen

Easyfix, Swaans, Kraiburg, ICE, Ierland

Bolle rubberen roostermat**met smalle roosterbalken zonder kleppen**

ICE, Ierland (groene vlag)

Omdat het effect op de ammoniak emissie bij de standaard afmeting roosterbalk met bolle rubberen roostermat minimaal is ten opzichte van houten roosterbalken is het idee om smallere balken te gebruiken om de doorlaat van de vloer te vergroten.

Bolle rubberen roostermat op standaard betonrooster met kleppen

ICE, Ierland (Groene Vlag)

Variante van rubberen roostervloer met kleppen in de roostersleuven om de kelder af te dichten.

Volkern kunststof roosters met grotere doorlaat

Janssen Poultry Equipment

Hardkunststof roosters uitgevoerd met grotere doorlaat om urine en feces sneller af te voeren.

Geplastificeerde metalen roostervloer met grotere doorlaat

Nooyen

Metalen roosters met relatief zachte kunststof coating uitgevoerd met grotere doorlaat om urine en feces sneller af te voeren. Mogelijk voordelen dierenwelzijn.

Additionele technieken

EOW sproeien

Aquaoox, WLR

Het toepassen van Electrolyzed oxidizing water (hypochloriet) op oppervlakten (vloer, putwanden, putbodern, mestband) om urease activiteit te elimineren. Het chloor zorgt ervoor dat de urease inactief of afgebroken wordt.

Vernevelen organische zuren in stal

Van Beek

Het vernevelen van organische zuren kan mogelijk ammoniak doen neerslaan en mogelijk zijn er voordelen voor de kalfgezondheid. Dit is nog niet getest.

Coating kelderwanden en stalmuren

Schippers Bladel

Door de stalmuren en kelderwanden met een coating te behandelen zullen de stalmuren en putwanden schoner blijven wat mogelijk samen met een afname van de urease activiteit leidt tot lagere ammoniak vorming.

Opslag

Aanzuren mest in de stal

JH Agro (DK), Aanen staltotaal (NL)

De mest wordt buiten de stal aangezuurd (pH <6) en gemixt waarna deze weer in de mestkelder gezet wordt. In Denenmarken wordt dit concept toegepast.

Bellenmixen in de stal

Bos

Door middel van luchtdruk wordt de mest met belLEN regelmatig gehomogeniseerd.

Ecosystems,
Vogelsang

DSD-stalinrichtingen

Toevoegen micro-organismen aan de mest in de stal

Een oplossing van micro-organismen en eventueel mineralen wordt toegevoegd aan de drijfmest in de kelder.

Meerdere aanbieders

Fermenteren dikke fractie buiten de stal (Bokashi)

De dikke fractie wordt eventueel samen met organische reststromen anaeroob opgeslagen met toevoeging van een mengsel van micro-organismen en mineralen waardoor een verzuring optreedt en een conservering van de betreffende grondstoffen.

Agriton, effectieve microben

Dagverse mest

Biogas/vergisting dagverse mest buiten de stal

Stal met mestverwerking waarbij de mest dagelijks afgevoerd wordt naar de vergister op het bedrijf om zodoende emissies te vermijden en biogasopbrengsten te maximaliseren.

Diverse

Nageschakelde maatregelen, opslag in de stal

Kelderafzuiging met:

Lucht afzuigen uit de mestkelder waarna deze gezuiverd wordt door middel van biologische/chemische luchtwassing, biofilter, en oxidatie van methaan door middel van biofilter of fakkel.

Chemische luchtwasser

Biofilter en methaan oxidatie

Fakkel, veldfilter, biofilter