

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 625

## Ammoniakemissiearme verharde uitlopen voor varkens

Juli 2012



**LIVESTOCK RESEARCH**  
**WAGENINGEN UR**

## Colofon

### Uitgever

Wageningen UR Livestock Research  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

### Redactie

Communication Services

### Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2012

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

### Aansprakelijkheid

Wageningen UR 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 UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

### Abstract

In this study requirements and example designs are given of pig houses with outside yards with low ammonia emission.

### Keywords

pigs, outside yard, ammonia emission

### Referaat

ISSN 1570 - 8616

### Auteur(s)

A.J.A. Aarnink  
H.M. Vermeer  
J.P.M. Ploegaert

### Titel

Ammoniakemissiearme verharde uitlopen voor varkens

Rapport 625

### Samenvatting

In deze studie worden de eisen gegeven voor en voorbeelden gegeven van emissiearme varkensstallen met uitloop.

### Trefwoorden

varkens, uitloop, ammoniakemissie



LIVESTOCK RESEARCH  
WAGENINGEN UR

Rapport 625

## Ammoniakemissiearme verharde uitlopen voor varkens

Outside, hardened yards with low ammonia  
emissions for pigs

A.J.A. Aarnink  
H.M. Vermeer  
J.P.M. Ploegaert

Juli 2012



## **Voorwoord**

Welzijn en milieu kunnen tegenstrijdige eisen stellen aan de huisvesting van varkens. Uit oogpunt van welzijn streven we naar meer ruimte per varken en is er maatschappelijke vraag naar een uitloop naar buiten. Uit eerder onderzoek is gebleken dat bij een slecht ontworpen stal met uitloop de ammoniakemissie zeer hoog kan worden. Daarom heeft het Ministerie van EL&I gevraagd om aan te geven aan welke eisen emissiearme uitlopen moeten voldoen. In dit rapport zijn deze eisen weergegeven en zijn voor elke categorie varkens ontwerpvoorbeelden gegeven van emissiearme stallen met uitloop. Wij hopen dat dit rapport bij zal dragen aan de verdere ontwikkeling van milieu- en welzijnsvriendelijke huisvesting van varkens.

Mede namens de co-auteurs

André Aarnink  
Projectleider



## Samenvatting

Het beschikbaar stellen van een uitloop aan varkens wordt in het algemeen beschouwd als een belangrijke manier om het welzijn van de dieren te verbeteren en tegemoet te komen aan de maatschappelijke vraag. Dit is de reden waarom een uitloop verplicht is gesteld voor de biologische en de scharrel-varkenshouderij. Echter, ook in de gangbare varkenshouderij bestaat interesse om stallen te bouwen met een uitloop. Naast een verbetering van het dierenwelzijn is het ook belangrijk om de emissies van milieuvervuilende componenten zoveel mogelijk te beperken. De doelstelling van dit onderzoek was om ontwerpeisen op te stellen voor emissiearme uitlopen bij biologische en gangbare stallen voor groeiende varkens (vleesvarkens en gespeende biggen) en voor zeugen (kraamzeugen, guste en drachtige zeugen). Op basis van deze eisen zijn voor elke diercategorie één of enkele voorbeeldontwerpen uitgewerkt (inclusief ontwerp tekening) van emissiearme uitlopen bij gangbare en biologische varkensstallen. Bij het opstellen van de ontwerpeisen is in eerste instantie gekeken naar de effecten op de ammoniakemissie.

De factoren die de ammoniakemissie beïnvloeden bepalen in belangrijke mate hoe een emissiearme uitloop er uit moet zien. De uitloop in de varkenshouderij is een integraal onderdeel van de stal. Voor ammoniakreductie is dus niet alleen naar het ontwerp van de uitloop maar tevens het stalontwerp van belang. De volgende eisen worden gesteld aan emissiearme (stallen met) uitlopen:

- Klein emitterend kelderoppervlak;
- Goede mest- doorlatende roosters;
- Geen hokbevuiling;
- Lage mesttemperatuur en lage lichtsnelheid over het emitterend oppervlak;
- Lage urease-activiteit.

Op basis van deze eisen zijn vijf ontwerpen gemaakt voor vleesvarkens, twee voor gespeende biggen, één voor kraamzeugen en drie voor guste en drachtige zeugen. De meeste ontwerpen kunnen zowel voor gangbare als voor biologische varkens worden toegepast. Op basis van het emitterend kelderoppervlak en het risico op hokbevuiling is een inschatting gemaakt van de ammoniakemissie voor de verschillende emissie-arme stalontwerpen met uitloop.

Ten aanzien van deze ontwerpen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- 1) De ontwerpen van stallen met uitloop voor biologische varkens, zoals beschreven in dit rapport, hebben, naar schatting, een iets lagere ammoniakemissie dan de huidige emissiefactoren in de bijlage bij de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav).
- 2) De ontwerpen van stallen met uitloop voor gangbare varkens, zoals beschreven in dit rapport, hebben, naar schatting, een beduidend lagere ammoniakemissie dan de huidige emissiefactoren voor stallen met 'overige huisvestingssystemen' in de Rav. Behalve voor guste en drachtige zeugen liggen de waarden wel boven de grenswaarden die gesteld worden in Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij.
- 3) Ammoniakemissie-arme ontwerpen voor varkensstallen met uitloop hebben een relatief gering emitterend kelderoppervlak zonder dat daarbij het risico op hokbevuiling belangrijk toeneemt.
- 4) Bij de ontwerpen, zoals beschreven in dit rapport, zal het merendeel van de mest en urine worden gedeponeed op de uitloop. Dit betekent dat de emissies vanuit de mest in de stal relatief gering zullen zijn. Dit zal een verbetering geven van de luchtkwaliteit in de stal.





## Summary

It is generally accepted that the welfare of pigs can be significantly improved by offering them an outside yard. This is the reason that an outside yard is obligatory for organic and free range pigs. However, also in regular pig farming there is interest in building houses with an outside yard. When improving the welfare of the pigs, the effect of these measures on the environment should not be ignored. The objective of this study was to formulate design criteria for pig housing with outside yards for regular and organic pigs with low emissions to the environment. This was done for growing pigs (growing-finishing pigs and weaned piglets) and for sows (farrowing sows, dry and pregnant sows). Based on these design criteria, for each pig category one or more example designs were elaborated (including design drawing) for low emission outside yards for regular and organic pig houses. When composing the design criteria, ammonia emission had the main focus.

Factors that are influencing ammonia emission mainly determine the design of the outside yard. The outside yard is an integral part of the pig house. Therefore, for ammonia reduction, the design of the outside yard, as well as the design of the animal house is important. Low emission outside yard fulfill the following requirements:

- Small emitting surface area of the manure in the pit;
- Good manure through fall by the slatted floor;
- No pen fouling;
- Low manure temperature and low air velocity above the emitting surface;
- Low urease activity.

Based on these requirements five designs were made for growing-finishing pigs, two for weaned piglets, one for farrowing sows and three for dry and pregnant sows. Most designs can be used for regular, as well as for organic pigs. Based on the emitting surface area and the risk of pen fouling, ammonia emissions of the different designs were estimated.

Based on the results of this desk study the following can be concluded:

- 1) The designs of houses with outside yards for organic pigs, as described in this report, have little lower estimated ammonia emissions than the present emission factors in the appendix of the Regulation ammonia and livestock (Rav).
- 2) The designs of houses with outside yards for regular pigs, as described in this report, have clearly lower estimated ammonia emissions than the emission factors for houses with 'remaining housing systems' in the Rav. Except for dry and pregnant sows, the values are still higher than the limits set by the Decision on ammonia emission from housing of livestock ('Besluit huisvesting').
- 3) Low ammonia emission designs for pig houses with outside yard generally have a relative small emitting surface area of the manure in the pig, combined with a low risk for pen fouling.
- 4) Within the designs, as described in this report, most of the faeces and urine will be deposited in the outside yard. This means that emissions inside the animal house will be relatively low. This will improve the air quality inside the pig house.



# Inhoudsopgave

## Voorwoord

## Samenvatting

## Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Factoren die de emissie vanaf de uitloop beïnvloeden</b> .....	<b>3</b>
	De ammoniak komt in varkensstallen vooral uit de urine op de vloer en de mengmest in de mestkelder. Deze ammoniakemissie wordt vooral beïnvloed door: .....	3
2.1	Verkleining emitterend oppervlak.....	3
2.2	Verlaging temperatuur.....	5
2.3	Verlaging luchtsnelheid .....	5
2.4	Verlaging urease-activiteit.....	5
<b>3</b>	<b>Eisen aan uitlopen</b> .....	<b>7</b>
3.1	Eisen aan emissiearme uitlopen .....	7
3.2	Eisen aan uitlopen vanuit regelgeving en dierwelzijn .....	7
<b>4</b>	<b>Emissiearme ontwerpen voor uitlopen</b> .....	<b>9</b>
4.1	Vleesvarkens.....	10
4.2	Gespeende biggen.....	15
4.3	Kraamzeugen.....	16
4.4	Guste en drachtige zeugen.....	17
<b>5</b>	<b>Inschatting emissies</b> .....	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Discussie</b> .....	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>27</b>

## Literatuur



## 1 Inleiding

In de varkenshouderij krijgt de manier van houden van de dieren steeds meer aandacht. Vanuit de EU en de Nederlandse overheid zijn verschillende regels opgesteld waaraan de huisvesting moet voldoen om het welzijn van varkens te verbeteren. Het beschikbaar stellen van een uitloop aan de varkens wordt in het algemeen beschouwd als een belangrijke manier om het welzijn van de dieren te verbeteren. Dit is de reden waarom een uitloop verplicht is gesteld voor de biologische en de scharrelvarkenshouderij. Echter, ook in de gangbare varkenshouderij bestaat interesse om stallen te bouwen met een uitloop. Naast een verbetering van het dierenwelzijn is het ook belangrijk om de emissies van milieuvervuilende componenten zoveel mogelijk te beperken. In 2013 moeten alle stallen voldoen aan de ammoniakemissie-eisen zoals die zijn gesteld in het 'Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij' (2005). De biologische en de scharrelvarkenshouderij zijn hiervan uitgezonderd. Om aan de maatschappelijke eisen te voldoen zullen deze varkensbedrijven echter ook zoveel mogelijk de emissies moeten beperken. Uit onderzoeken van Ivanova-Peneva e.a. (2006, 2008) is gebleken dat de ammoniakemissies vanaf uitlopen belangrijk kunnen verschillen. De verschillen bleken vooral samen te hangen met het ontwerp van de uitloop.

De vraag die nu voorligt is aan welke ontwerpeisen uitlopen moeten voldoen om emissiearm te zijn. Op dit moment komen uitlopen in de varkenshouderij vrijwel alleen voor bij biologische bedrijven. Biologische bedrijven zijn gebonden aan wettelijke eisen ten aanzien van de uitloop. Uitlopen in de gangbare varkenshouderij zijn op dit moment niet gebonden aan wettelijke eisen. In dit onderzoek is daarom onderscheid gemaakt tussen uitlopen bij biologische stallen en uitlopen bij gangbare stallen.

De doelstelling van dit onderzoek was om ontwerpeisen op te stellen voor emissiearme uitlopen bij biologische en gangbare stallen voor groeiende varkens (vleesvarkens en gespeende biggen) en voor zeugen (kraamzeugen, guste en drachtige zeugen). Op basis van deze eisen zijn voor elke diercategorie één of enkele voorbeeldontwerpen uitgewerkt (inclusief ontwerptekening) van emissiearme uitlopen bij biologische en gangbare varkensstallen. Bij het opstellen van de ontwerpeisen is in eerste instantie gekeken naar de effecten op de ammoniakemissie. De effecten op de andere emissies (geur, broeikasgassen, fijnstof) krijgen echter ook aandacht in de Discussie. Bij de ontwerpeisen is de randvoorwaarde gesteld dat het welzijn en de gezondheid van de dieren niet aangetast mag worden.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de factoren die de emissie vanaf de uitloop beïnvloeden en op de mogelijkheden om via verandering van deze factoren de emissie te verlagen. In hoofdstuk 3 worden de eisen weergegeven die gesteld worden aan uitlopen uit oogpunt van emissies en uit oogpunt van regelgeving en dierenwelzijn. In hoofdstuk 4 zijn een aantal emissiearme ontwerpen voor de verschillende categorieën varkens uitgewerkt, zowel voor de gangbare als voor de biologische varkenshouderij. Het rapport wordt afgesloten met een discussie over de emissiearme uitlopen (hoofdstuk 5) en worden de belangrijkste conclusies van dit onderzoek weergegeven (hoofdstuk 6).



## 2 Factoren die de emissie vanaf de uitloop beïnvloeden

In het rapport 'Gasvormige emissies vanaf buitenuitlopen bij varkensstallen' (Kasper en Aarnink, 2011) concluderen de auteurs het volgende:

- Bij stallen met uitloop die ontworpen zijn volgens de nieuwste inzichten om het emitterend (mest)oppervlak te beperken is de totale ammoniakemissie uit de stal en vanaf de uitloop vergelijkbaar, zo blijkt uit Nederlands onderzoek, met gangbare stallen zonder uitloop die vallen onder de categorie 'overige huisvestingssystemen'.
- Stallen met uitloop die, als gevolg van bevuiling van de dichte vloer, een relatief groot emitterend (mest)oppervlak hebben laten sterk verhoogde ammoniakemissies per dier zien, zo blijkt uit Nederlands onderzoek, die een factor 2 tot 4 hoger kunnen zijn dan in gangbare stallen zonder uitloop die vallen onder de categorie 'overige huisvestingssystemen'.

In het hierboven genoemde rapport wordt tevens het volgende geconcludeerd:

- In de varkenshouderij is de uitloop een integraal onderdeel van het gehele stalontwerp; dit in tegenstelling tot de leghennenhouderij waar de inrichting van de stal exact gelijk kan zijn in systemen met en zonder uitloop.

Dit betekent dat het ontwerp van de uitloop moet worden bekeken in samenhang met het stalontwerp.

De ammoniak komt in varkensstallen vooral uit de urine op de vloer en de mengmest in de mestkelder. Deze ammoniakemissie wordt vooral beïnvloed door:

1. Het ammoniumgehalte
2. De pH
3. Het emitterend oppervlak
4. De temperatuur
5. De luchtsnelheid / het ventilatie-debiet
6. De urease-activiteit

Vooraf de punten 3 tot en met 6 kunnen worden beïnvloed door de huisvesting. In de navolgende paragrafen zal ingegaan worden op de mogelijkheden om de ammoniakemissie vanaf de uitloop te verlagen via een verkleining van het emitterend oppervlak, en een verlaging van de temperatuur, luchtsnelheid en urease-activiteit.

### 2.1 Verkleining emitterend oppervlak

De ammoniakemissie uit een homogene ammoniakoplossing is evenredig met het oppervlak van deze oplossing (Aarnink en Elzing, 1998). Ammoniak wordt vooral gevormd door omzetting van ureum in urine met behulp van het enzym urease. Emitterende oppervlakken in een varkenshok zijn daarom de met urine bevuilde vloeroppervlakken en de mengmest in de mestkelder. Het emitterend mestkelderoppervlak en de mate van vloerbevuiling bepalen daarom in belangrijke mate de ammoniakemissie uit varkensstallen.

Verkleining van het emitterend oppervlak is één van de belangrijkste principes om de ammoniakemissie in de varkenshouderij te reduceren. Verkleining van het emitterend oppervlak kan op verschillende manieren worden gerealiseerd:

1. Via sturing van met mestgedrag;
2. Via verkleining van het rooster- en kelderoppervlak;
3. Via schuine wanden in de mestkelder;
4. Via mest- en waterkanalen;
5. Via goed doorlatende roostervloeren.

Ad 1.

Sturing van het lig- en mestgedrag van varkens is een belangrijk uitgangspunt bij het ontwerp van de hokken. Varkens zijn van nature zindelijke dieren en ze bevuilen in principe niet hun eigen lignest. Dit principe kan worden gebruikt om de varkens te sturen om op een relatief kleine, vaste plek te mesten. De overige ruimte in het hok hoeft dan niet als een mestruimte te worden ingericht. Dit sturen van het mestgedrag heeft er voor gezorgd dat hokken met volledig roostervloer konden worden vervangen door hokken met gedeeltelijk roostervloer. Belangrijk bij gedeeltelijk roostervloer hokken is dat de

dichte vloer niet bevuild wordt met feces en urine. Dit geeft namelijk een sterke stijging van de ammoniakemissie.

Wanneer varkens in een nieuw hok komen, kiezen ze eerst een comfortabele ligplaats. Varkens urineren en mesten niet bewust op één bepaalde plek. Het is meer zo dat ze bepaalde plekken mijden om te mesten / urineren, bijvoorbeeld de lig-, eet- en drinkplaatsen, de overige ruimte is in principe beschikbaar / geschikt om te mesten. Dit betekent ook dat bij het groter worden van de oppervlakte per dier, de beschikbare ruimte voor mesten / urineren, toeneemt en dat ze deze hiervoor in principe ook zullen benutten. Bij een groter oppervlak per dier zal daarom de ammoniakemissie in het algemeen toenemen. Echter, varkens zullen de plaats om te mesten op enige afstand aanbrengen van de ligplaats. Onder semi-natuurlijke omstandigheden is vastgesteld dat de afstand tussen lig- en mestplaats 5 à 15 m bedraagt. De hokvorm, bijvoorbeeld smalle diepe hokken, kan er toe bijdragen dat de varkens een duidelijke scheiding aan kunnen brengen tussen lig- en mestplaats en dat de mestplaats relatief klein is. In twee Zweedse onderzoeken (Botermans et al., 2010; Olsson et al., 2007) is gebleken dat in biologische varkensstallen (stal: 1,13 m<sup>2</sup> per varken; uitloop: 1,57 m<sup>2</sup> per varken) de NH<sub>3</sub>-emissie bijna 4 keer hoger is dan in traditionele vleesvarkensstallen (stal: 1,0 m<sup>2</sup> per varken). Dit zou een gevolg zijn van een hoger eiwitniveau in het voer en een groter bevuild vloeroppervlak, die respectievelijk met een factor 1,75 en 2,25 hieraan bijdroegen. Bij het samenstellen van het voer in de biologische varkenshouderij mag geen gebruik worden gemaakt van synthetische aminozuren. Dat betekent dat het eiwitgehalte in het voer hoger moet zijn dan in de gangbare houderij om tot een vergelijkbare groei te komen. Daarnaast is de voederconversie van biologische varkens vaak 0,2 – 0,3 eenheden hoger dan voor gangbare varkens.

Varkens mesten meestal ook niet op een plek waar veel onrust of activiteit is. Ze zullen daarom in het algemeen niet bij een vreetplaats of drinkplaats gaan mesten of op een plek waar de varkens druk in de weer zijn met bijvoorbeeld een touw, ketting of ander speeltje. Varkens mesten het liefst in een rustige hoek. Dit heeft ook te maken met de relatief instabiele houding die ze aannemen bij het urineren en defeceren. Dit maakt ze kwetsbaar voor aanvallen van soortgenoten of andere dieren. Beren hebben bij het urineren een minder instabiele houding. Dit veroorzaakt dat beren voor het urineren minder genegen zijn om zich af te zonderen dan zeugen. Uit onderzoek van Ivanova et al. (2006) bleek dat het ontwerp van een stal voor drachtige zeugen een belangrijke invloed had op het mestgedrag en daarmee op de ammoniakemissie. In de stal met de hoogste emissie waren de voederbak en drinkbak zo gepositioneerd dat de roosters waar de mestplaats beoogd was, geen rustige plek was. Daarom mestten ze ook op de dichte betonnen vloer. De laagste ammoniakemissie werd waargenomen in de stal waarbij de voerbak en drinkbak zo ver mogelijk van de roosters waren geplaatst. In deze stal werden dan ook bijna alle mest- en urinelozingen gedaan op de roostervloer. Uit Zweeds en Nederlands onderzoek (Selberg Nygren, 2009; Vermeer et al., 2006) bleek dat het aanbieden van een wroetgebied op de uitloop aanleiding was voor de dieren om meer buiten te zijn. In de 'wroetplaats' werd weinig gemest. De mest werd daardoor – zoals vooraf verwacht - meer geconcentreerd gedeponereerd op een kleine mestplaats. Dit betekende een betere hygiëne in de buitenuitloop en lagere NH<sub>3</sub>-emissies van een uitloop met wroetplaats (49,9 mg/m<sup>2</sup>h) ten opzichte van uitlopen zonder wroetplaats (108,6 mg/m<sup>2</sup>h) (Selberg Nygren, 2009). Vanaf de mestplaats werden hogere NH<sub>3</sub>-emissies waargenomen in uitlopen met een wroetplaats (134,8 mg/m<sup>2</sup>h) dan in uitlopen zonder wroetplaats (80,1 mg/m<sup>2</sup>h). Door de hogere NH<sub>3</sub>-emissie in het mestgebied bevelen de onderzoekers aan om dit gebied frequenter schoon te maken / uit te mesten.

De keuze van de ligplaats wordt sterk beïnvloed door thermo-comfort. Bij lage temperaturen zullen varkens dicht bij elkaar gaan liggen op een dichte geïsoleerde vloer, al dan niet voorzien van stro(oisel). Bij hoge temperaturen zullen varkens verder uit elkaar gaan liggen en zullen ze een niet geïsoleerde vloer (bijvoorbeeld de roostervloer) verkiezen boven de geïsoleerde dichte vloer om te liggen. Het gevolg hiervan is dat het vaste lig- en mestpatroon van de dieren wordt verstoord, ze gaan liggen op de roostervloer en mesten op de dichte vloer. Hokbevuiling in de zomerperiode is een bekend fenomeen in de varkenshouderij, met name bij vleesvarkens, die veel warmte produceren en daardoor snel problemen krijgen bij hogere temperaturen. Koelen van de stallucht, koelen van de vloer of rechtstreeks koelen van de dieren, b.v. via bevochtiging, zijn manieren om hittestress bij varkens en als gevolg daarvan het optreden van hokbevuiling te voorkomen.

Varkens hebben tevens de neiging, vooral de beren, om hun eigen territorium te markeren met mest en urine. Dit zou de reden kunnen zijn dat varkens meer genegen zijn om te mesten en te urineren bij een open hokafscheiding naar een naastgelegen hok, dan bij een dichte hokafscheiding.



Hokafscheidingen op de dichte vloer worden daarom in het algemeen dicht of halfdicht gemaakt, terwijl de hokafscheidingen op de roostervloer meestal bestaan uit open hekwerk.

Wanneer het mestgedrag goed gestuurd wordt, kan hiermee het emitterend oppervlak belangrijk worden verkleind. Daarnaast kan de mest dan effectief worden afgevoerd door op de mestplek de mest regelmatig af te voeren via een roostervloer of bijvoorbeeld met behulp van een schuif. Regelmatige en volledige verwijdering van de mest uit de stal en vanaf de uitloop kan de ammoniakemissie verder beperken. Een (vrijwel) volledige verwijdering van de mest is hierbij van belang, aangezien een kleine laag mest langdurig ammoniak kan emitteren.

## 2.2 Verlaging temperatuur

De temperatuur van een ammoniakoplossing heeft een sterke invloed op de ammoniakemissie. Volgens het rekenmodel van Aarnink en Elzing (1998) neemt de ammoniakemissie bij vleesvarkens vanaf de vloer met 1,2% toe of af met elke 1,0°C stijging of daling van de vloertemperatuur. Voor de ammoniakemissie uit de mestkelder is dit 6,8%. Het koelen van de bovenlaag van de mest in de mestkelder met behulp van drijvende lamellen tot < 15°C is een systeem om de ammoniakemissie bij de verschillende varkenscategorieën te beperken. In een Zwitserse studie naar emissies van stof en ammoniak uit traditionele en nieuwe stalsystemen (met uitloop) bij vleesvarkens bleek de ammoniakemissie in de zomer aanzienlijk hoger (ruim 3 maal zo hoog) te zijn dan in de winter (Berry et al., 2005). Dit verschil in NH<sub>3</sub>-emissie tussen zomer en winter was vooral terug te voeren op de emissie vanaf de buitenuitloop. De NH<sub>3</sub>-emissies van de ligplaatsen binnen met stro waren namelijk in de winter en zomer nagenoeg hetzelfde. Deze hogere emissie vanaf de uitloop in de zomer kan deels te maken hebben met het feit dat de dieren eerder en vaker naar buiten gaan. Uit Zweeds onderzoek (Selberg Nygren, 2009) is gebleken dat (vlees)varkens meer buiten lagen, en ook meer ruimte buiten gebruikten, als de temperatuur hoger was. De ammoniakemissie was in dit onderzoek hoger naarmate de temperatuur hoger was.

## 2.3 Verlaging luchtsnelheid

Volgens het rekenmodel van Aarnink en Elzing (1998) is de ammoniakemissie uit een ammoniakoplossing evenredig met:  $(v)^{0,8}$ , waarin v de luchtsnelheid is over het emitterend oppervlak. Deze luchtsnelheid is gerelateerd aan het ventilatiedebiet. Voor ventilatiedebiet werd een effect bij vleesvarkens berekend van 6,5% stijging of daling met elke 10 m<sup>3</sup>/uur per varken verhoging of verlaging van het debiet.

## 2.4 Verlaging urease-activiteit

De urease-activiteit in de mengmest in de mestkelder is in het algemeen geen beperkende factor voor de ammoniakemissie. Voor de ammoniakemissie vanaf de vloer kan dit wel een beperkende factor zijn. De urease activiteit wordt sterk bepaald door de vloereigenschappen, en met name de ruwheid van de vloer (Braam en Hoorn, 1996; Braam en Swierstra, 1999). Voor dichte vloeren en betonnen roostervloeren is de urease-activiteit meestal niet beperkend voor de ammoniakemissie, aangezien deze vloeren dan te glad worden voor een goede beloopbaarheid voor de dieren. Uit onderzoek is gebleken dat bij metalen driekantroosters de urease-activiteit wel beperkend kan zijn (Aarnink en Elzing, 1998; Aarnink et al., 1997). De ammoniakemissie bij metalen driekantroosters was daardoor significant lager dan bij betonnen roosters. Dit heeft waarschijnlijk voor een deel te maken met een gereduceerd emitterend oppervlak, maar voor een ander deel met een lagere urease-activiteit. Alhoewel hierover cijfers ontbreken zou bij kunststofroostervloeren de urease-activiteit ook verlaagd kunnen zijn.



### 3 Eisen aan uitlopen

#### 3.1 Eisen aan emissiearme uitlopen

Voorgaande factoren die de ammoniakemissie beïnvloeden bepalen in belangrijke mate welke randvoorwaarden er gelden voor een emissiearme uitloop. Zoals in de Inleiding al aangegeven is de uitloop in de varkenshouderij een integraal onderdeel van de stal. Voor ammoniakreductie zal dus niet alleen naar het ontwerp van de uitloop maar tevens naar het stalontwerp moeten worden gekeken.

Eisen emissiearme uitlopen:

- Klein emitterend kelderoppervlak: dit kan gerealiseerd worden door een goede sturing van het mestgedrag van de varkens. Varkens zullen vooral buiten op de uitloop mesten. De stalruimte wordt vooral gebruikt voor eten en rusten. De ligruimte in de stal blijft in dat geval schoon. Belangrijk is dat de varkens ten alle tijden naar buiten gaan om te mesten. Als er veel ruimte in de stal is, zoals bij biologische varkens het geval is, bestaat er een groter gevaar op bevuilding van de dichte vloer binnen dan bij weinig ruimte per dier in de stal. Door vermindering van de weersinvloeden buiten, met name ten aanzien van wind en regen, zullen de varkens eerder genegen zijn om ook bij slechte weersomstandigheden buiten te gaan mesten.
- Goede mest- doorlatende roosters: goed doorlatende roosters zijn vooral van belang op die plekken waar veel wordt gemest. Op plekken waar niet zoveel wordt gemest kan gebruik worden gemaakt van minder goed doorlatende (betonnen) roosters.
- Voorkomen hokbevuilding: dit is het allerbelangrijkste voor het realiseren van een emissiearme uitloop voor varkens. Het creëren van een klein emitterend kelderoppervlak heeft geen zin als de dieren vervolgens de dichte vloer gaan bevuilden. Een goede sturing van het lig- en mestgedrag via hokinrichting en klimatisering is daarom zeer belangrijk.
- Voorkomen hoge temperaturen van de mest en hoge lichtsnelheden over het emitterend oppervlak: gedurende een groot deel van het jaar is de temperatuur op de uitloop lager dan in de stal. Dit geeft gemiddeld lagere temperaturen van de mest en een lagere ammoniakemissie. Tijdens zonnige dagen en wanneer de uitloop in de zon ligt kan de temperatuur echter flink oplopen. Dit moet zoveel mogelijk worden voorkomen. Buiten heeft de wind vrij spel en de lichtsnelheid op de uitloop zal gemiddeld beduidend hoger liggen dan binnen. Dit zal een verhoging geven van de ammoniakemissie vanaf de vloer. Het grootste deel van de ammoniakemissie komt, in de regel, echter uit de mestkelder. Om hoge lichtsnelheden over de mest in de mestkelder te voorkomen moet er voor gezorgd worden dat het mestniveau relatief laag is ten opzichte van het vloerniveau. Daarnaast kan door het creëren van zijwanden en een (gedeeltelijke) overkapping de windinvloed worden verminderd.
- Verlagen urease-activiteit: door de plekken waar veel mest terecht komt te voorzien van metalen driekantroosters kan de ammoniakemissie worden beperkt, enerzijds door een betere mestdoorlaat en anderzijds door een lagere urease-activiteit.

#### 3.2 Eisen aan uitlopen vanuit regelgeving en dierwelzijn

Op dit moment komen uitlopen in de varkenshouderij vrijwel alleen voor op biologische bedrijven (50 à 60 bedrijven); daarnaast zijn er nog enkele scharrelbedrijven in Nederland die ook een verplichte uitloop hebben bij de stal (ca. 5 à 10 bedrijven)(Van der Mheen en Vermeer, 2005). De huisvesting van biologische varkens moet aan specifieke regels voldoen, die zijn vastgelegd in EU verordeningen (Anonymous, 1991, 2007) en die worden vermeld op de website van Skal ([www.skal.nl](http://www.skal.nl)). Skal is de organisatie in Nederland die is aangewezen door het Ministerie van EL&I om toe te zien op de naleving van de biologische productievoorschriften. Volgens de biologische productievoorschriften moeten varkens altijd vrije toegang hebben tot bewegingsruimten of uitlopen in de open lucht als de weers- en gezondheidsomstandigheden en bodemgesteldheid dat toelaten. Uitlopen in de open lucht mogen verhard zijn en voor maximaal 75% overdekt. Daarnaast moet er een duidelijk zichtbaar verschil zijn tussen binnen- en buitenruimte. In het geval van verharde uitlopen zijn weersomstandigheden of bodemgesteldheid nooit een reden om de varkens binnen te houden. In Nederland zijn de meeste uitlopen verhard (Vermeer, 2003). In tabel 1 worden de minimum oppervlakte eisen die gesteld worden aan binnen- en buitenruimten weergegeven. Daarnaast is voor guste en drachtige zeugen door slachterijen en supermarkten/slagers in Nederland de extra eis voor weidegang opgenomen. Dit is in de eisen van Skal opgenomen (Ellen en Hoving, 2009). Hierin wordt

gesteld dat guste en drachtige zeugen permanent de toegang moeten hebben tot een onverharde buitenuitloop van minimaal 40 m<sup>2</sup>/dier, tenzij de weersomstandigheden en de staat van de grond dit niet mogelijk maken. Praktisch gezien komt dit neer op het geven van weidegang van 1 april tot 1 november (Ellen en Hoving, 2009).

**Tabel 1** Oppervlakte eisen voor varkensstallen per diercategorie (m<sup>2</sup>/varken)

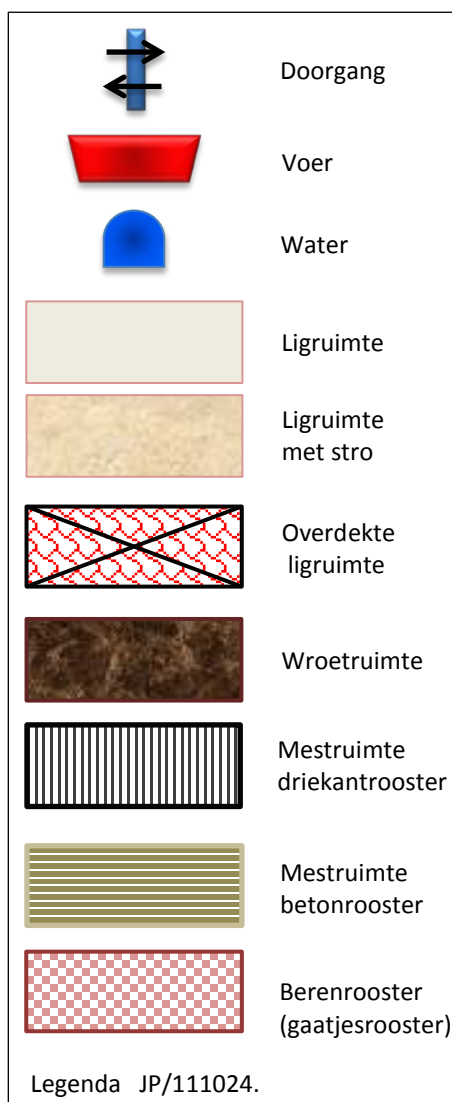
	Gangbaar	Biologisch	
		Binnenruimte	Buitenruimte
Guste en drachtige zeugen	2,25	2,5	1,9
Kraamzeugen (met biggen)	4,5 <sup>a)</sup>	7,5	2,5
Gespeende biggen tot 30 kg	0,3	0,6	0,4
Vleesvarkens tot 110 kg	0,8	1,3	1,0

a) Geen wettelijke verplichting

## 4 Emissiearme ontwerpen voor uitlopen

In de hierna volgende paragrafen zal voor de verschillende varkenscategorieën een beschrijving worden gegeven van emissiearme ontwerpen en zijn enkele voorbeeldontwerpen uitgewerkt in ontwerpschetsen. Er wordt steeds aangegeven of de ontwerpen geschikt zijn voor gangbare en biologische varkens, eventueel na aanpassing van de maatvoering. De ontwerpen zijn, tenzij anders aangegeven, geoptimaliseerde bestaande systemen met positieve ervaringen over de sturing van het mestgedrag.

Bij alle ontwerpen zijn de symbolen gebruikt zoals weergegeven in de volgende legenda:



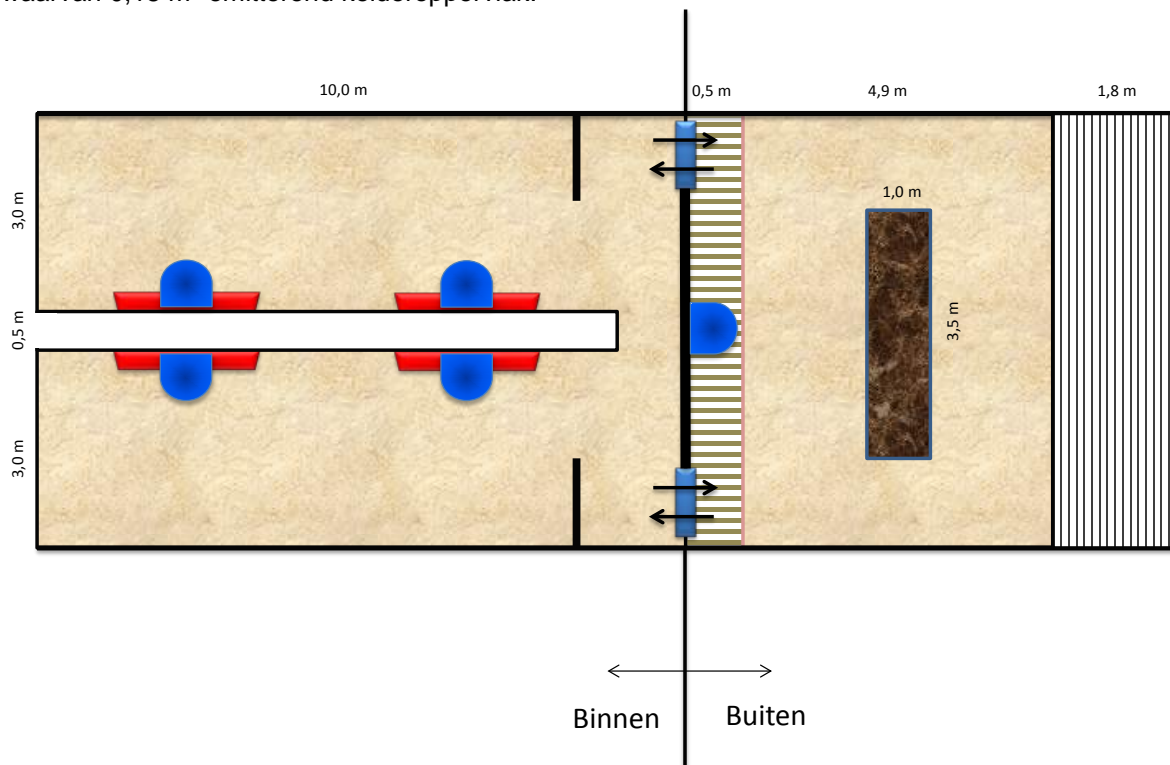
Figuur 1. Legenda voor de verschillende schetsontwerpen voor emissiearme uitlopen.

## 4.1 Vleesvarkens

### Ontwerp V1

In figuur 2 is een verbouwde stal weergegeven waarbij een stal voor gangbare vleesvarkens is omgebouwd naar een biologische stal met uitloop. De hokken binnen zijn samengevoegd en de voergang is intact gebleven. De varkens hebben daardoor minder kans om over de diagonaal te lopen en in de tegenoverliggende hoek te gaan mesten. Door het smalle ontwerp van de binnenruimte worden de varkens na het liggen of eten gemakkelijk naar buiten gestuurd om daar te drinken, te mesten en urineren en te wroeten. Door de wroetbak midden op de dichte vloer van de uitloop te positioneren is daar geen rustige mestplek. De roostervloer achter op de uitloop is de enige "uitnodigende" plaats om te mesten. Het smalle mestkanaal tegen de binnenruimte aan wordt een waterkanaal. Dit betekent dat dit kanaal gedeeltelijk wordt gevuld met water om de geringe hoeveelheid mest en urine die hierin terecht komt te verdunnen. Het emitterende kelderoppervlak is daarmee beperkt tot 1/4 van de buitenuitloop, ofwel gelijk aan  $0,25 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

In een gangbare situatie is de binnenruimte gehalveerd tot  $0,65 \text{ m}^2$  per varken, wat de druk verhoogd om buiten te gaan mesten. De buitenruimte kan in dat geval ook beperkt worden tot  $0,35 \text{ m}^2$  per varken. Onderstaande ruimte biedt dan plaats aan 90 varkens en de buitenruimte is dan 5 m diep met een roostervloer van 2,5 m diep. In totaal hebben de gangbare varkens dan elk  $1,0 \text{ m}^2$  beschikbaar, waarvan  $0,18 \text{ m}^2$  emitterend kelderoppervlak.

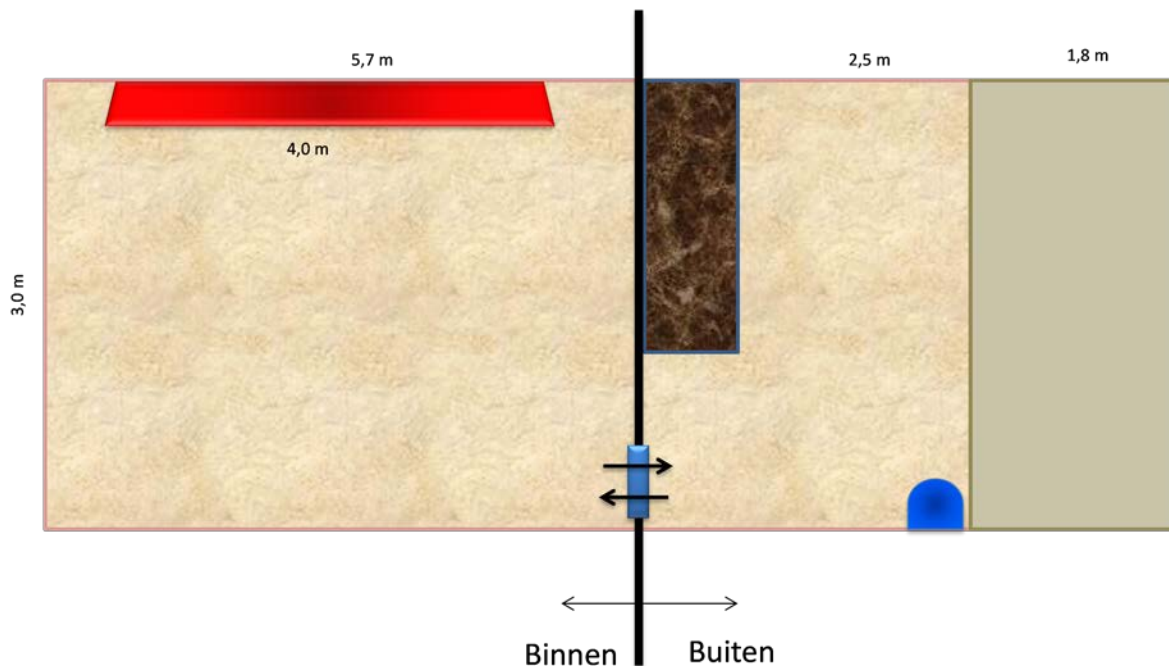


Figuur 2. Emissiearme uitloop voor vleesvarkens (Ontwerp V1); verbouw van een bestaande stal. Hok voor 46 biologische varkens. Bij andere maatvoering ook mogelijk voor gangbaar. Emitterend kelderoppervlak:  $0,25 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

### Ontwerp V2

In figuur 3 is een eenvoudig hok voor 13 biologische varkens en gelijktijdige voeding aan een trog getekend. Binnen is de ligruimte 's zomers dun ingestrooid, 's winters is er een dikker strobed aanwezig. Om een aangenaam binnenklimaat te waarborgen dient de doorgang naar buiten winddicht te zijn. Rechts naast de trog moet nog wat "activiteit" gecreëerd worden, bijvoorbeeld met een ketting, om het mestgedrag in die hoek te voorkomen. De dichte vloer op de uitloop wordt tegen bevuiling beschermd door de aanwezigheid van een bak of ruif met wroetmateriaal of ruwvoer. Met de drinkbak schuin tegenover de wroetbak achteraan de dichte vloer blijft alleen de roostervloer over als mestruimte. Hiermee wordt een emitterend kelderoppervlak gecreëerd van  $0,42 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

Geschikt maken voor gangbaar betekent minstens  $0,65 \text{ m}^2$  per varken binnen en ca.  $0,35 \text{ m}^2$  buiten. De binnenruimte in figuur 3 biedt dan plaats aan 26 varkens. De diepte van de buitenruimte zou verkleind kunnen worden naar 3,2 m, waarvan 1,4 m roostervloer. Het emitterend kelderoppervlak wordt hiermee  $0,16 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

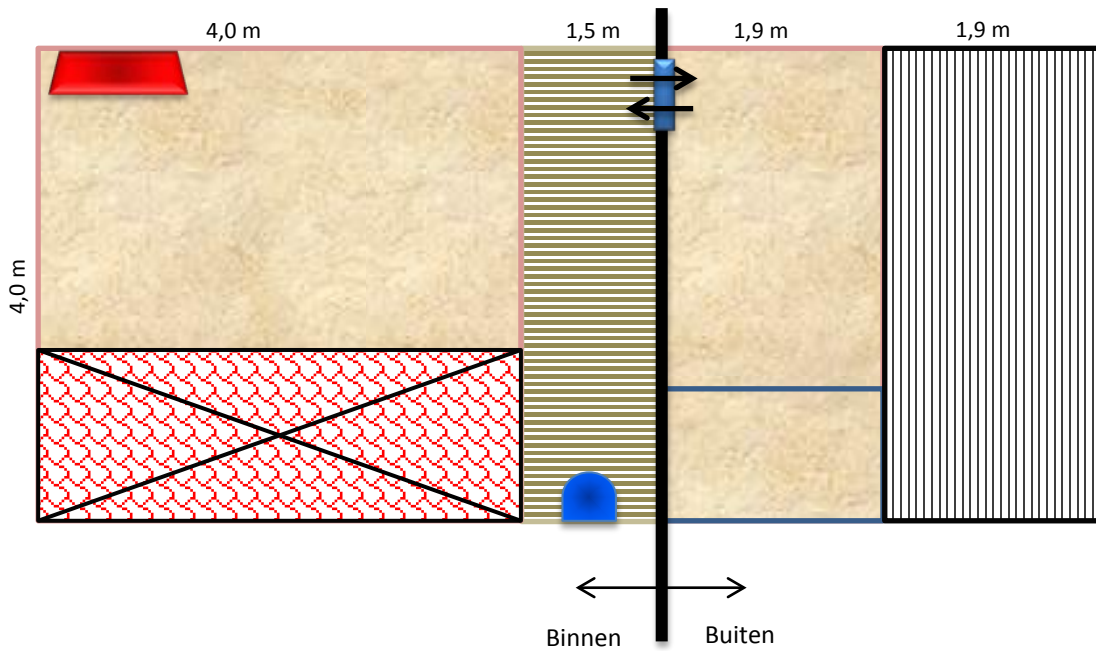


Figuur 3. Emissiearme uitloop voor vleesvarkens (Ontwerp V2); stal en uitloop met veel dichte vloer, metalen driekantroosters boven de mestkelder. Hok voor 13 biologische varkens. (Bij andere maatvoering ook mogelijk voor gangbaar). Emitterend kelderoppervlak:  $0,42 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

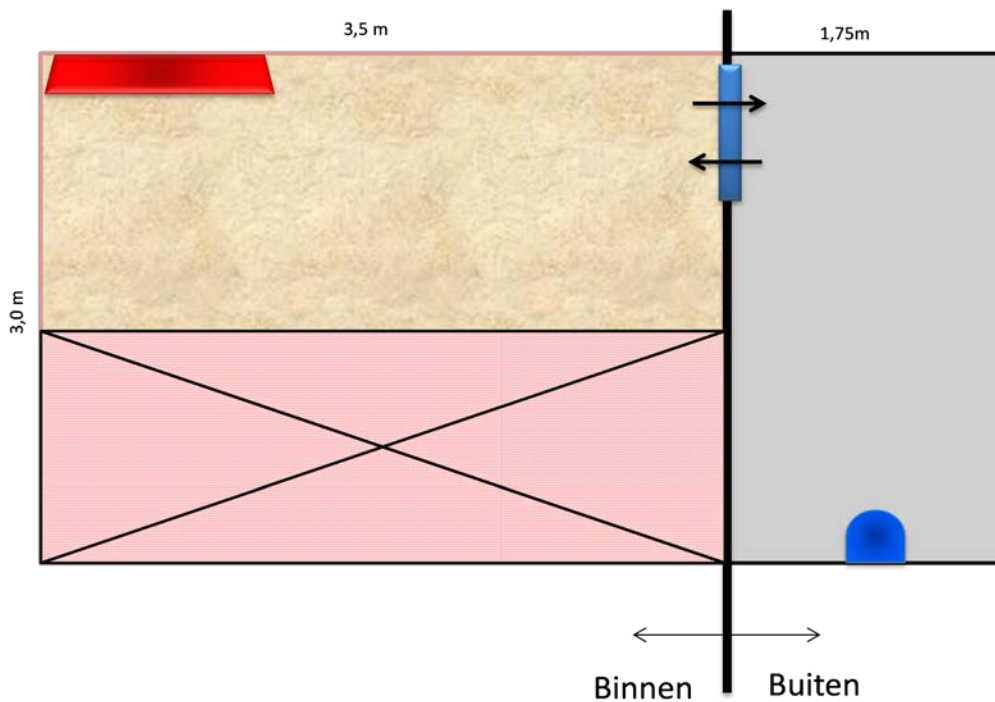
#### Ontwerp V3

In figuur 4 is een hok getekend voor 15 biologische varkens. De varkens hebben een onderkomen waarin ze hun microklimaat kunnen regelen. Een onderkomen is een geïsoleerde plaat waar de dieren onder kunnen gaan liggen, dat tevens aan één of meerdere zijanten is afgesloten. De warmte die de dieren produceren blijft op die manier onder dit onderkomen hangen. Op deze manier hoeft niet de gehele stal op de door de dieren gewenste temperatuur te worden gehouden. Ze krijgen droogvoer verstrekt in een meervaks droogvoerbak. Op de smalle roosterstrook binnen kunnen ze water drinken en bevindt zich de doorgang naar de buitenuitloop. De ervaring leert dat minstens 95% van de mest en urine buiten gedeponereerd wordt. Daarom kan de mestkelder binnen een waterkanaal worden. De dichte vloer buiten wordt schoon gehouden door activiteit te creëren rond de wroetbak. De metalen roostervloer is de rustigste plek, waar het excretiegedrag geconcentreerd wordt. Het emitterend kelderoppervlak wordt hiermee  $0,51 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

Voor 15 gangbare varkens kan een soortgelijk hok uitgevoerd worden zonder de roosters binnen en een breedte van het hok van 3,0 (Figuur 5). De buitenuitloop is 1,75 m diep (volledig rooster). Het hok bestaat dan voor 30% uit roostervloer. Dit betekent een emitterend kelderoppervlak van  $0,35 \text{ m}^2/\text{dier}$ .



Figuur 4. Emissiearme uitloop voor vleesvarkens (Ontwerp V3 biologisch); stal met onderkomen, ingestrooide ligruimte en betonnen rooster en uitloop met dichte vloer, wroetruimte en metalen driekantrooster. Hok voor 15 biologische varkens. Bij andere maatvoering ook mogelijk voor gangbaar. Emitterend kelderoppervlak:  $0,51 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

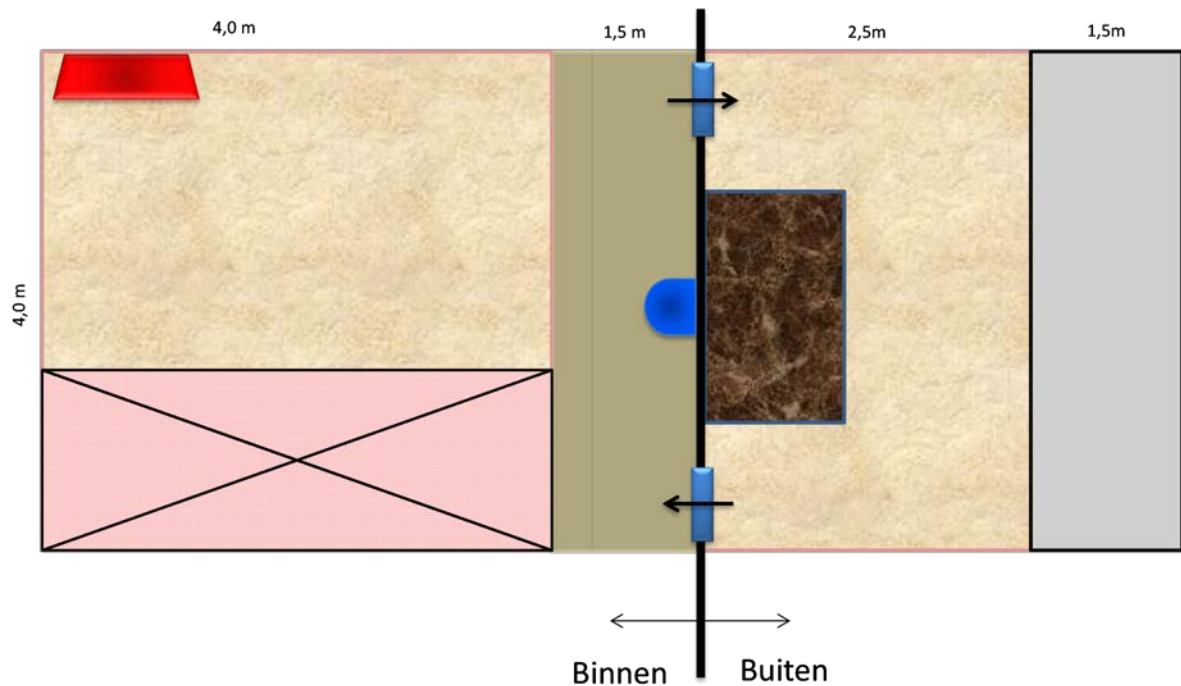


Figuur 5. Emissiearme uitloop voor vleesvarkens (Ontwerp V3 gangbaar); stal met onderkomen en ingestrooide ligruimte en uitloop met volledig roostervloer van metalen driekant. Hok voor 15 gangbare varkens. Emitterend kelderoppervlak:  $0,35 \text{ m}^2/\text{dier}$ .



Ontwerp V4

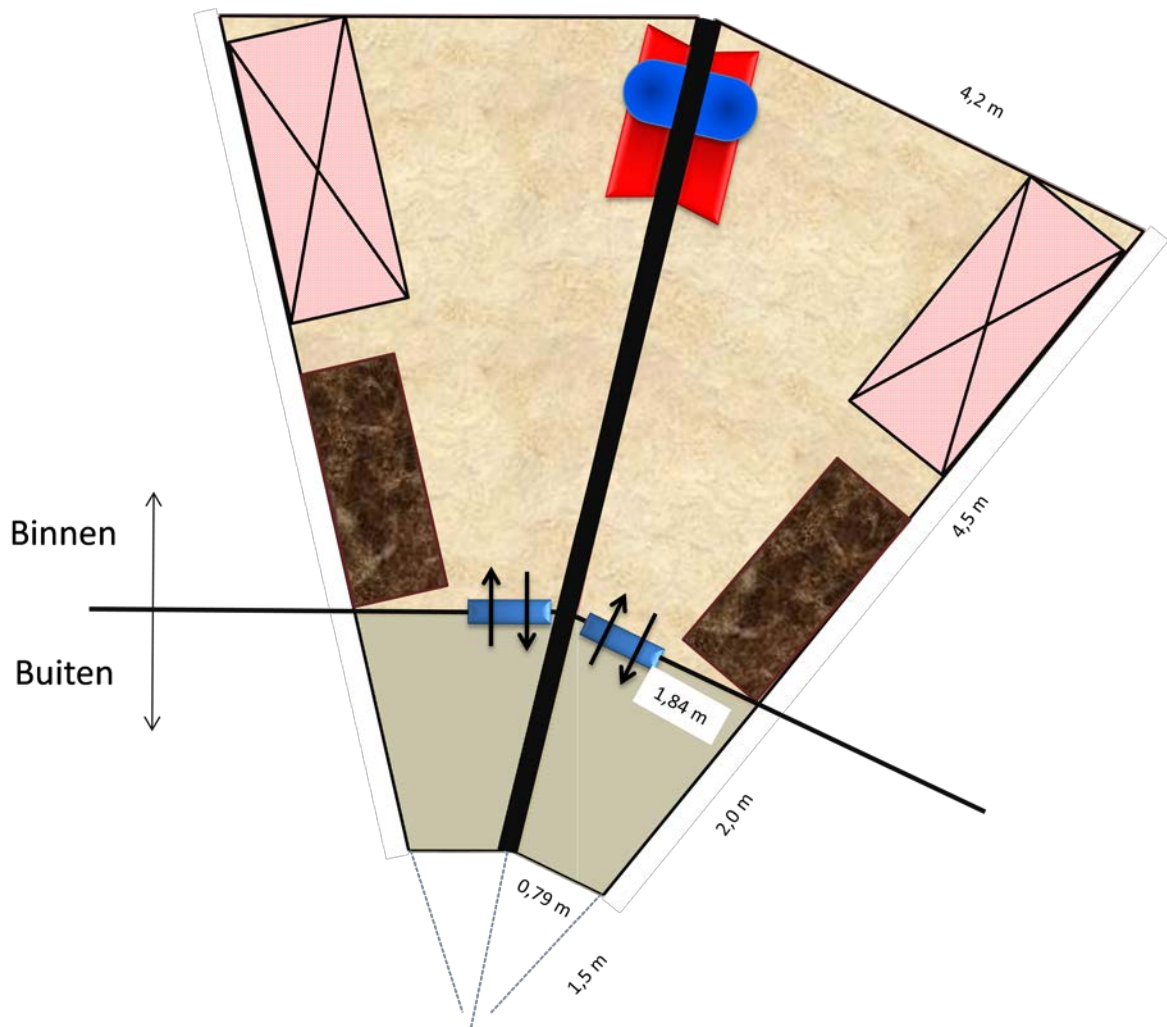
In figuur 6 is de dierstroom op de buitenuitloop aangepast ten opzichte van het ontwerp in figuur 4. De wroetbak staat midden op de dichte vloer en de uitgang naar buiten is bovenin geschetst. Terug naar binnen kan alleen via de onderste doorgang. Op deze manier worden de varkens "gedwongen" om buiten over het rustige rooster te lopen, wat de kans op mesten en urineren op het buitenrooster vergroot. Dit hok lijkt minder geschikt voor een gangbare variant vanwege de ruimte die dit biologische hok vergt. Het mestkanaal binnen is een waterkanaal. Het emitterend kelderoppervlak is  $0,51 \text{ m}^2/\text{dier}$ .



Figuur 6. Emissiearme uitloop voor vleesvarkens (Ontwerp V4); stal met onderkomen, ingestrooide ligruimte en betonnen rooster en uitloop met dichte vloer, wroetruimte en met alen driekantrooster. Ontwerp vergelijkbaar met figuur 4, alleen andere locatie wroetbak en aparte in- en uitloop opening. Hok voor 16 biologische varkens. Emitterend kelderoppervlak:  $0,51 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

Ontwerp V5

In figuur 7 zijn 2 hokken uit een cirkelvormige stal van 16 m in doorsnee getekend. De stal bevat 12 hokken en een looppad van 1,0 m breed naar de centrale ruimte van 3 m doorsnee. De hokken zijn ca 16 m<sup>2</sup> groot en bieden ruimte aan 16-20 gangbare varkens. Volgens de huidige regels is deze stal niet toegestaan voor biologische varkens, aangezien het uitzicht vanaf de uitloop in het midden te beperkt is en de oppervlakte van de uitloop te beperkt is. Omdat liggen en eten in deze hokken aan de brede buitenzijde gesitueerd zijn worden de varkens voor mesten en urineren naar de smalle roostervloer in het midden gestuurd. De roostervloer is per hok circa 2,6 m<sup>2</sup>, wat het emitterend oppervlak per varken op 0,13 tot 0,16 m<sup>2</sup> brengt (16% van het hokoppervlak).



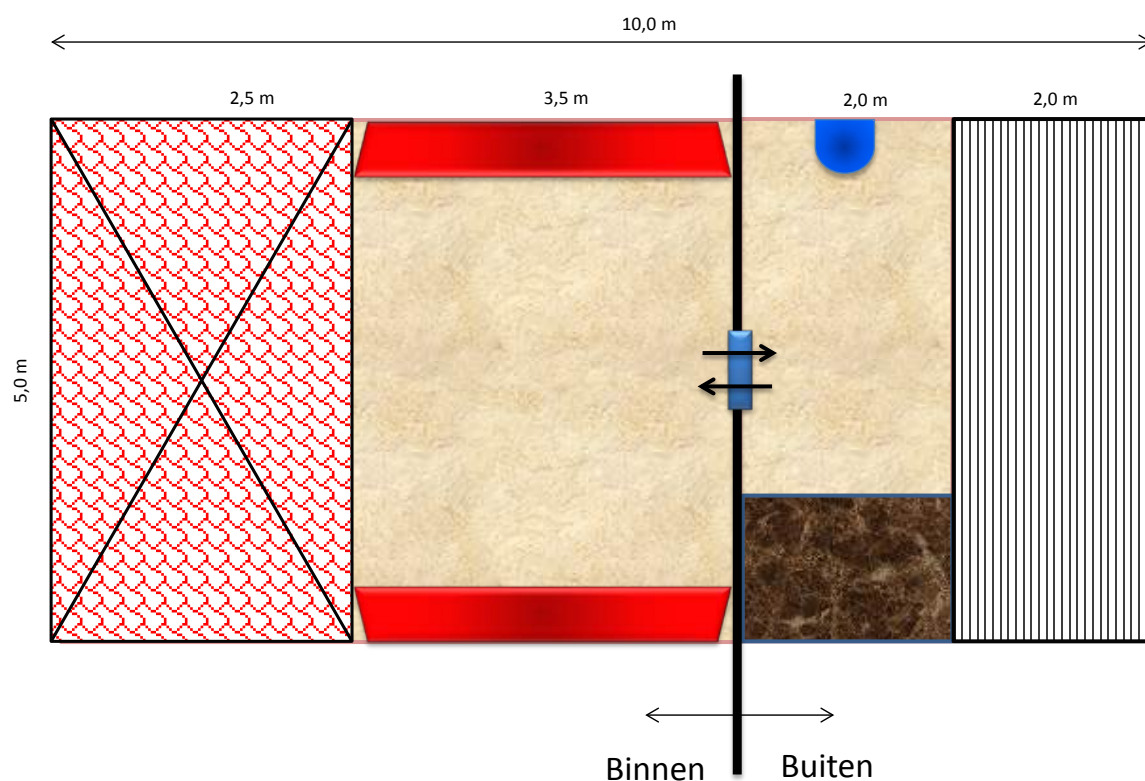
Figuur 7. Emissiearme uitloop voor vleesvarkens (Ontwerp V5); alternatief ontwerp voor een ronde afdeling met 12 hokken voor 16-20 gangbare varkens. Stal met eventueel een onderkomen, ingestrooide ligruimte en wroetruimte. Kleine uitloop met volledig metalen driekant roostervloer. Emitterend kelderoppervlak: 0,13-0,16 m<sup>2</sup>/dier.

## 4.2 Gespeende biggen

### Ontwerp B1

De ontwerpen voor de gespeende biggen (tot 25-30 kg) zijn deels kleinere versies van de vleesvarkenssystemen. In de figuur 8 is een hok voor 50 biologische biggen getekend met een onderkomen en twee troggen voor gelijktijdige voeding. Door de troggen aan weerszijden te plaatsen is er geen vrije ruimte voor mestgedrag. De biggen worden zo gestimuleerd om mest en urine naar buiten te brengen. Daar zijn op de dichte vloer een wroetbak met ruwvoer en een drinkbak geïnstalleerd. De mestruimte met roostervloer is zodoende een rustige plek die voor de biggen aantrekkelijk is. Het emitterend kelderoppervlak is gelijk aan  $0,20 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

Voor gangbare biggen is dit systeem alleen mogelijk met onbeperkte voeding via een aantal droogvoerbakken. De mestruimte zou dan kleiner gemaakt kunnen worden, omdat de biggen na elkaar eten en ook grotendeels na elkaar mesten. Bij een hokoppervlakte van  $0,50 \text{ m}^2/\text{dier}$  is het hok in figuur 8 geschikt voor 100 gangbare biggen. Bij hetzelfde roosteroppervlak als in figuur 8 is het emitterend kelderoppervlak  $0,10 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

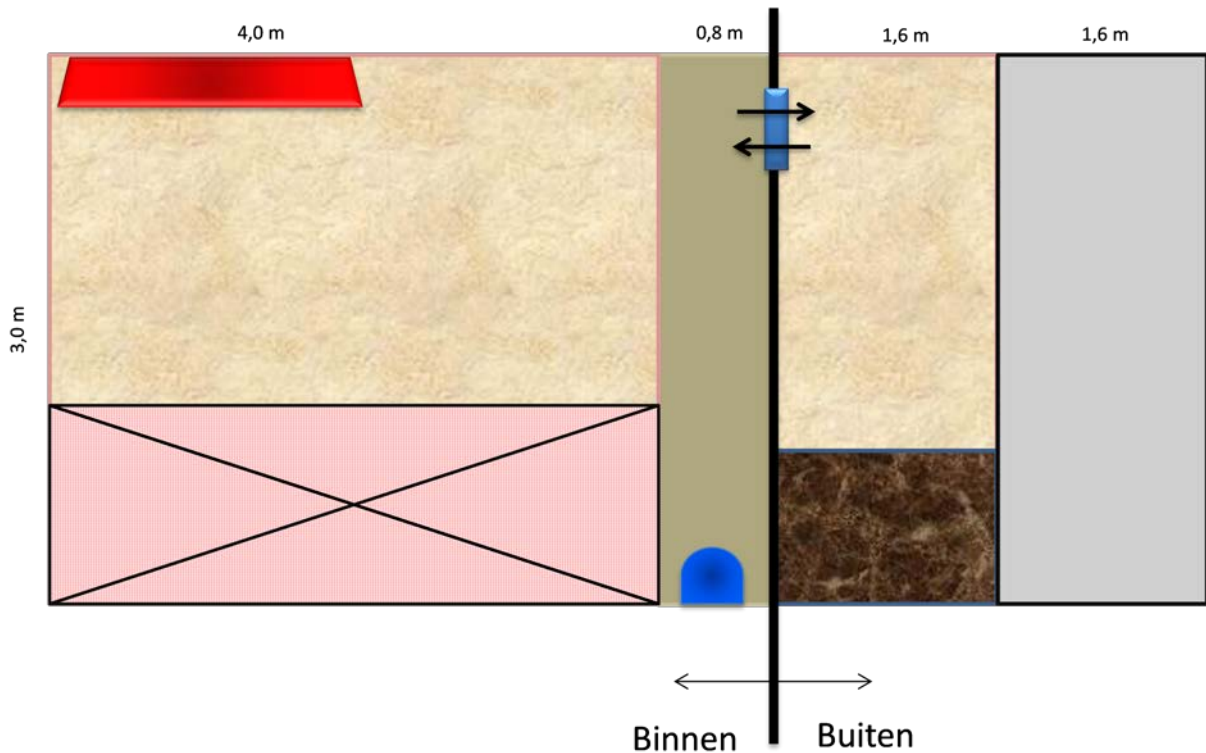


Figuur 8. Emissiearme uitloop voor biggen (Ontwerp B1); hok voor 50 biologische biggen met onderkomen en dichte vloer binnen, gelijktijdige voeding aan de trog. Uitloop met stuk dichte vloer met wroetbak en deel roostervloer van metalen driekant. Emitterend kelderoppervlak:  $0,20 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

### Ontwerp B2

In figuur 9 is een hok voor een kleinere groep van 24 biologische biggen geschetst. Aan één zijde van de binnenruimte is een onderkomen geplaatst, aan de andere zijde staat een viervaks droogvoerbak voor onbeperkte voeding. Op het smalle mestkanaal binnen is een drinkbak aangebracht om te voorkomen dat hier een mesthoek ontstaat. De dichte vloer buiten wordt enerzijds "bezet" door de looplijn naar de binnenruimte en aan de andere kant door een wroetbak. De roostervloer blijft op deze manier vrij om rustig te kunnen mesten. Het emitterend kelderoppervlak bedraagt  $0,20 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

In een gangbaar systeem kunnen in dit hok 50 dieren worden gehuisvest. Voor kleinere groepen kunnen de hokmaten evenredig aangepast worden. Het emitterend kelderoppervlak bedraagt  $0,10 \text{ m}^2/\text{dier}$ .



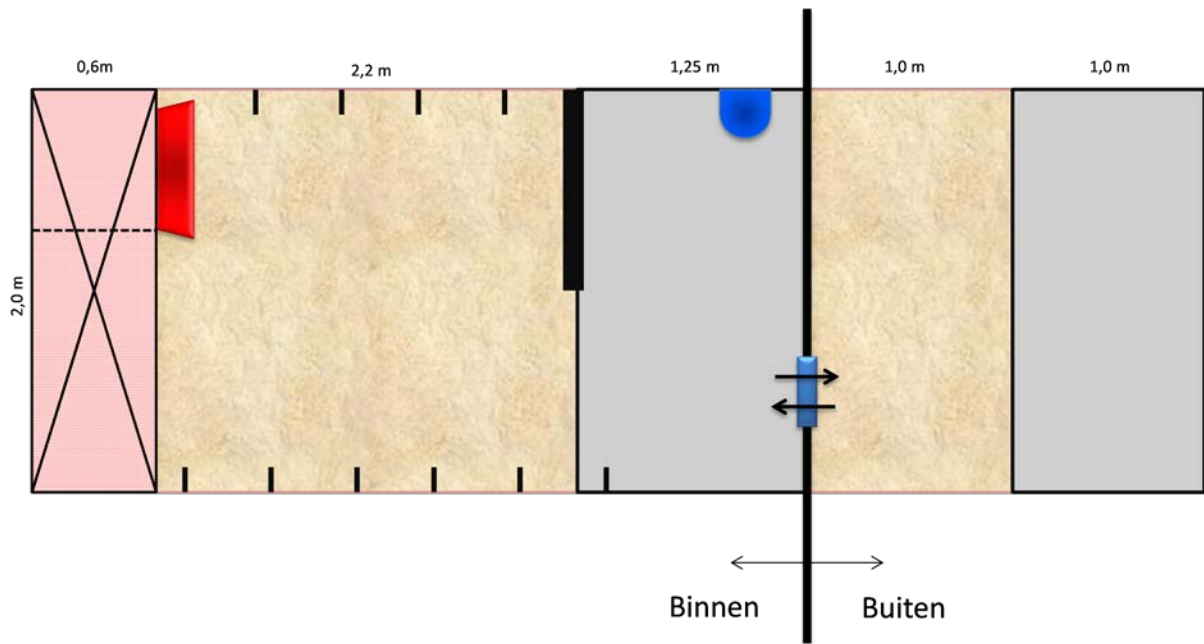
Figuur 9. Emissiearme uitloop voor biggen (Ontwerp B2); hok voor 24 biologische biggen met onderkomen en dichte vloer binnen, onbeperkte voeding aan droogvoerbakken. Uitloop met stuk dichte vloer met wroetbak en deel roostervloer van metalen driekant. Emitterend kelderoppervlak:  $0,20 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

### 4.3 Kraamzeugen

Een kraamhok met uitloop vereist veel meer ruimte dan een gangbaar kraamhok met de zeug gefixeerd in een kraambox. Een kraamhok met een loslopende zeug en een buitenruimte heeft binnen minstens  $5 \text{ m}^2$  (gangbaar) tot  $7,5 \text{ m}^2$  (biologisch) nodig en buiten minimaal  $2,5$  tot  $4,0 \text{ m}^2$  per hok.

#### Ontwerp K1

In figuur 10 is een plattegrond van een 2 m breed biologisch kraamhok geschetst. Binnen is een roostervloer aanwezig voor incidenteel mestgedrag in de binnenruimte of wanneer de buitenruimte vanwege weersomstandigheden tijdelijk afgesloten is. De mestkelder onder dit rooster kan een waterkanaal zijn, aangezien hier slechts weinig mest wordt geproduceerd. De vereiste  $2,5 \text{ m}^2$  buitenruimte voor de biologische kraamzeugen is aan de krappe kant, omdat bij een hokbreedte van 2 m de uitloop slechts 1,25 m diep hoeft te zijn. Dit is te krap voor een goed mestgedrag, zodat de buitenruimte meestal 2 m diep wordt gemaakt, waarmee de oppervlakte van de buitenruimte in totaal  $4 \text{ m}^2$  wordt. De beste ervaringen worden bereikt met 50% roostervloer aan de buitenzijde van de uitloop. Het emitterend kelderoppervlak bedraagt  $2,0 \text{ m}^2/\text{kraamzeug}$ .



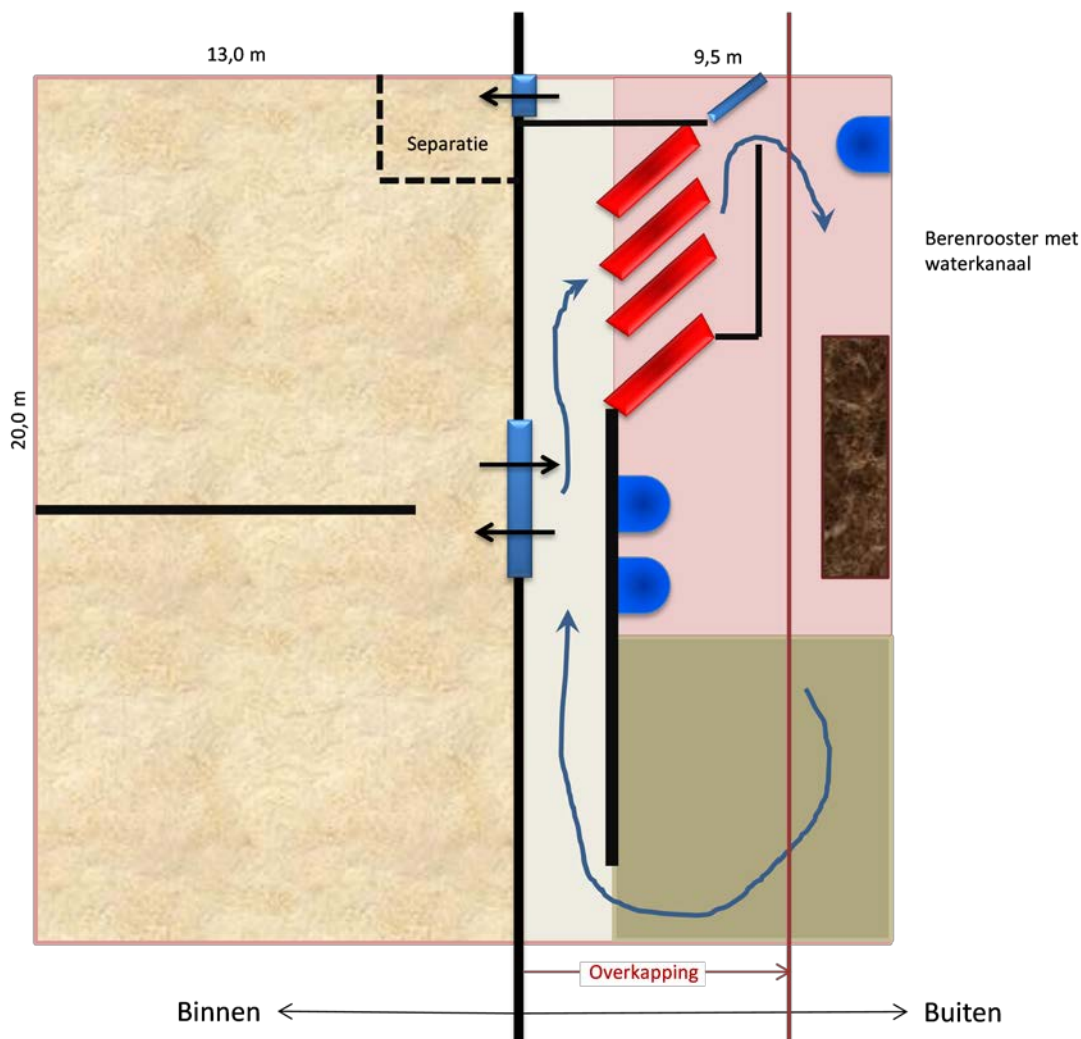
Figuur 10. Emissiearme uitloop voor kraamzeugen (Ontwerp K1); hok voor één biologische kraamzeug met biggen. De biggen hebben een onderkomen voor in het hok. Een deel van de vloer binnen is een roostervloer. Uitloop met halfroostervloer. Emitterend kelderoppervlak:  $2,0 \text{ m}^2/\text{kraamzeug}$ .

#### 4.4 Guste en drachtige zeugen

##### Ontwerp D1

Bij de guste en drachtige zeugen is het de uitdaging om de binnenruimte puur als ligruimte in te vullen, zodat de zeugen alle overige activiteiten buiten uitvoeren. Bij Ontwerp D1 in figuur 11 voor gangbare zeugen is de binnenruimte in tweeën gedeeld om te voorkomen dat de zeugen binnen over de diagonaal lopen en binnen gaan mesten. Nu kunnen ze buiten linksom via de voerstations naar de drinkbakken of ruwvoerbak en kunnen ze alleen via de mestruimte met rooster terug naar de binnenruimte. Zeugen die geen voertegoed meer hebben kunnen rechtsom naar de drinkbakken en de ruwvoerbak en passeren daarbij de rustige roostervloer die moet "uitnodigen" om te mesten en te urineren. Potentieel knelpunt vormen warme zomerdagen waarop de zeugen buiten verkoeling zoeken. Een natte plek of douche buiten om de huid te kunnen bevochtigen kan een oplossing vormen en voor de zomer het strobed vervangen, zodat er een minder dikke laag stro ligt in de zomer. De vreet- en activiteitsruimte buiten heeft een vloer met gaatjesrooster met daaronder een waterkanaal. De mestruimte van  $8,0 \times 8,0 \text{ m}^2$  heeft een betonnen rooster. Het emitterend kelderoppervlak bedraagt  $0,32 \text{ m}^2/\text{zeug}$ .

Voor biologische toepassing is er volgens de regels binnen per zeug  $1,2 \text{ m}^2$  extra nodig, meestal ingevuld met een stuk dichte vloer voor de ligbedden. De voerstations kunnen dan binnen staan, maar met de uitgang naar de buitenuitloop. De buitenuitloop kan wat ruimer opgezet worden, maar met hekwerk kan een logische looproute en mestruimte ingericht worden. Het emitterend kelderoppervlak bedraagt  $0,64 \text{ m}^2/\text{zeug}$ .

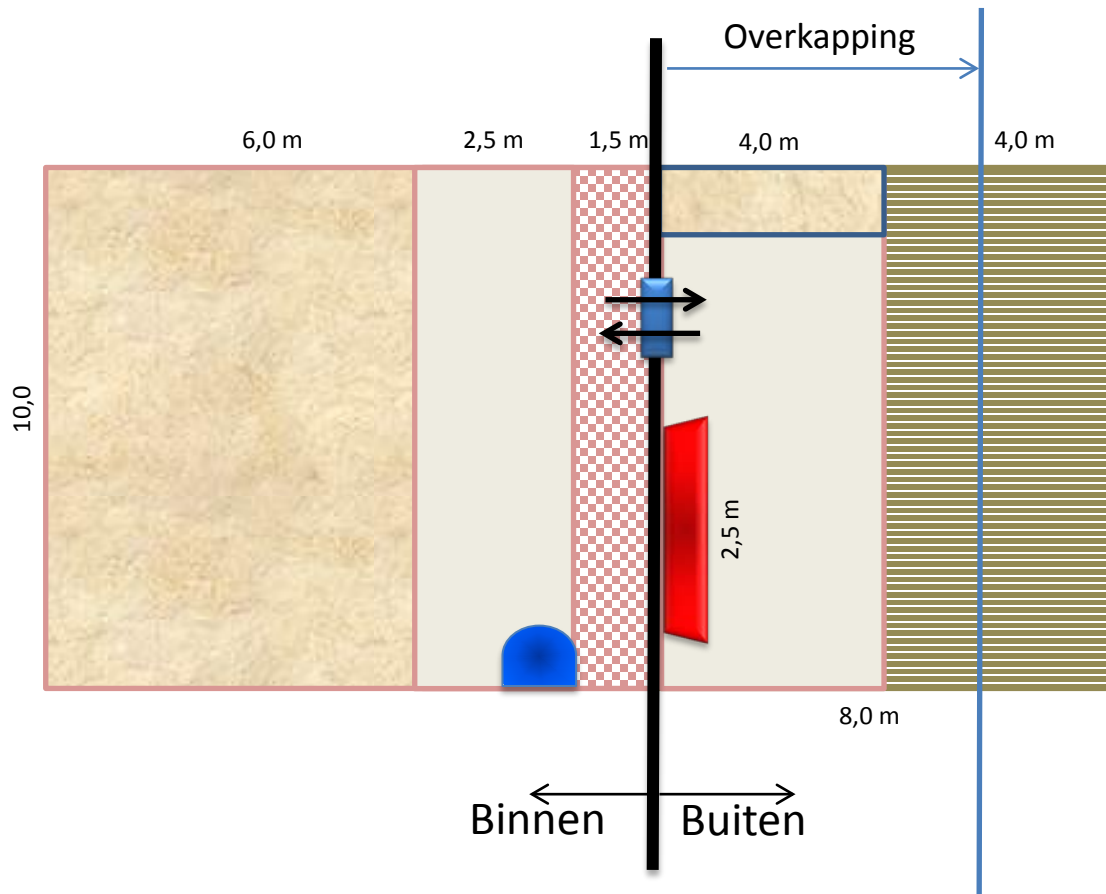


Figuur 11. Emissiearme uitloop voor guste en drachtige zeugen (Ontwerp D1); variant van de rondloopstal, met de ligruimte binnen en de vreet- en mestruimtes buiten. Stal voor 200 gangbare zeugen.  $1,3 \text{ m}^2$  per zeug binnen;  $0,95 \text{ m}^2$  buiten. Vloer buiten voor een deel dicht ( $1,5 \times 20,0 \text{ m}$ ), gaatjes rooster ( $8,0 \times 12,0 \text{ m}$ ) en betonnen rooster ( $8,0 \times 8,0 \text{ m}$ ). Bij andere maatvoering ook mogelijk voor biologisch. Emitterend kelderoppervlak:  $0,32 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

#### Ontwerp D2

In figuur 12 is een eenvoudig systeem voor 40 biologische zeugen geschetst. Een binnenruimte met ligbed en een strook dichte vloer en aan de achterkant een strook gaatjesroosters met daaronder een waterkanaal. Buiten krijgen de zeugen (semi-)onbepaalde voeding, bijvoorbeeld krachtvoer gemengd met graskuil. Het ruwvoer kan ook separaat worden verstrekt via een aparte ruwvoerbak. Op de dichte vloer is op deze manier voldoende activiteit om mestgedrag te voorkomen, terwijl het rooster vrij is om te mesten en te urineren. Het emitterend kelderoppervlak bedraagt  $1,0 \text{ m}^2/\text{zeug}$ .

In een aangepaste vorm zou dit systeem eventueel ook voor gangbare zeugen kunnen worden toegepast. Het gaatjesroosters binnen zou dan kunnen vervallen en de binnenruimte zal kleiner worden gemaakt. Op de volledig dichte vloer binnen kan eventueel stro worden gebruikt. De buitenruimte kan worden gehalveerd, maar blijft wel in gebruik als voerruimte.

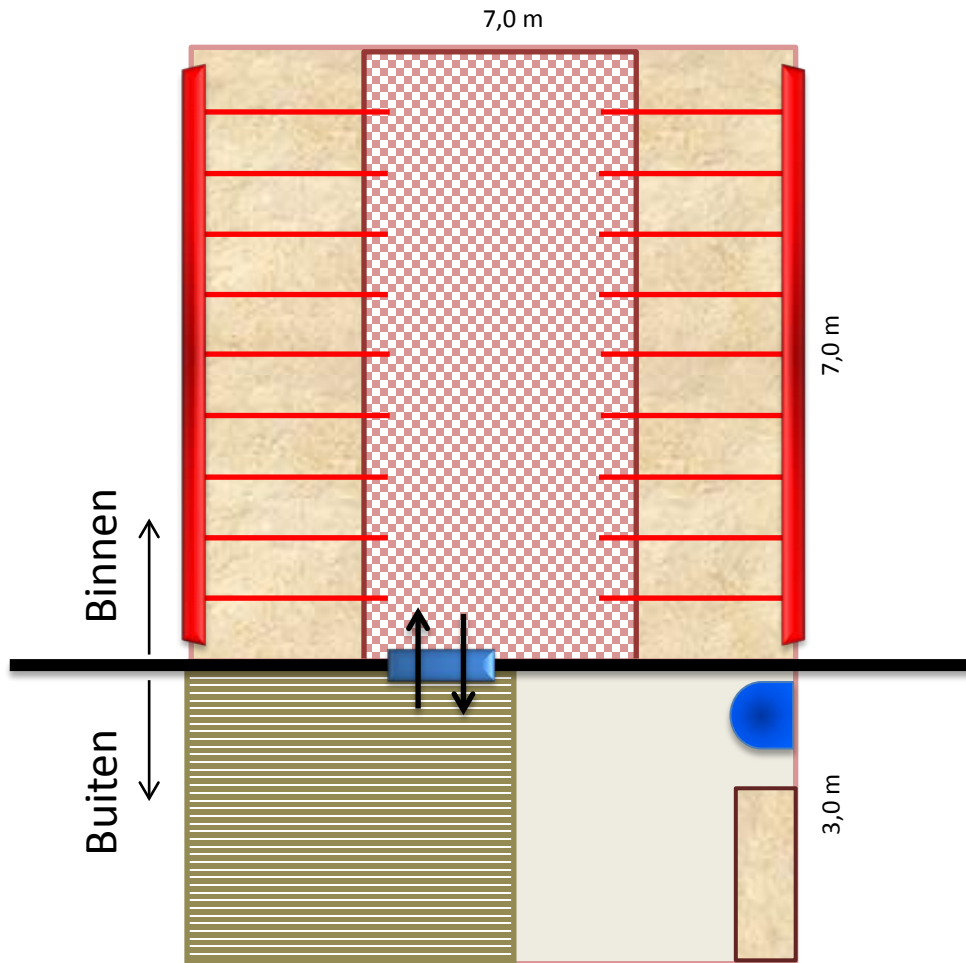


Figuur 12. Emissiearme uitloop voor guste en drachtige zeugen (Ontwerp D2); ingestrooide ligruimte, betonvloer en gaatjesrooster binnen; dichte vloer met wroetbak en betonrooster buiten. Hok voor 40 biologische zeugen met onbeperkte voeding.  $2,5 \text{ m}^2$  per zeug binnen;  $2,0 \text{ m}^2$  buiten. Bij andere maatvoering eventueel ook geschikt voor gangbaar. Emitterend kelderoppervlak:  $1,0 \text{ m}^2/\text{dier}$ .

### Ontwerp D3

In figuur 13 is een kleine uitloop als een extra voorziening aan een bestaand systeem van voerligboxen met uitloop toegevoegd. De ruimte binnen, buiten de ligboxen, wordt voorzien van gaatjesrooster. Hieronder komt een waterkanaal. Op de ruimte binnen kan qua ruimte niet veel bezuinigd worden. De ruimte buiten dient als hokverrijking en als mestruimte. De buitenruimte kan niet al te klein zijn, omdat bij een gelijktijdig voersysteem, zoals in dit systeem, het mestgedrag gesynchroniseerd is. Er zullen daarom meer zeugen gelijktijdig gaan mesten. Bij een mestruimte van ruim  $20 \text{ m}^2$  kan minstens de helft van de 20 zeugen tegelijk mesten. Het emitterend kelderoppervlak bedraagt  $0,53 \text{ m}^2/\text{zeug}$ .

Dit ontwerp zou eventueel ook voor biologische zeugen kunnen worden toegepast. Binnen wordt dan meer ligruimte gecreëerd en de boxen worden dan alleen als voerruimte gebruikt.



Figuur 13. Emissiearme uitloop voor guste en drachtige zeugen (Ontwerp D3); voerligboxen en gaatjesrooster binnen; dichte vloer met wroetbak en betonrooster buiten. Hok voor 20 gangbare zeugen. 2,45 m<sup>2</sup> per zeug binnen; 0,95 m<sup>2</sup> buiten.



## 5 Inschatting emissies

In tabel 1 wordt het emitterend kelderoppervlak van de verschillende ontwerpen samengevat en afgezet tegen het emitterend oppervlak van de huidige referentiesystemen voor gangbare stallen. Aan deze referentiesystemen hangt een emissiefactor zoals die is opgenomen in de bijlage van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav; [www.infomil.nl](http://www.infomil.nl)). Op basis van het emitterend kelderoppervlak, de vloeremissie zonder bevuiling en het ingeschatte risico op bevuiling van de dichte vloer is een inschatting gemaakt van de verwachte ammoniakemissie van de verschillende ontwerpen. Met nadruk moet vermeld worden dat dit indicatieve waarden zijn. Vooral de hokbevuiling die bij de verschillende ontwerpen zal optreden is moeilijk in te schatten en hokbevuiling heeft een grote invloed op de ammoniakemissie. Uit deze tabel is op te maken dat de ammoniakemissies van de emissiearme stalontwerpen met uitlopen in alle gevallen ruim onder de huidige referentiewaarden liggen voor overige huisvestingssystemen voor gangbare varkens. Voor de biologische ontwerpen liggen de ammoniakemissies in het algemeen iets lager dan de referentiewaarden. Dit komt overeen met een conclusie uit een voorgaande rapportage (Kasper en Aarnink, 2011), waarin wordt gesteld dat de ammoniakemissie uit een stal met uitloop, bij een goed ontwerp, niet hoger hoeft te zijn dan de huidige referentiewaarden in de Rav-lijst.

Voor gangbare vleesvarkens ligt de emissiewaarde in het algemeen beduidend boven de huidige grenswaarde voor ammoniak (1,4 kg/j per dier) in het Besluit huisvesting (Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij, 2005), alleen voor ontwerp V5 (ronde stal) is de emissie vergelijkbaar. De ammoniakemissies bij de biologische vleesvarkens liggen iets onder de referentiewaarde. De ammoniakemissie van 3,1 kg/j per dier voor ontwerp V1 komt precies overeen met de gemeten waarde door Ivanova et al. (2008). Voor emissiearm ontwerp B1 voor gangbare biggen is de ingeschatte ammoniakemissie ongeveer de helft van de referentiewaarde, voor het biologisch ontwerp ongeveer  $\frac{3}{4}$ . Deze waarden liggen nog wel ruim boven de grenswaarde voor ammoniak (0,23 kg/j per dier) in Besluit huisvesting. Het ontwerp voor kraamzeugen is qua emitterend oppervlak gelijk voor gangbare en biologische zeugen. Beiden komen op een ingeschatte ammoniakemissie uit van 5,0 kg/j per dier. Dit is ca. 40% lager dan de huidige referentiewaarde, maar hoger dan de grenswaarde voor ammoniak (2,9 kg/j per dier) in Besluit huisvesting. De ontwerpen voor guste en drachtige zeugen liggen qua ammoniakemissie iets (biologisch) of ruim (gangbaar) onder de huidige referentiewaarde. De ingeschatte ammoniakemissie van de ontwerpen voor gangbare guste en drachtige zeugen liggen allen rond de huidige grenswaarde voor ammoniak (2,6 kg/j per dier) in Besluit huisvesting.

**Tabel 1.** Emitterend kelderoppervlak, risico op hokbevuiling en ingeschatte ammoniakemissie voor de verschillende emissie-arme stalontwerpen met uitloop voor gangbare en biologische varkens.

Diercategorie	Ontwerp	Emitterend kelderoppervlak, m <sup>2</sup> /dier		Risico hokbev. <sup>1)</sup>	Bevuiling, m <sup>2</sup> /dier <sup>2)</sup>	Ammoniakemissie, kg/j per dier <sup>3)</sup>	
		Gangbaar	Biologisch			Gangbaar	Biologisch
<b>Vleesvarkens</b>							
	Referentie <sup>4)</sup>	0.60	0.60		-	3.5	3.5
	V1	0.18	0.25	***	0.40	2.8	3.1
	V2	0.16	0.42	**	0.20	1.9	3.0
	V3	0.35	0.51	*	0.10	2.3	2.9
	V4	-	0.38	*	0.10	-	2.4
	V5	0.16	-	*	0.10	1.5	-
<b>Biggen</b>							
	Referentie <sup>4)</sup>	0.30	0.30		-	0.80	0.80
	B1	0.10	0.20	*	0.05	0.38	0.59
	B2	0.10	0.20	*	0.05	0.38	0.59
<b>Kraamzeugen</b>							
	Referentie <sup>4)</sup>	4.00	4.00		-	8.3	8.3
	K1	2.00	2.00	*	0.20	5.0	5.0
<b>Guste en drachtige zeugen</b>							
	Referentie <sup>4)</sup>	1.35	1.35		-	4.2	4.2
	D1	0.32	0.64	**	0.40	2.6	3.4
	D2	0.50	1.00	*	0.20	2.6	3.8
	D3	0.53	-	*	0.20	2.7	-

1) Risico op hokbevuiling ten opzichte van de referentie: \* = geringe bevuiling; \*\* = matige bevuiling; \*\*\* = sterke bevuiling.

2) Bevuiling van de dichte vloer is ingeschat op basis van het risico op hokbevuiling.

3) Voor berekening van de ammoniakemissie zijn de volgende uitgangspunten genomen:

a. Bij vleesvarkens: kelderemissie: 4,17 kg/(j.m<sup>2</sup>); emissie bevuiling: 4,20 kg/(j.m<sup>2</sup>).

b. Bij biggen: kelderemissie: 2,17 kg/(j.m<sup>2</sup>); emissie bevuiling: 1,22 kg/(j.m<sup>2</sup>).

c. Bij kraamzeugen: kelderemissie: 1,88 kg/(j.m<sup>2</sup>); emissie bevuiling: 2,19 kg/(j.m<sup>2</sup>).

d. Bij guste en drachtige zeugen: kelderemissie: 2,37 kg/(j.m<sup>2</sup>); emissie bevuiling: 2,19 kg/(j.m<sup>2</sup>).

Hierbij zijn de kelderemissies berekend uit de Rav-waarden ([www.infomil.nl](http://www.infomil.nl)) (na correctie voor vloeremissie zonder bevuiling) en de emissie als gevolg van bevuiling is gebaseerd op gegevens uit (Aarnink et al., 1996; Ivanova-Peneva et al., 2006)

4) Referentie = referentiestal; dit zijn de 'overige huisvestingssystemen' in de Rav; bij vleesvarkens met een hokoppervlakte > 0,8 m<sup>2</sup> per dier en bij biggen met een hokoppervlakte van > 0,35 m<sup>2</sup> per dier.

### Overige emissies

Het effect van een buitenuitloop op de emissies van geur, broeikasgassen en fijnstof is niet in een paar woorden aan te geven. Bij alle emissiearme ontwerpen in dit rapport wordt het merendeel van de mest en urine op de roostervloer in de uitloop gedeponneerd. De opgeslagen mest in de mestkelder onder deze roostervloer zal gemiddeld een lagere temperatuur hebben dan opgeslagen mest in de stal. Dit zal een lagere geuremissie geven (Le et al., 2005). Aan de andere kant zal door de hogere luchtsnelheid over het mestoppervlak in de mestkelder de geuremissie toenemen. De verwachting is dat het temperatuurs-effect groter zal zijn dan het luchtsnelheidseffect, zeker als het mestniveau in de mestkelder laag wordt gehouden. De emissie van broeikasgassen uit mengmest is vooral het gevolg van methaanemissies, en in veel mindere mate van lachgasemissies (Monteny et al., 2006). De vorming van methaan is sterk temperatuurafhankelijk. Daarom is de verwachting dat de methaanemissie zal afnemen bij de ontwerpen met uitlopen ten opzichte van de referentiestallen. De emissie van fijnstof wordt belangrijk bepaald door het gebruik van strooisel en het optreden van

hokbevuiling. Ten opzichte van de referentiestallen wordt er in deze ontwerpen (meer) strooisel gebruikt en is er in het algemeen een groter risico op hokbevuiling vanwege het groter aandeel dichte vloer in de verschillende emissiearme ontwerpen met uitloop. .



## 6 Discussie

### Emissies

De uitdaging bij het ontwerp van een emissiearme uitloop ligt in het beperken van het emitterend kelderoppervlak zonder dat dit gepaard gaat met een (sterke) verhoging van de bevuilding van de (dichte) vloeren. Uit Tabel 1 blijkt dat een klein emitterend kelderoppervlak niet altijd hoeft te betekenen dat de ammoniakemissie lager is. De kans op hokbevuilding neemt namelijk in het algemeen toe, en daarmee de ammoniakemissie, bij een verkleining van het rooster- en kelderoppervlak.

De ammoniakemissie voor de verschillende ontwerpen zou verder verlaagd kunnen worden door schuine wanden te plaatsen in het mestkanaal, zodat het emitterend oppervlak in de mestkelder wordt verkleind. De emissies uit de mestkelder zouden tevens verlaagd kunnen worden door het toepassen van mestbanden voor gescheiden afvoer van mest en urine (Aarnink et al., 2007). Door aanpassingen van het voer, o.a. verlaagd eiwitgehalte, kan de ammoniakemissie verder kunnen worden verlaagd (Aarnink et al., 2010). Bij de berekeningen van de ammoniakemissie is geen rekening gehouden met het feit dat de temperatuur van de mest in de mestkelder van de buitenuitloop gemiddeld lager is dan in de mestkelder in de stal. Daar staat tegenover dat de luchtsnelheid in het algemeen wat hoger zal zijn in de mestkelder buiten. Zoals eerder aangegeven, kunnen hoge luchtsnelheden over de mest in de mestkelder van de uitloop worden voorkomen door er voor te zorgen dat het mestniveau relatief laag is ten opzichte van het vloerniveau. Daarnaast kan door het creëren van zijwanden en een (gedeeltelijke) overkapping de windinvloed worden vermindert.

In de ontwerpen voor vleesvarkens is voor de mestkelders waar veel mest terecht komt gekozen voor metalen driekantroosters. Deze keuze is gemaakt vanwege een betere mestdoorlaat en een lagere urease-activiteit waardoor de ammoniakemissie lager is dan bij betonnen roosters (Aarnink et al., 1997). De nadelen van metalen driekantroosters zijn dat ze minder lang meegaan, duurder zijn, de varkens iets minder grip geven bij het mesten en stro minder goed doorlaten. Dit laatste probleem kan voorkomen worden door geen stro toe te passen op de uitloop.

Een belangrijk voordeel van het deponeren van de mest in de uitloop is dat de emissies uit de mest in de stal gering zullen zijn. Dit kan een belangrijke verbetering geven van de luchtkwaliteit in de stal. De infectiedruk in de stal zou hiermee ook belangrijk kunnen worden gereduceerd, aangezien een belangrijk deel van de ziektekiemen in de lucht uit de mest afkomstig zijn (Zhao, 2011).

### Uitdagingen ontwerpen met uitloop

Bij de beschreven stalontwerpen met uitloop liggen nog een aantal uitdagingen die verder onderzocht moeten worden:

- Voorkomen moet worden dat (veel) strooisel en ruwvoer in de mestput terecht komen. Dit bemoeilijkt het leegmaken van de mestkelder. Misschien moet de mest, net als in een rundveeststal, rondgepompt kunnen worden om een goede menging van de mest te verkrijgen, waardoor de mestkelder beter leeggemaakt kan worden. Een goede scheiding tussen binnen en buitenruimte is wenselijk om verslepen van vezels zoveel mogelijk tegen te houden
- Het voordeel van stallen met uitloop zou kunnen zijn dat er bespaard zou kunnen worden op de bouwkosten. Stallen met uitloop kunnen simpeler uitgevoerd worden en worden vaak natuurlijk geventileerd, waardoor tevens de energiekosten omlaag gaan.
- Er bestaat vooral risico op hokbevuilding bij hoge omgevingstemperaturen, wanneer varkens verkoeling zoeken op de roostervloer en op de warme plekken in het hok gaan mesten. Koeling, bijvoorbeeld middels een douche, zou dit probleem kunnen beperken. Bij ruimere hokken (minder dieren per m<sup>2</sup>) is het risico op bevuilding bij hoge temperaturen overigens minder groot dan bij krap bemeten hokken.



## 7 Conclusies

De uitloop in de varkenshouderij is een integraal onderdeel van de stal. Voor ammoniakreductie is daarom niet alleen naar het ontwerp van de uitloop maar tevens het stalontwerp van belang. De volgende eisen worden gesteld aan emissiearme (stallen met) uitlopen: 1) klein emitterend kelderoppervlak; 2) goede mest- doorlatende roosters; 3) geen hokbevuiling; 4) lage mesttemperatuur en lage luchtsnelheid over het emitterend oppervlak; 5) lage urease-activiteit.

Op basis van deze eisen zijn vijf ontwerpen gemaakt voor vleesvarkens, twee voor gespeende biggen, één voor kraamzeugen en drie voor guste en drachtige zeugen. De meeste ontwerpen kunnen zowel voor gangbare als voor biologische varkens worden toegepast. Ten aanzien van deze ontwerpen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- 1) De ontwerpen van stallen met uitloop voor biologische varkens, zoals beschreven in dit rapport, hebben, naar schatting, een iets lagere ammoniakemissie dan de huidige emissiefactoren in de bijlage bij de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav).
- 2) De ontwerpen van stallen met uitloop voor gangbare varkens, zoals beschreven in dit rapport, hebben, naar schatting, een beduidend lagere ammoniakemissie dan de huidige emissiefactoren voor stallen met 'overige huisvestingssystemen' in de Rav. Behalve voor guste en drachtige zeugen liggen de waarden wel boven de grenswaarden die gesteld worden in Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij.
- 3) Ammoniakemissie-arme ontwerpen voor varkensstallen met uitloop hebben een relatief gering emitterend kelderoppervlak zonder dat daarbij het risico op hokbevuiling belangrijk toeneemt.
- 4) Bij de ontwerpen, zoals beschreven in dit rapport, zal het merendeel van de mest en urine worden gedeponereerd op de uitloop. Dit betekent dat de emissies vanuit de mest in de stal relatief gering zullen zijn. Dit zal een verbetering geven van de luchtkwaliteit in de stal.





## Literatuur

- Aarnink, A. J. A., A. J. v. d. Berg, A. Keen, P. Hoeksma, en M. W. A. Verstegen. 1996. Effect of slatted floor area on ammonia emission and on the excretory and lying behaviour of growing pigs. *J. agric. Engng Res.* 1996, 64: 299-310.
- Aarnink, A. J. A., en A. Elzing. 1998. Dynamic model for ammonia volatilization in housing with partially slatted floors, for fattening pigs. *Livest. Prod. Sci.* 53: 153-169.
- Aarnink, A. J. A., J. Huis in 't Veld, A. Hol, en I. Vermeij. 2007. Kempfarm vleesvarkensstal: milieu-emissies en investeringskosten. Animal Sciences Group, Rapport 67. Lelystad.
- Aarnink, A. J. A., M. C. J. Smits, en I. Vermeij. 2010. Reductie van ammoniakemissie op vleesvarkensbedrijven via gecombineerde maatregelen. Rapport 366, Wageningen UR Livestock Science, Lelystad.
- Aarnink, A. J. A., D. Swierstra, A. J. Van den Berg, en L. Speelman. 1997. Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries. *J. agric. Engng Res.* 1997, 66: 93-102.
- Anonymous. 1991. VERORDENING (EEG) Nr. 2092/91 VAN DE RAAD van 24 juni 1991 inzake de biologische produktiemethode en aanduidingen dienaangaande op landbouwproducten en levensmiddelen. In 1991R2092- NL- 01.01.2007 - 027.002- 1. Brussel.
- Anonymous. 2007. VERORDENING (EG) Nr. 834/2007 VAN DE RAAD van 28 juni 2007 inzake de biologische productie en de etikettering van biologische producten en tot intrekking van Verordening (EEG) nr. 2092/91. In *Publicatieblad van de Europese Unie L 189/1*. Brussel.
- Berry, N. R., K. Zeyer, L. Emmenegger, en M. Keck. 2005. Emissionen von Staub (PM10) und Ammoniak (NH3) aus traditionellen und neuen Stallsystemen mit Untersuchungen im Bereich der Mastschweinehaltung. Vertrag Nr. BUWAL/INT/501.01.16 (5.1.1).
- Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij. 2005. Besluit van 8 december 2005, houdende regels ter beperking van de ammoniakemissie uit huisvestingssystemen van veehouderijen (Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij). In *Staatsblad 2005 675*, 1-67. Den Haag.
- Botermans, J., G. Gustafsson, K. Jeppsson, B. N., en L. Rodhe. 2010. Measures to reduce ammonia emissions in pig production – Review. Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering Report 2010:12. Alnarp.
- Braam, C. R., en C. J. v. d. Hoorn. 1996. Ammoniakemissie-arme betonnen stalvloeren; resultaten van experimenteel en toegepast onderzoek [Concrete floors for animal houses with low ammonia emission; Results of experimental and applied research]. *Report 96-12, IMAG-DLO Wageningen*, 207 pp.
- Braam, C. R., en D. Swierstra. 1999. Volatilization of ammonia from dairy housing floors with different surface characteristics. *J. Agric. Engng Res.* 72: 59-69.
- Ellen, H. H., en I. E. Hoving. 2009. Milieuaspecten weidegang biologische zeugen. Wageningen UR Livestock Research Rapport 253. Lelystad.
- Ivanova-Peneva, S. G., A. J. A. Aarnink, en M. W. A. Verstegen. 2006. Ammonia and mineral losses on Dutch organic farms with pregnant sows. *Biosystems Engineering* 93(2):221-235.
- Ivanova-Peneva, S. G., A. J. A. Aarnink, en M. W. A. Verstegen. 2008. Ammonia emissions from fattening pigs raised organically. *Biosystems Engineering* Vol 99(3):412-422.
- Kasper, G., en A. J. A. Aarnink. 2011. Gasvormige emissies vanaf buitenuitlopen bij varkensstallen. Lelystad: Wageningen UR Livestock Science.
- Le, P. D., A. J. A. Aarnink, N. W. M. Ogink, en M. W. A. Verstegen. 2005. Effects of Environmental Factors on Odor Emission from Pig Manure. *Transactions of the ASAE* 48(2):757-765.
- Monteny, G. J., A. Bannink, en D. Chadwick. 2006. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture Ecosystems & Environment* 112:163-170.
- Olsson, A., K. Jeppsson, J. Botermans, M. Andersson, H. Von Wachenfelt, G. Svensson, en J. Svendsen. 2007. Organic growing-finishing pig production. Part 2. Production, animal health, welfare, function and environment. Swedish University of Agricultural Sciences Department of Agricultural Biosystems and Technology Report 147. Alnarp.
- Selberg Nygren, E. 2009. Rooting area with peat in outdoor yards in organic pig production. Effects on behaviour and emission of nitrogen (NH3 and N2O). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management Examensarbete 279, 30hp E-nivå. Uppsala.
- Van der Mheen, H., en H. M. Vermeer. 2005. Outdoor pig farming in the Netherlands.: In: Sundrum, A., Weissmann, F. (Eds), *Organic pig production in free range systems*. Braunschweig : Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, (Landbauforschung Völknerode Sonderheft S. 281).
- Vermeer, H. 2003. Wat is biologische varkenshouderij? In *Praktijkkompas Varkens*.

Vermeer, H. M., F. H. M. Borgsteede, C. P. A. Gaasenbeek, en H. Altena. 2006. Effect of rooting area and drinker in the outdoor run on behaviour and Ascaris infection of organic pigs. Wageningen UR Livestock Research QLIF final report, no. 4.1.1.3., [http://orgprints.org/13722/1/Vermeer\\_QLIF\\_4-1-1-3\\_RIAH\\_final\\_report\\_11-04-06.pdf](http://orgprints.org/13722/1/Vermeer_QLIF_4-1-1-3_RIAH_final_report_11-04-06.pdf). Lelystad.

Zhao, Y. 2011. Measuring airborne microorganisms and dust from livestock houses. Wageningen UR, Wageningen



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl) | [www.livestockresearch.wur.nl](http://www.livestockresearch.wur.nl)