

Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 187

Effect van volledig roostervloer en dichte vloer en doorlaatbaarheid van vloeren in varkensstallen op milieu, diergezondheid en -welzijn en voedselveiligheid; een literatuur review

Januari 2009



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR



Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group van Wageningen UR
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail Info.veehouderij.ASG@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Liability

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs: I. Vermeij, J. Enting, H.A.M. Spoolder

Titel: Effect van volledig roostervloer en dichte vloer en doorlaatbaarheid van vloeren in varkens-stallen op milieu, diergezondheid en -welzijn en voedselveiligheid; een literatuur review
Rapport 187

Samenvatting

Een integrale benadering kan leiden tot het verbeteren van een vloeruitvoering. Niet alleen spleetbreedte of aandeel roostervloer is belangrijk, maar een minimum percentage doorlaatbaarheid van het totale vloeroppervlak is doorslaggevend.

Trefwoorden: varken, huisvesting, vloertype, doorlaatbaarheid



Rapport 187

Effect van volledig roostervloer en dichte vloer en doorlaatbaarheid van vloeren in varkensstallen op milieu, diergezondheid en -welzijn en voedselveiligheid; een literatuur review

I. Vermeij
J. Enting
H.A.M. Spolder

Januari 2009

Inhoud

Referaat	1
1 Introductie	3
2 Materiaal en Methode	4
3 Invloed van vloeruitvoering op milieu aspecten	5
3.1 Volledig roostervloer (categorie I)	5
3.2 <40% dichte vloer (categorie II)	5
3.3 Referentie (categorie III)	5
3.4 >40% dichte vloer (categorie IV)	5
3.5 Conclusie milieuaspecten	6
4 Invloed vloeruitvoering op diergezondheid en dierenwelzijn	7
4.1 Been- en klauweffecten	7
4.2 Ziekten	7
4.3 Conclusie gezondheids- en welzijnsaspecten.....	8
5 Invloed vloeruitvoering op salmonella	9
6 Integrale benadering	10
6.1 Vermogen van doorlaatbaarheid	10
6.2 Gezondheid en welzijn.....	11
6.3 Effecten samengevat	13
7 Discussie	14
8 Conclusies en aanbevelingen	15
Literatuur.....	16
Bijlage A	18

Referaat

Vloeruitvoeringen moeten optimaal zijn voor het welzijn van de dieren en moeten hokbevuiling tegengaan. Factoren om rekening mee te houden bij het optimaliseren van de vloeren zijn de totale ruimte en ruimte per dier, de spleet- en balkbreedte en de verhouding dichte vloer : roostervloer. Een uitgebreid literatuuronderzoek met betrekking tot deze aspecten en de kwaliteit van de vloer is door de European Food Safety Authority (EFSA, 2005) uitgevoerd. De EFSA had een risico analyse benadering en behandelde met name huisvesting- en managementaspecten. In het EFSA-rapport zijn de vloeruitvoeringen in varkensstallen in het algemeen geanalyseerd door middel van een 'single factor' benadering. De gecombineerde effecten van spleetbreedte, balkbreedte, gebruik van dichte vloeren en maximale drainagegaten in dichte vloeren zijn niet behandeld, hoewel deze gecombineerde effecten van belang zijn voor dierenwelzijn, gezondheid en voedselveiligheid. Daarom wordt in dit literatuuroverzicht een integrale benadering geïntroduceerd, waarbij de individuele aspecten zijn samengebracht. Dit overzicht brengt ook de factor 'doorlaatbaarheid van de totale vloer' in, wat gelijk is aan het percentage vloeroppervlak dat doorlaatbaar is. De vloerkwaliteit is geanalyseerd middels milieueffecten, effecten op diergezondheid en welzijn en salmonellabesmetting. De factoren die een vloer beschrijven, zijn het percentage dichte vloer, het percentage drainagegaten in de dichte vloer, spleet- en balkbreedte. Vloeruitvoeringen zijn doorgaans onderverdeeld in vier categorieën met oplopend percentage dichte vloer:

- I Volledig roostervloer
- II <40% dichte vloer
- III 40% dichte betonvloer, 60% roostervloer met spleetbreedte 18 mm (Reference)
- IV >40% dichte vloer

Informatie uit de literatuur voor de verschillende categorieën is verzameld in een spreadsheet (Appendix A) en beschreven in deze review. De verwachting was dat de verschillende aspecten van een optimale vloeruitvoering geïntegreerd konden worden en dat ze konden worden uitgedrukt in een vergelijking, bevattende de verhouding dichte vloer, drainagegaten in de dichte vloer, spleet- en balkbreedte. In eerste instantie zijn de effecten van de vloerfactoren op aparte aspecten geanalyseerd.

Effect van vloeruitvoering op milieuaspecten

Verschiedende auteurs hebben de impact op het milieu onderzocht, hoofdzakelijk door middel van hokbevuiling en ammoniak emissie. Om hokbevuiling door verstopte spleten tegen te gaan, moeten er voldoende drainagegaten zijn en is het nodig om naar de totale doorlaatbaarheid te kijken. Extrapoleren van gegevens uit de literatuur laat zien dat er een minimale doorlaatbaarheid moet zijn van 12,5% voor een optimale drainage. De Referentie-vloer heeft een doorlaatbaarheid van 9%.

Effect van vloeruitvoering op gezondheid en welzijn van dieren

Een aantal auteurs hebben de klinische symptomen en klauwproblemen onderzocht in relatie tot de vloeraspecten. De effecten blijken soms tegenstrijdig, met verschillende vloeruitvoeringen die verschillende effecten hebben op verschillende gezondheidsaspecten. Te brede spleten kunnen klauwproblemen geven. Volledig roostervloeren leiden tot een grotere kans op kreupelheid dan gedeeltelijk dichte vloeren en de prevalentie van bursitis is hoger. In tegenstelling tot het voorgaande, volledig roostervloeren worden geassocieerd met een kleinere kans op ziekte.

Invloed vloeruitvoering op salmonella

Sommige auteurs hebben de prevalentie van salmonella onderzocht bij verschillende vloeruitvoeringen en concludeerden dat de kans op salmonella het kleinst is op volledig roostervloer.

Integrale benadering

Een integrale benadering kan het begrip van vloerprestatie verhogen. Niet alleen zijn spleetbreedte of percentage roostervloer belangrijk, maar een minimaal percentage van doorlaatbaarheid van de totale vloer blijkt bepalend. Seufert et al. (1980) hebben aangetoond dat op een volledig roostervloer met een doorlaatbaarheid van 8% er 25% verstopte spleten waren, terwijl met een doorlaatbaarheid van 14% er nauwelijks verstopte spleten waren. Het doel van deze studie was een model te beschrijven voor integrale effecten van vloerfactoren. Dit bleek onmogelijk met huidige gegevens: de situatie in elk van de onderzochte referenties verschilde te veel. Daarom hebben we gekozen voor een presentatie met rode (negatief) en groene (positief) kleuren. Vergeleken met >40% dichte vloer, is een volledig roostervloer positief op de punten hokbevuiling, bacteriën, gezondheid, klauwproblemen en salmonella. Aan de andere kant is een volledig roostervloer negatief op de punten klauwverwondingen, kreupelheid, klauwafwijkingen en bursitis prevalentie.

Een goede doorlaatbaarheid van vloeren in varkenshokken is essentieel met betrekking tot milieuaspecten (vooral hokbevuiling), diergezondheid en dierenwelzijn en salmonella preventie, maar in de literatuur is doorlaatbaarheid nauwelijks onderzocht. Volledig roostervloeren hebben doorgaans een hoger percentage van doorlaatbaarheid (20%) dan (gedeeltelijk) dichte vloeren. Aarnink et al. (1993) adviseren een doorlaatbaarheid van 12,5% van de totale vloeroppervlakte om hokbevuiling tegen te gaan. Aanbevolen wordt voor het definiëren van een optimale vloer, de gegevens systematisch te verzamelen vanuit verschillende situaties. Dan kunnen analyses gedaan worden en zijn beschrijvingen mogelijk van de interactie tussen de verschillende vloerfactoren en kwesties betreffende milieu en welzijn.

1 Introductie

Het Productschap voor Vee & Vlees heeft de Animal Sciences Group van Wageningen UR gevraagd de beschikbare kennis over het effect van dichte vloeren en de doorlaatbaarheid van vloeren op dierenwelzijn, diergezondheid, milieu en voedselveiligheid te analyseren.

De vloeruitvoering in een varkensstal dient optimaal te zijn voor het welzijn en de gezondheid van de varkens en moet hokbevuiling voorkomen om zo ammoniak emissie en arbeid te reduceren en voedselveiligheid te bevorderen. Bij een optimale vloer is er zo min mogelijk contact tussen uitwerpselen en varken, is het emitterend oppervlak minimaal, is er een laag risico op klauwgebreken en voorziet de vloer in een comfortabele ligruimte. Factoren die van invloed zijn voor een optimale vloer zijn de oppervlakte, totaal en per varken, de spleetbreedte, de balkbreedte, de verhouding dichte vloer en roostervloer en de doorlaatbaarheid van de vloer.

Door de European Food Safety Authority (EFSA, 2005) is een uitgebreide literatuurstudie gedaan naar de minimale vloeroppervlakte, het aandeel dichte vloer, de spleet- en balkbreedte en de kwaliteit van de vloer. Behalve welzijnsaspecten heeft de EFSA ook aspecten als gezondheid en voedselveiligheid onderzocht. De EFSA benaderde de problematiek met een systematiek van risico-evaluatie.

Hoewel veel factoren van invloed zijn op het risico voor welzijnsproblemen bij varkens, vallen de factoren vooral onder huisvesting en bedrijfsvoering. Men heeft de behoeften en functioneren van varkens in relatie tot vloereffecten en hokoppervlakte beschreven en men heeft de huidige huisvestingssystemen en vloertypes voor de varkenshouderij in de Europese landen beschreven. Onderzochte vloereffecten zijn roostervloer en dichte vloer, spleetbreedte en balkbreedte en het materiaal waarvan de vloeren gemaakt zijn. In de studie heeft de EFSA de effecten van deze vloeraspecten op de luchtkwaliteit, bewegingsapparaat en verwondingen, ziekten en karkas en voedselveiligheid samengevat. De resultaten en conclusies over deze vloereffecten zijn niet altijd eenduidig omdat bijvoorbeeld spleetbreedtes voor hokbevuiling een ander optimum hebben dan voor klauwverwondingen. De verschillende bronnen in het EFSA-rapport hebben bij de analyse van de vloerontwerpen in varkensstallen over het algemeen gebruik gemaakt van een single factor benadering. Er is bijvoorbeeld apart gekeken naar de effecten van spleetbreedte op hokbevuiling en naar de effecten van balkbreedtes op hokbevuiling. Er is niet gekeken naar de gecombineerde effecten van spleetbreedte, balkbreedte, aandeel dichte vloer en hoeveelheid drainage openingen in dichte vloeren, terwijl deze gecombineerde effecten van belang zijn voor dierenwelzijn, gezondheid en voedselveiligheid. In het bijzonder voor hokbevuiling is er een relatie tussen voeding en beenwerkproblemen bij varkens en voedselgerelateerde ziekten bij mensen en daarom is de totale doorlaatbaarheid van de vloer essentieel.

De separate en gecombineerde effecten zijn ook relevant in relatie tot de Europese en nationale wetgeving. Er zijn grote verschillen in vereisten voor vloerkwaliteit en –kwantiteit tussen EU-lidstaten. De Europese Richtlijn 91/630/EEC, aangepast door 2001/88/EC en 2001/93/EC, waarin de minimum standaards voor de bescherming van varkens zijn vastgelegd, bevatten vereisten voor het aandeel dichte vloer en een maximum voor drainage openingen, spleetbreedte en balkbreedte. Enting et al. (2006) hebben onderzocht hoe deze richtlijnen zijn geïmplementeerd in een aantal Europese landen.

De EU-richtlijn schrijft dichte vloer voor bij gedekte gelten en dragende zeugen, maar Nederland en Denemarken schrijven ook dichte vloer voor bij gespeende biggen en vleesvarkens. In Nederland geldt voor vleesvarkens 40% dichte vloer en voor gespeende biggen 40% dichte vloer wanneer er betonrooster toegepast worden. In Denemarken geldt voor gespeende biggen en vleesvarkens respectievelijk 50% en 33% dichte vloer. Duitsland schrijft 50% dichte vloer voor bij vleesvarkens en gelten (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, 2006). Terwijl de EU 15% drainage openingen in een dichte vloer toestaat, staat Denemarken 10% toe en Nederland slechts 5%. Als het gaat om spleetbreedte nemen de meeste landen de EU-richtlijn over, maar Nederland schrijft smallere spleten voor bij biggen (10 mm in plaats van 11 mm) en Denemarken past de EU-richtlijn alleen toe op volledig roostervloer. De EU-landen vertalen en interpreteren de EU-richtlijn verschillend, wat kan leiden tot een verschillend 'level playing field' voor de verschillende landen. Zo lang de invloed van de combinatie van verschillende eisen op dierenwelzijn en gezondheid niet volledig helder is en we niet exact weten wat de effecten voor voedselveiligheid en milieu zijn, kunnen de mitsen en maren van deze onbalans niet in beeld gebracht worden. Het is echter overduidelijk dat het aandeel dichte vloer, de doorlaatbaarheid hiervan en de spleet- en balkbreedtes van de roostervloer hierin een belangrijke rol spelen. Alleen een integrale benadering van deze vereisten kan tot ontwikkeling van betere vloerontwerpen leiden. Daarom is in deze literatuurstudie gekozen voor een andere benadering waarbij de afzonderlijke factoren bijeen gebracht zijn in een integrale analyse van de impact op gezondheid, welzijn en milieu. Aangezien doorlaatbaarheid van de totale vloeroppervlakte belangrijk is, is dit aspect toegevoegd.

2 Materiaal en Methode

De studie richt zich op drie items in relatie tot de effecten op dichte vloer, drainage openingen, spleetbreedte en balkbreedte. Deze drie items zijn milieu, welzijn en gezondheid en salmonella (i.v.m. voedselveiligheid).

Vertrekpunt voor welzijn was het rapport van de European Food Safety Authority (EFSA, 2005). Dit rapport beschrijft de effecten van verschillende vloeroppervlakte en vloertypen op het welzijn van gespeende biggen en vleesvarkens en bevat informatie van zo'n 600 (wetenschappelijke) artikelen en rapporten. Deze bronnen en hun conclusies zijn gebruikt voor het welzijnsdeel van deze studie en zijn aangevuld met andere (nieuwere) bronnen. Zoals aangegeven in de introductie beschrijven de literatuurbronnen alleen een single aspect benadering met betrekking tot vereisten voor een vloeruitvoering, terwijl een integrale benadering nodig is om vloerontwerpen te optimaliseren. De brede variatie aan gebruikte methoden op een brede variatie aan vloeruitvoeringen vormt een probleem bij het interpreteren van de bevindingen van de verschillende bronnen. Om meer helderheid te verschaffen in al deze verschillen is in deze studie een indeling in categorieën gemaakt en zijn alle afzonderlijke bevindingen van de literatuurbronnen in een categorie geplaatst. Het complete overzicht hiervan staat in bijlage A.

Indeling in categorieën

De vloertypen die in de literatuur beschreven zijn, verschillen in aandeel dichte vloer, roostervloer en drainage openingen. Omdat dichte vloer in toenemende belangstelling staat, is de volgende indeling in categorieën gemaakt:

- I Volledig roostervloer
- II <40% dichte vloer
- III 40% dichte vloer, 60% betonnen roostervloer met spleetbreedte 18 mm (Referentie)
- IV >40% dichte vloer

Deze vloeren verschillen in doorlaatbaarheid. Doorlaatbaarheid is hier gedefinieerd in kwantitatieve zin als een percentage drainage openingen in de totale vloeroppervlakte. Over het algemeen heeft een volledig roostervloer een doorlaatbaarheid van 20%, terwijl de Referentie slechts voor 9% permeabel is. De Referentie geeft de standaard situatie voor vleesvarkens in Nederland weer. De percentages doorlaatbaarheid die in deze studie zijn weergegeven, staan niet zo in de literatuurbronnen, maar zijn berekend op basis van informatie over de spleet- en balkbreedte, het aandeel rooster- en dichte vloer en een eventueel aanwezige mestspleet. De term 'doorlaatbaarheid' in deze studie wordt ook gebruikt in kwalitatieve zin, wanneer bedoeld wordt hoe goed of slecht een vloer mest en urine doorlaat.

Informatie uit de literatuurbronnen met betrekking tot de verschillende categorieën is verzameld in bijlage A en wordt hier beschreven. In de bijlage staan de auteur, jaar van publicatie en de uitkomst van het onderzoek beschreven. De enkelvoudige aspecten die beschreven worden, zijn milieu aspecten (hokbevuiling, ammoniak emissie), diergezondheid en welzijn en salmonella. Vervolgens wordt een integrale benadering van de verschillende factoren van vloeruitvoeringen beschreven. De verwachting is dat, gebaseerd op het EFSA-rapport met informatie van zo'n 600 bronnen, de verschillende aspecten voor een optimale vloeruitvoering geïntegreerd kunnen worden. Deze integratie zou het mogelijk moeten maken om de effecten op ammoniak emissie, hokbevuiling, beengebreeken, salmonella infecties en andere gezondheidsproblemen in relatie tot de doorlaatbaarheid van de vloer te analyseren. Dit kan worden uitgedrukt in een vergelijking die aandeel dichte vloer, spleetbreedte, balkbreedte en drainage openingen bevat:

$$Y = \alpha * \text{dichte vloer (\% van totaal)} + \beta * \text{spleet breedte (mm)} + \gamma * \text{balk breedte (mm)} + \text{drainage openingen (\% of dichte)} + \text{afwijking.}$$

Y kan bijvoorbeeld de mate van hokbevuiling of beengebreeken of prevalentie van ziekten zijn. Op deze manier kan de optimale combinatie voor verschillende factoren gevonden worden.

3 Invloed van vloeruitvoering op milieu aspecten

Verschillende auteurs hebben de items hokbevuiling en ammoniak emissie in relatie tot vloer kwaliteit onderzocht. In de volgende paragrafen worden deze relaties per categorie vloer beschreven.

3.1 Volledig roostervloer (categorie I)

Seufert et al. (1980) constateerden dat bij een balkbreedte van 150 mm er minder verstopte spleten zijn wanneer de spleetbreedte toeneemt van 15 tot 30 mm. De doorlaatbaarheid van de totale vloeroppervlakte neemt toe van 8% bij 15 mm spleetbreedte tot 17% bij 30 mm spleetbreedte. Het percentage verstopte spleten neemt af van 25% tot 1%. Bij een constante spleetbreedte van 25 mm is een hoger % doorlaatbaarheid door middel van kleinere balkbreedte geen voordeel. Bij een balkbreedte van 65 mm (doorlaatbaarheid is 38%) is het percentage verstopte spleten 6% en bij een balkbreedte van 150 mm (doorlaatbaarheid 14%) is 1% van de spleten verstopt. Greif (1985) stelt date en volledig roostervloer met een spleetbreedte van 15 mm een erg slechte doorlaatbaarheid heeft. Udesen (1989), geciteerd door de European Food Safety Authority (EFSA, 2005) heeft spleetbreedtes van 16, 18 en 20 mm met elkaar vergeleken. Hij ontraadt een spleetbreedte van 16 mm vanwege verstopte spleten. Een spleetbreedte van 18 mm gaf ook problemen met mest verwijdering, terwijl spleten van 20 mm de beste resultaten gaven. Pedersen Skovgaard (1990), geciteerd door the European Food Safety Authority (EFSA, 2005) heeft betonnen roosters met spleetbreedte van 18 en 20 mm en balkbreedtes van 67, 70, 75 en 91 mm met elkaar vergeleken. De doorlaatbaarheid van de vloeren lag tussen 16 en 20%. Hij vond geen verschillen voor hygiëne en hokbevuiling. Jensen et al. (1997) veronderstellen dat geperforeerde vloeren of roostervloeren de hygiëne verbeteren ten opzichte van dichte vloeren, doordat er minder contact is tussen het varken en de mest/urine. Zij geven op basis van 15 literatuurbronnen aanbevelingen voor de balk- en spleetbreedtes op betonnen vloeren voor varkens (tabel 1).

Tabel 1 Aanbevolen balk- en spleetbreedte op betonnen vloeren voor varkens, gebaseerd op 15 bronnen (Jensen et al., 1997)

	Biggen	Vleesvarkens (start)	Vleesvarkens (eind) Zeugen
Balk breedte (mm)	50 – 120	75 – 150	80 – 200
Spleet breedte (mm)	9,5 – 22	12,5 – 25	17 – 30

3.2 <40% dichte vloer (categorie II)

Greif (1985) veronderstelt dat gedeeltelijk betonrooster vloer met een spleetbreedte van 15 mm een slechte doorlaatbaarheid heeft. Boykel (2001) heeft metalen driekantrooster, gietijzeren rooster en betonrooster met elkaar vergeleken. In hun studie hadden de metalen roosters een spleet- en balkbreedte van 15 mm en de gietijzeren roosters hadden een spleet- en balkbreedte van 10 mm en een balkbreedte van 12 mm bij een spleetbreedte van 10 en 20 mm. De betonnen roosters hadden een balkbreedte van 63 mm en een spleetbreedte van 22 mm. Zij concludeerden dat de betonroosters de beste doorlaatbaarheid voor mest hadden.

3.3 Referentie (categorie III)

Er zijn voor deze categorie geen studies gevonden die ingaan op de voor deze studie relevante aspecten.

3.4 >40% dichte vloer (categorie IV)

Aarnink et al. (1993, 1997, 2001, 2006) hebben onderzoek gedaan naar hokbevuiling en ammoniak emissie op 50%, 60% en 75% dichte vloer. Hoe kleiner het aandeel dichte vloer, hoe minder hokbevuiling, hoewel 25% roostervloer (met 12,5% doorlaatbaar oppervlak van totale vloer) zou volstaan om hokbevuiling te voorkomen. Een hoger aandeel dichte vloer vermindert de ammoniak emissie vanuit de mestopslag, maar verhoogt de ammoniak emissie van de roostervloer. Hogere temperaturen vermeerderen hokbevuiling op dichte vloeren. Hoofs (1991) heeft onderzoek gedaan naar hokbevuiling met mest en urine op 43% dichte vloer en metalen driekantrooster of betonrooster. De metalen driekantrooster had een balkbreedte van 20 mm en een spleetbreedte van 10 mm, waardoor de totale vloer een doorlaatbaar oppervlak van 19% had. Het betonrooster had een balkbreedte van 100 mm en een spleetbreedte van 20 mm, waardoor de totale vloer een doorlaatbaar

oppervlak van 8,5% had. De metalen driekantrooster leidde tot minder hokbevuiling dan de betonroosters. Op een schaal van 1-10 hadden de metalen roosters een score van 7,5, terwijl de betonroosters een score van 6,5 hadden. Er was geen effect op technische resultaten (groei, voederconversie), maar de schoonmaaktijd was 19% korter op de metalen roosters met hogere doorlaatbaarheid.

Spolder et al. (2002) hebben drie systemen met 60% dichte vloer vergeleken met een referentiesysteem met 40% dichte vloer. De roostervloer bestond uit metalen driekantrooster en in de hokken was een mestspleet van 9 cm, waardoor de doorlaatbaarheid van de vloer tamelijk hoog was. De drie systemen met 60% dichte vloer waren voor 17, 18 en 21% van het oppervlak doorlaatbaar en het referentiesysteem voor 24%. Het aandeel hokbevuiling op de 60% dichte vloer was 2,3%, 3,9% en 9,4% van het dichte vloeroppervlak, terwijl de hokbevuiling op in het referentiesysteem 0,8% van het dichte vloeroppervlak was. 60% dichte vloer leidt tot meer hokbevuiling dan 40% dichte vloer.

3.5 Conclusie milieuaspecten

Om hokbevuiling tengevolge van verstopte spleten te voorkomen dienen er voldoende drainage openingen te zijn. Het is niet voldoende om alleen naar spleetbreedte of aandeel roostervloer te kijken, maar het is noodzakelijk om te letten op het totaal doorlaatbaar oppervlak.

Seufert (1980) stelt dat 8% doorlaatbaarheid onvoldoende is om verstopte spleten op volledig roostervloeren te voorkomen, terwijl 17% voldoende is. Aarnink stelt dat bij een gedeeltelijk dichte vloer minimaal 12,5% van het totale oppervlak permeabel dient te zijn. Wanneer een gedeeltelijk roostervloer met 40% dichte vloer wordt toegepast, betekent dit dat de doorlaatbaarheid van de roosters 20% moet zijn. Om hieraan te voldoen hoort bij een balkbreedte van 80 mm een minimale spleetbreedte van 22 mm.

4 Invloed vloeruitvoering op diergezondheid en dierenwelzijn

Diergezondheid en welzijnsaspecten in relatie tot de vloerkwaliteit zijn onderzocht door middel van klauwgebreken. De effecten van de vloerfactoren zijn soms tegenstrijdig.

4.1 Been- en klauweffecten

Greif (1985) heeft een volledig betonroostervloer (categorie I met 13% doorlaatbaarheid) vergeleken met een gedeeltelijke roostervloer (categorie II) en een dichte betonvloer (categorie IV met 0% doorlaatbaarheid). De mate van klauwproblemen nam toe met de spleetbreedte. Op een volledig roostervloer met een spleetbreedte van 25 mm, de mate van klauwproblemen was 65%, terwijl dit met een spleetbreedte van 17-18 mm 21% was. Op een dichte vloer was dit percentage 35%. De klauwconditie was het best op een volledig roostervloer (categorie I) vergeleken met een (gedeeltelijk) dichte vloer (categorie II en IV). Volgens Greif prefereren varkens, kijkend naar het gedrag, een balkbreedte van 15 cm (i.p.v. 9 cm) en een spleetbreedte van 17 mm (i.p.v. 20 en 23 mm). Hij adviseerde een balkbreedte van 10-12 cm en een spleetbreedte van 17-18 mm voor slachtvarkens. Greif en Hilliger (1985), geciteerd door Edwards (1997), stelden meer klauwschade vast, respectievelijk 21% en 65%, als de spleetbreedte toenam van 17 naar 25 mm.

Hoofs (1991) heeft twee verschillende vloeruitvoeringen vergeleken met een >40% dichte vloer (categorie IV). 43% van de vloeruitvoeringen was dichte vloer en één was een metalen driekantroostervloer met een balkbreedte van 20 mm en een spleetbreedte van 10 mm, dus 19% doorlaatbaarheid. De andere roostervloer was een betonrooster met een balkbreedte van 100 mm en spleetbreedte van 20 mm (9% doorlaatbaarheid). De metalen balken hadden slechts enkele positieve effecten op het voorkomen en ernst van diarree door betere hygiëne. Er waren geen verschillen ten opzichte van beengebreeken.

Nielsen et al. (2002) heeft kreupelheid onderzocht in varkens van 98 koppels in slachthuizen in Denemarken. In totaal 1,8% van de ongeveer 153.000 onderzochte vleesvarkens waren kreupel. De onderzoekers constateerden dat de relatieve risicofactor voor kreupelheid het hoogst (2,26) was voor varkens gehuisvest op een volledig roostervloer (categorie I) en het laagst (1,75) voor varkens op een dichte vloer (categorie IV). De risicofactor op gedeeltelijk roostervloer (categorie II) was 1,92.

Candotti (2004) opperde dat op een >40% dichte vloer (categorie IV) minder klinische symptomen zijn van kreupelheid dan op een volledig roostervloer (categorie I, 18% doorlaatbaarheid), respectievelijk 15% en 29%. In beide gevallen had het roosteroppervlak balken met 20mm spleten. Hij constateerde geen significante verschillen in verwondingen aan de voorbenen.

Rähse en Hoy (2007) constateerde geen evenredig effect van een roostervloer en balkbreedte op de klauwgezondheid van vleesvarkens. Als de spleetbreedte boven de 20 mm kwam, waren er klauwverschillen. Een 'stallitbodem liet de meeste verschillen zien (28,5%).

4.2 Ziekten

Het werk van Smith (1992), geciteerd door Edwards (1997), toonde een positieve relatie tussen varkens met bursitis en huisvesting op harde vloeren, evenals tussen prevalentie en ernst van bursitis en betonroosters. Een experiment met verschillende vloeren toonde aan dat bursitis toenam van 57% in het begin van opfok tot 100% aan het eind voor vleesvarkens gehouden op een volledig betonroostervloer. Bij varkens gehouden op een dichte betonvloer nam bursitis toe van 67% aan het begin tot 93% aan het eind van de opfokperiode.

Lyons et al. (1995) en Mouttoutou (1999) beoordeelden bursitis prevalentie bij vleesvarkens. Zij vergeleken een volledig betonroostervloer (categorie I) met balkbreedte van 100 mm en spleetbreedte van 20 mm met een kale betonvloer met een helling van 6,25% (categorie IV). De doorlaatbaarheidoppervlakte van de roostervloer was 15% en bursitis prevalentie 92,8%. De doorlaatbaarheidoppervlakte van de kale betonvloer was 0% en het bursitis percentage was 80,7%. Echter, door de helling van de kale betonvloer kwam de mest buiten het hok terecht.

Volgens Rantzer en Svendsen (2001) zijn er meer gespeende biggen zonder ziekteproblemen op volledig roostervloer in een kraamhok dan op een gedeeltelijk roostervloer (>40% dichte), respectievelijk 94% en 86%. Het percentage biggen met ziekteproblemen (hoofdzakelijk diarree) is ook lager op volledig roostervloer (6%) dan op een gedeeltelijk roostervloer (13%).

4.3 Conclusie gezondheids- en welzijnsaspecten

Verschillende vloeruitvoeringen hebben niet hetzelfde effect op gezondheidsaspecten. Spleten die te breed zijn (>20 mm) kunnen leiden tot klauwproblemen. Volledig roostervloeren (categorie I) verhogen de kans op kreupelheid vergeleken met gedeeltelijk dichte vloeren (categorie II en IV) en bursitis prevalentie is hoger op volledig roostervloeren. Aan de andere kant was er op volledig roostervloeren minder ziekte.

5 Invloed vloeruitvoering op salmonella

Weinig auteurs hebben de prevalentie van salmonella onderzocht in relatie tot verschillende vloeruitvoeringen. Davies et al. (1997) onderzochten salmonella prevalentie in fecesmonsters van vleesvarkens en in voermonsters van 28 varkens koppels in North-Carolina, USA. Salmonella prevalentie in feces was lager voor varkens gehouden op roostervloeren (categorie I) vergeleken met alle andere vloeruitvoeringen, respectievelijk 16,5% en 36,7%. In een factoranalyse constateerde Wolf (2000) dat vloeruitvoering geen invloedsfactor was op salmonella prevalentie in hokken met vleesvarkens. Nollet et al. (2004) constateerden een salmonella prevalentie van 54% op volledig roostervloeren (categorie I), 91% op gedeeltelijk roostervloeren (1-50% dicht) en 100%, als meer dan 50% van het oppervlak een dichte vloer betrof (categorie IV). Cook en Miller (2005) stelden dat een dichte vloer (categorie IV) de kans op een salmonella infectie verhoogde en Meyer (2005) rapporteerde dat een gedeeltelijk roostervloer (categorie II) de kans verhoogde vergeleken met volledig roostervloer (categorie I).

Conclusie salmonella

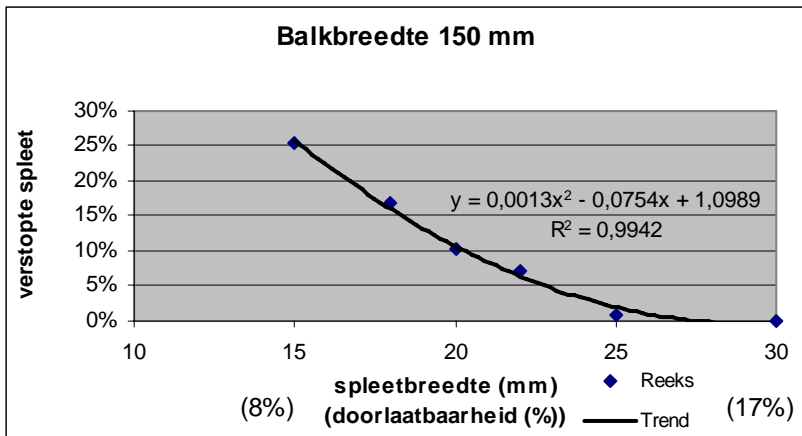
De meeste auteurs concludeerden dat de kans op salmonella het laagst is op volledig roostervloeren (categorie I), hoewel Wolf (2000) geen invloed van vloeruitvoering constateerde. Aangezien de auteurs geen spleetbreedte van de roostervloeren hebben beschreven, kan de doorlaatbaarheid van de vloeren niet worden geschat.

6 Integrale benadering

Zoals gesteld in de introductie is er onvoldoende kennis van hoe een combinatie van factoren als een minimum aan dichte vloer, een maximum aan drainagegaten in de dichte vloer en de spleet- en balkbreedte van de roostervloer dierenwelzijn beïnvloeden en wat de effecten zijn op hokbevuiling. De reden is dat de meerderheid van de studies uit de literatuur zich richten op een enkel aspect. Een integrale benadering is vereist om een beter begrip te krijgen van de vloer prestatie. Deze studie gebruikt informatie uit veel referenties en voegt de factor toe van 'doorlaatbaarheid'. Wij voeren aan dat spleetbreedte en percentage van roostervloer belangrijk zijn, maar dat een minimum percentage van doorlaatbaarheid van het totale vloeroppervlak cruciaal is voor een goede prestatie van de vloer.

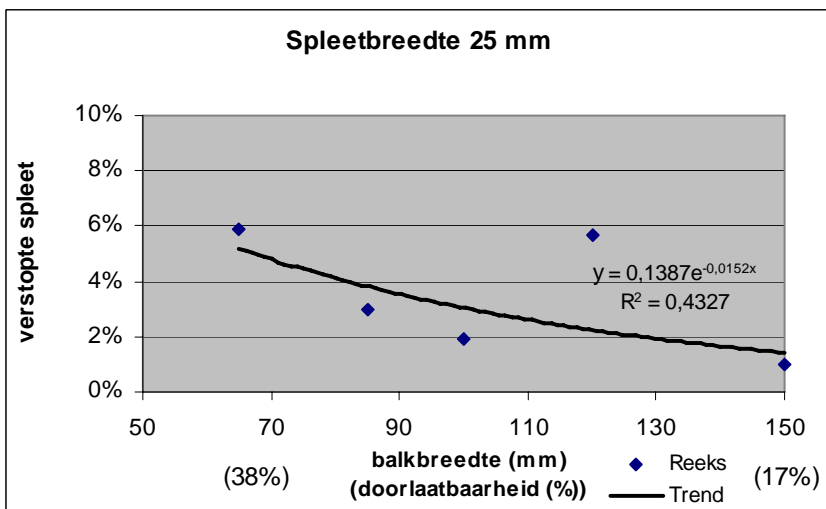
6.1 Vermogen van doorlaatbaarheid

Een referentie die een goed inzicht geeft in het belang van een goede doorlaatbaarheid is Seufert et al. (1980). Gebaseerd op de gegevens uit deze referentie, laten figuur 1 en 2 de relatie zien tussen spleetbreedte en balkbreedte. Op een volledig roostervloer voor vleesvarkens is het percentage verstopte spleten met mest bijna 0% bij een balkbreedte van 150 mm en spleetbreedte van 25 mm. De doorlaatbaarheid van het vloeroppervlak is 14% op dit punt.



Figuur 1 Relatie tussen spleetbreedte, doorlaatbaarheid en verstopte spleet (gebaseerd op Seufert, 1980)

Bij een constante spleetbreedte van 25 mm, verhoogde doorlaatbaarheid door middel van kleinere balkbreedte heeft nauwelijks effect op het percentage verstopte spleten. Een doorlaatbaarheid van 17% resulteert in 1% verstopte spleten, terwijl een doorlaatbaarheid van 38% 6% verstopte spleten geeft (figuur 2).

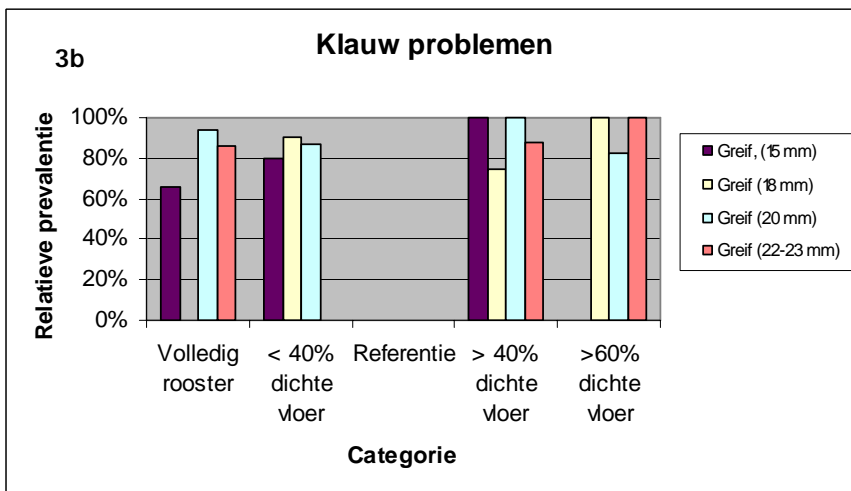
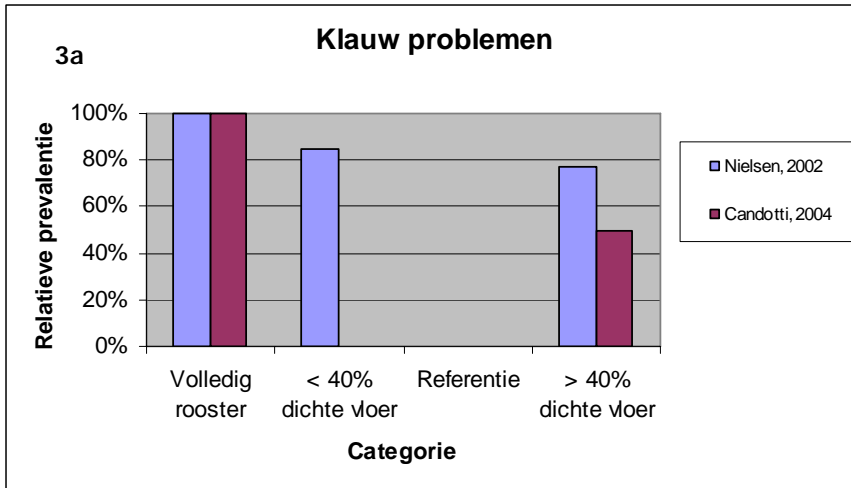


Figuur 2 Relatie tussen balkbreedte, doorlaatbaarheid en verstopte spleet (gebaseerd op Seufert, 1980)

6.2 Gezondheid en welzijn

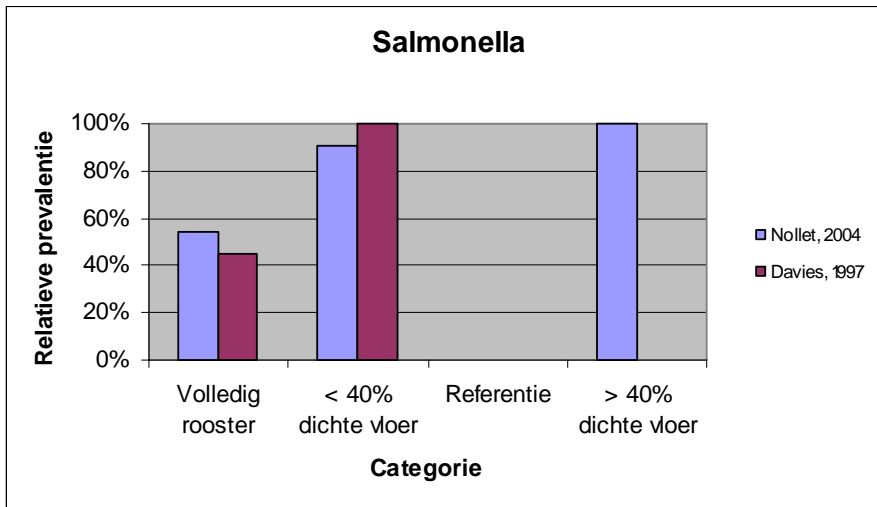
Door de verschillende referenties te combineren, kunnen de effecten op diergezondheid en dierenwelzijn in kaart gebracht worden. Figuur 3a en 3 b vatten de verschillen samen tussen de categorieën vloeruitvoering bij klauwlaesies. De categorie met de hoogste prevalentie is op 100% gezet en de andere categorieën zijn hieraan gerelateerd. Vaak is de prevalentie van klauwproblemen hoger op een volledig roostervloer (categorie I) dan op een >40% dichte vloer (categorie IV).

Greif (1980) echter constateerde een relatie tussen gedeeltelijk dichte vloer (categorie II) en spleetbreedte. Hij vond (ondanks sommige ontbrekende waarden) dat als de spleetbreedte 15 mm of 22-23 mm is, de klauwgebreken prevalentie hoger is als het gedeelte van de dichte vloer toeneemt. Als de spleetbreedte 18 mm of 20 mm is, zijn de resultaten wisselend.



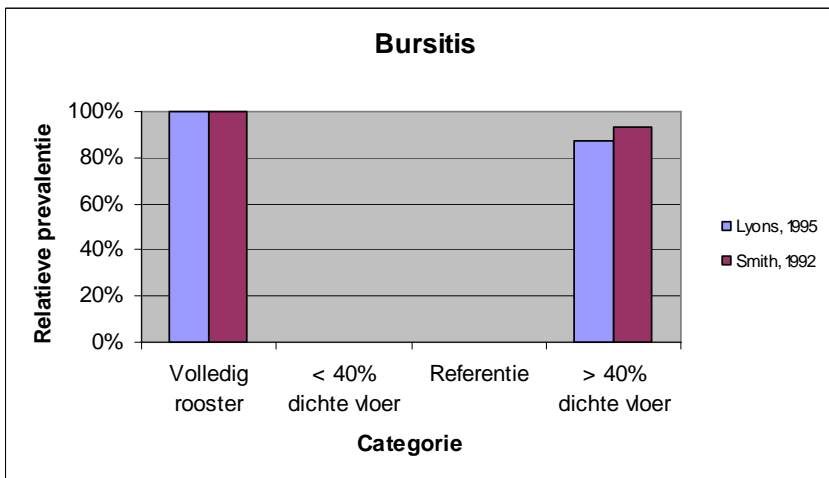
Figuur 3 Klauwproblemen prevalentie bij verschillende vloercategorieën

Figuur 4 toont de relatieve prevalentie van salmonella bij verschillende categorieën. De categorie met de hoogste prevalentie is op 100% gezet en de andere categorieën zijn hieraan gerelateerd. Beide referenties stelden dat de prevalentie van salmonella toenam als een gedeeltelijk dichte vloer werd vergeleken met een volledig roostervloer.



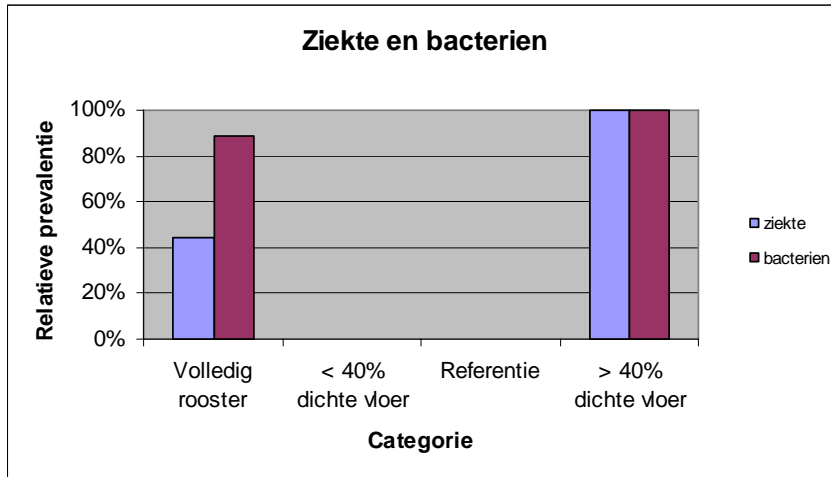
Figuur 4 Prevalentie van salmonella bij verschillende vloercategorieën

De relatieve prevalentie van bursitis bij verschillende vloeruitvoeringen wordt getoond in figuur 5. De categorie met de hoogste prevalentie is op 100% gezet en de andere categorieën zijn hieraan gerelateerd. De bursitis prevalentie is erg hoog, maar op een >40% dichte vloer is het 10-15% lager dan op een volledig roostervloer, waar de prevalentie 100% is.



Figuur 5 Prevalentie van bursitis bij verschillende vloercategorieën

Figuur 6 toont de relatieve prevalentie van ziekte en bacteriën bij verschillende categorieën. De categorie met de hoogste prevalentie is op 100% gezet en de andere categorieën zijn hieraan gerelateerd. De prevalentie van ziekte is met 100% bij >40% dichte vloer meer dan twee keer zo hoog als bij volledig roostervloer. De prevalentie van bacteriën is erg hoog, maar bij een volledig roostervloer 10% lager dan bij een >40% dichte vloer, waar de prevalentie op 100% ligt.



Figuur 6 Prevalentie van ziekte en bacteriën bij verschillende vloercategorieën (Rantzer, 2001)

6.3 Effecten samengevat

Het doel van deze review was om de effecten van losse factoren op sommige aspecten van vloerkwaliteit te modelleren. Tijdens het verloop van de studie werd het duidelijk dat het onmogelijk is om zoiets te doen met de beschikbare gegevens uit de wetenschappelijke literatuur. Echter, voor de meeste aspecten is het mogelijk om algemene uitspraken te doen met betrekking tot vloercategorieën. Om dit te faciliteren, is gekozen voor een visualisatie met rode en groene kleuren voor respectievelijk negatieve en positieve aspecten.

Figuur 7 toont de relatieve positieve en negatieve effecten van de vloeruitvoeringen op de verschillende thema's. Vergeleken met een >40% dichte vloer, is een volledig roostervloer positief op de punten hokbevuiling, ziektegevallen, klauwproblemen en salmonella prevalentie. Aan de andere kant, is de volledig roostervloer negatief op het punt van klauwverwondingen, kreupelheid, klauwafwijkingen en bursitis prevalentie. De informatie in de referenties was onvoldoende kwantitatief om groene en rode items binnen een categorie onderling te meten.

	Referentie	Volledig rooster	<40% dichte vloer	Referentie; 40% dichte vloer, 18 mm	>40% dichte vloer
	Auteur			Geen informatie	
Hokbevuiling	Jensen	groen			rood
Hokbevuiling	Rantzer,2001		groen		rood
Gezondheid	Rantzer,2001	groen			rood
Salmonella	Nollet,2004	groen	rood		rood
Salmonella	Davies,1997	groen	rood		
Klauwproblemen	Greif, 1985	groen	rood		rood
Klauwverwondingen	Jensen,1997	rood			groen
Klauwafwijkingen	Candotti,2004	rood			groen
Kreupelheid	Nielsen,2004	rood			groen
Bursitis	Lyons, 1995	rood			groen
Bursitis	Smith, 1992	rood			groen

Figuur 7 Relatieve scores van vloeruitvoeringen bij verschillende onderdelen; groen is positief, rood negatief

7 Discussie

Analyses van een groot aantal referenties laten zien dat bijna alle studies een 'single aspect' benadering hebben. De bevindingen van deze referenties laten zich moeilijk vergelijken. Combinaties van aspecten en vloeruitvoeringen ontbraken in de literatuur. Er zijn aanbevelingen voor spleetbreedte, maar die gelden voor volledig roostervloer. Aanbevelingen voor spleetbreedtes voor een gedeeltelijk roostervloer ontbreken en er zijn geen wetenschappelijke aanbevelingen met betrekking tot drainagegaten in dichte vloeren. Tot onze verrassing vonden we geen gegevens in de literatuur over de Referentievloer in relatie tot de thema's milieu, welzijn & gezondheid en salmonella.

Goede doorlaatbaarheid van de vloeren in varkenshokken is essentieel in relatie tot milieuaspecten (in het bijzonder hokbevuiling), diergezondheid en dierenwelzijn en salmonellapreventie, maar in de literatuur wordt dit aspect onvoldoende belicht. De doorlaatbaarheid bestaat uit een combinatie van een (gedeeltelijk) roostervloer, balkbreedte en spleetbreedte.

De gegevens die nodig zijn om de vloerfactoren correct te modelleren kunnen op twee manieren worden verkregen:

- een experiment waarbij verschillende vloeruitvoeringen worden vergeleken met betrekking tot aspecten van dierenwelzijn en milieu. Deze studie zal gebalanceerde gegevens opleveren te gebruiken als input voor het model. Het is echter nogal duur.
- een overzicht van bestaande huisvestingssystemen. Deze studie vereist een breed scala aan bedrijven, zodat de gegevens een breed scala aan vloerfactoren dekken en effecten op kwaliteitsaspecten.

De tweede optie lijkt de meest haalbare.

8 Conclusies en aanbevelingen

- Aangezien een goede doorlaatbaarheid essentieel is, maar onderbelicht, adviseren we meer met deze factor rekening te houden.
- Studies waarin verschillende doorlaatbaarheden van de vloer indirect worden vergeleken, stellen dat een minimale doorlaatbaarheid van 12% is vereist voor een goede drainage.
- Volledig roostervloeren hebben over het algemeen een hoger percentage doorlaatbaarheid (20%) dan (gedeeltelijk) dichte vloeren. Gedeeltelijk dichte vloeren kunnen slechts dezelfde doorlaatbaarheid benaderen als volledig roostervloeren als de spleetbreedte evenredig aan de balkbreedte is vergroot.
- De doorlaatbaarheid van standaard Nederlandse bedrijven (Categorie III “Referentie”) is 9%, wat in potentie te laag is.
- Gedeeltelijk dichte vloeren (categorie II en IV) worden geassocieerd met minder klauwverwondingen, kreupelheid en bursitis vergeleken met volledig roostervloeren (categorie I). Echter, voor gedeeltelijk roostersystemen, zijn hokbevuiling en samengaannde prevalentie van pathogenen (bijv. Salmonella) nog steeds problemen die stevig aangepakt moeten worden voordat deze systemen een succes kunnen worden genoemd. Goede drainage is essentieel.
- Er zijn geen studies die het totale percentage doorlaatbaarheid koppelen aan vloerprestatie bij gedeeltelijk roostersystemen. Echter, een proefmodel zal de grondregels verduidelijken voor ontwerp en wetgeving voor vloeren in de toekomst. De gegevens die nodig zijn voor dit model kunnen het best worden verkregen via een internationaal onderzoek van vloeren in varkenshokken.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., Hoeksma P., Ouwkerk, E.N.J. van, 1993. Factors affecting ammonium concentration in slurry from fattening pigs. In: Proceedings Congress on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences, Verstegen, M.W.A., den Hartog, L.A., van Kempen, G.J.M., Metz, Pp. 413 – 420 Pudoc Wageningen, 1993.
- Aarnink, A.J.A, D. Swierstra, A.J. van den Berg, 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.
- Aarnink, A.J.A., J. W. Schrama, R.J.E. Verheijen and J. Stefanowska, 2001. Pen Fouling in Pig Houses Affected by Temperature. Pp. 180-186 in *Livestock Environment VI: Proceedings of the 6th International Symposium (21-23 May 2001, Louisville, Kentucky, USA)* eds. Richard R. Stowell, Ray Bucklin and Robert W. Bottcher. Pub date May 21, 2001. ASAE Publication Number 701P0201.
- Aarnink, A.J.A, J. W. Schrama, M. J. W. Heetkamp, J. Stefanowska, and T. T. T. Huynh, 2006. Temperature and body weight affect fouling of pig pens. Animal Sciences Group of Wageningen University and Research Centre, P.O. Box 65, 8200 AB, Lelystad, the Netherlands. In: *J. Anim. Sci.* 2006. 84:2224–2231
- Candotti, P., S. Rota Nodari, I. Archetti, E. De Angelis, G. Caldara and P. Borghetti (2004). Influence of floor type on the incidence and severity of leg weakness syndrome and of articular osteochondrosis in Italian heavy pig. *Proceedings of the International Society for Animal Hygiene, 2004*, 53
- Davies, P.R., W. E. M. Morrow, F. T. Jones, J. Deen, P. J. Fedorka-Cray and I. T. Harris (1997). Prevalence of salmonella in finishing swine raised in different production systems in North Carolina, USA. In: *Epidemiol. Infect.* (1997), 119, 237±244.
- Edwards, S., J. Robertson, D. Arey and A. Sinclair (1997). Flooring systems for pigs; a review of the scientific and technical literature. The British Pig Association, 1997.
- Enting, J., I. Vermeij, A.J.J. Bosma and A. van Buiten, 2006. Level playing field in de varkenshouderij. Implementatie, interpretatie en controle op naleving van EU-richtlijnen voor de varkenshouderij. Animal Sciences Group, Wageningen UR, Lelystad.
- European Food Safety Authority-AHAW panel, 2005. The welfare of weaners and rearing pigs: effects of different space allowances and floor types". EFSA-Q-2004-077; Accepted by the AHAW Panel on 15th – 16th March 2005.
- Greif, G. (1985). Investigations on slatted floors in pig fattening units. *Proceedings, V Internationaler Kongress fur Tierhygiene, Band 1. 1985; 379 – 384.*
- Hoofs, A. (1991). Metal triangle (slats) in pens for fattening pigs with a concrete closed floor with a slope towards the slats of spherical shape. *Proefverslag Proefstation voor de Varkenshouderij. 1991; (Pl.73):20 pp.*
- Jensen, P., E., von Borrel, D.M. Broom, D., Csermely, A.A., Dijkhuizen, S., Hylkema, S.A., Edwards, F., Madec & C. Stamataris (1997). Report of the Scientific Veterinary Committee (Animal Welfare Section). Council Directive EEC. Doc XXIV/B3/ScVC/ 0005/1997.
- Lyons, C.A.P., J.M. Bruce, V.R. Fowler, P.R. English, (1995). A comparison of productivity and welfare of growing pigs intensive systems. In: *Livestock Production Science* 43 (1995) p 265-274.
- Mouttotou, N., F.M. Hatchell, L.E Green (1999). Prevalence and risk factors associated with adventitious bursitis in live growing and finishing pigs in south-west England. In: *Preventive Veterinary Medicine* 39 (1999) 39-52.
- Nielsen, E.O., A.G. Hasssing, H. Wachmann, P. Baekbo, H.H. Petersen and J. P. Nielsen, (2002). Associations between housing system, management and lameness in slaughter pigs. In: *17th International Pig Veterinary Society Congress. Ames, Iowa, USA, 2-5 June 2002.*

Nollet, N, D. Maes, L. De Zutter, L. Duchateau, K. Houf, K. Huysmans, H. Imberechts, R. Geers, A. de Kruif, J. Van Hoof (2004). Risk factors for the herd-level bacteriologic prevalence of Salmonella in Belgian slaughter pigs. In: Preventive Veterinary Medicine 65 (2004) 63–75.

Rähse, E. and St. Hoy (2007). Untersuchungen zu Häufigkeit und Schweregrad unterschiedlicher Klauenveränderungen bei Mastschweinen unter Berücksichtigen der Haltungsbedingungen. In: Praktischer Tierarzt 88: 1, 40-47 (2007).

Rantzer, D. and J. Svendsen, (2001). Slatted versus Solid Floors in the Dung Area: Comparison of Pig Production System (Moved versus not Moved) and Effects on Hygiene and Pig Performance, Weaning to Four Weeks after Weaning. Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci. 2001: 51, 175 –183.

Seufert, H., Jungbluth, T., Greif, G. (1980). Suitability of perforated floors for pig husbandry. Landtechnik. 1980; 35(8/9): 404 – 408.

Spoolder, H.A.M. (2002) Pens for finishing pigs with 60% solid floor area. PraktijkRapport 1, Praktijkonderzoek Veehouderij, Wageningen UR, Lelystad.

Spoolder, H.A.M., Hoofs, A.I.J., Hulsegge, B., Hopster, H., (2002). Applied research to support welfare policy making: a study to investigate solid floors for pigs. In: Proceedings of the annual meeting of the International Society for Applied Ethology, Egmond aan Zee, The Netherlands, August 2002.

Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2006). Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung – TierSchNutzV). In der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006, BGBl. I S. 2043, geändert am 30. November 2006, BGBl. I S. 2759

Wolf, P.J., van der (2000). Salmonella in the pork production chain: feasibility of salmonella-free pig production. Thesis University of Utrecht, ADDIX, Wijk bij Duurstede, the Netherlands.

Bijlage A

- Categorie
 1 Volledig rooster
 2 Dichte vloer (tot 40%) met ruime doorlaat
 3 Dichte vloer (40-60%) met beperkte doorlaat

groen = positief effect vergeleken met rood
 rood = negatief effect vergeleken met groen

Referentie			1 volledig rooster	2 dichte vloer (<40%)	3 dichte vloer >40%
Auteur	gewicht	% drainage	% drainage	% drainage	% drainage
Milieu					
Aarnink, 1993 <i>Mest- en liggedrag i.r.t. hok design en ammoniak</i>	veesvarkens hokbevuiling	30-95 kg			12,5% 50 en 75% dichte vloer (opp. conform praktijk in die tijd?) 25% 25% rooster is (binnen comfortzone) voldoende om hokbevuiling te voorkomen varkens liggen liever op dichte vloer dan op rooster
Aarnink, 1997 proefschrift	gespeende biggen ammoniak veesvarkens ammoniak	10-25 kg 28-106 kg			12,5% 50% en 75% dichte vloer (rest metalen roosters); balk en spleet 10 mm 25% helling dichte betonvloer 2% bij 75% dicht, 4% bij 50% dicht, mestspleet 6 cm. 75% dichte vloer geeft 20% minder NH3 emissie dan 50% dichte vloer 6% 50% en 75% dichte vloer (rest beton roosters); balk 70 mm, spleet 18 mm 10% helling dichte betonvloer 2% bij 75% dicht, 4% bij 50% dicht, mestspleet 8 cm. 75% dicht geeft 10% minder NH3 emissie dan 50% dicht, maar niet sign Lager aandeel rooster geeft minder emissie uit de put, maar meer van rooster!
Aarnink, 1997 <i>Ammoniak emissie</i>	veesvarkens NH ₃ emissie hokbevuiling	26-112 kg			5x categorie 3: 75% dichte vloer, 25% rooster met 15-50% spleet sign spleten van 10 mm (metaal rooster) tot 18-20 mm (betonrooster) metalen rooster i.c.m. dichte vloer geeft 27% lagere NH3 emissie dan betonrooster i.c.m. dichte vloer. Ook hokbevuiling is minder. Slatted floor Solid floor Excretion pigs (%) wetted area Frequency of excretion Urinations Defecation solid floor (m2/pig) Urinations Defecation 3,8% S1 69,4 ^{abc} 85,6 ^a 0,07 ^{ab} 24,2 ^{ab} 10,7 ^{ab} 4,5% S2 72,9 ^{bc} 86,7 ^a 0,10 ^{ab} 19,4 ^b 7,9 ^{bc} 8% S3 62,8 ^a 81,7 ^a 0,11 ^a 28,9 ^a 14,4 ^a 12,5% S4 65,9 ^{ab} 85,2 ^a 0,09 ^{ab} 25,2 ^{ab} 9,9 ^{ab} 12,5% S5 76,2 ^c 95,1 ^b 0,04 ^b 19,1 ^b 3,5 ^c
Aarnink, 2001	veesvarkens hokbevuiling	25-105 kg			20% 60% dichte beton, 40% metalen driekantrooster boven bepaalde temperatuur neemt excretie op dichte vloer toe in de zomer is het moeilijk hokvervuiling op dichte vloer te voorkomen
Aarnink, 2006	excretie i.r.t. temp	25-105 kg			20% 60% dichte betonvloer, helling 2,4%. 40% metalen driekant rooster met 12 mm spleet en 12 mm balk Bij hogere temperatuur neemt mestexcretie op dichte vloer toe Boven 23,5 C neemt dit toe van bijna 0% tot 80% bij 29 C
Brok en Voermans, 1995	veesvarkens bevuiling geen sign verschil	23-112 kg	40% 0,70 m2/viv, 22% en 38% dicht, rest 33% stalen driekantrooster, mestspleet 10 cm max. 0,3 m2 dichte vloer per viv (40%) en een mestspleet: geen problemen met hokbevuiling. Voorwaarde is wel goed mestdoortlatende roosters, evt i.c.m. mestspleet van max 10 cm. Gaten tot max 5% van opp leveren geen betere hokhygiene op		25% 0,70 m2/viv, 53% dicht, rest stalen driekantrooster, mestspleet 10 cm
Greif, 1985	bevuiling		15 mm spleet geeft slechte doorlaatbaarheid	15 mm spleet geeft slachtere doorlaatbaarheid bij deels roostervloer	
Hoofs, 1991	veesvarkens bevuiling	23-103 kg			19% 43% dicht betonvloer, rest metalen driekantrooster; balk 20 mm, spleet 10 mm 8,5% 43% dichte betonvloer, rest betonrooster; balk 100 mm, spleet 20 mm metalen driekantrooster geeft minder hokbevuiling met mest en urine Op een schaal van 1-10 scoort metaal rooster ruim 1 punt beter: betonrooster ca. 6,5 tegen metaalrooster 7,5. Geen effect op tech resultaten De reiniging in hokken met metaal rooster kost 19% minder tijd
Rantzer, 2001	zuigende biggen hok bevuilingscore ligruimte Activiteitsruimte Mestruimte Voerbakruimte Bacteriën	1-8 kg	kraamhok: 2,5 m2 plastic rooster met urine drain, 4,5 m2 betonvloer schoner dan bij dichte vloer en minder bacterien 0,17 0,15 1,00 0,58 7,46		dichte vloer met smalle strook plastic rooster (20 cm) 0,27 n.s. 0,40 1,41 1,08 8,58

Referentie		1 volledig rooster	2 dichte vloer (<40%)	3 dichte vloer >40%
Auteur	gewicht	% drainage	% drainage	% drainage
Rantzer, 2001	gespeende biggen hok bevuilingscore		40% plastic rooster, beetje stro verstrekt schoner dan bij dichte vloer en minder bacteriën verplaatst niet-verplaatst 0,06 0,02 n.s. 0,05 0,27 p<0,001 0,97 1,39 p<0,002	6% plastic rooster, beetje stro verstrekt verplaatst niet-verplaatst 0,12 0,06 0,50 0,58 1,98 1,83
Seufert, 1980	veesvarkens hok hygiëne drainage % verstopte spleet	20->110 kg	8% balk 150 mm spleet: 10% 15 mm 18 mm 20 mm 22 mm 25 mm 30 mm 11% 8,25% 10% 11% 12,2% 13,9% 16,7% 12% 25,4 16,8 10,2 7,2 1,0 0% 14% spleet 25 mm balk: 17% 65 mm 85 mm 100 mm 120 mm 150 mm 38% 38% 26% 22% 18% 14% 26% 5,9 3,0 1,9 5,7 1,0	
	drainage % verstopte spleet			
		22% vermindering van spleetbreedte onder 25 mm leidt tot toenemende verstopping. 18%		
Siebert, 2003	ammoniak	geen verschil in emissie tussen roostervloer en gewelde ligruimte voor varkens		
Spoolder, 2002 (praktijkrapport)	veesvarkens hokbevuiling ammoniak	25-115 kg		vgl 3 systemen 60% dichte vloer met referentie 40% dv, alle met 1,0 m2 per vlv door metalen driekantrooster en mest spleet wel hoog % drainage! hokbevuiling: % dv NH ₃ (kg) schoonmaaktijd 18% A 3,9% ^a 1,7 279 ^a 17% B 2,3% ^b 1,5 181 ^b 21% C 9,4% ^c 2,0 179 ^b 24% referentie 0,8% ^d 1,5 181 ^b vloerkoeling in C had geen effect op bevuiling dv. Conclusie: 60% dichte vloer leidt tot meer hokbevuiling dan 40% dv. (gemeten bij optimale omstandigheden! Bij verbouwsituaties waarschijnlijk grotere problemen). Tegenover nadelen is het welzijnsvoordeel van vergroot dicht oppervlak waarschijnlijk relatief klein. Bij hok C hoge score door 1 extreem vuil hok! Als enige hok voerbak op dichte vloer en 24 l.p.v. 12 dieren/hok
Svennerstedt, 1999	veesvarkens totaal drainage urine drainage resp	38% plastic rooster (laboratorium) positie van drainage kanaal en % opening opp van 'cover' 43% midden, 0,9% midden, 1,8% zijkant, 0,9% zijkant, 1,8% opening 38% 37,60% 43,4% 37,8% 46,4% 46% 63,40% 75,2% 58,0% 67,0%		
Vermeer et al., 1995	gespeende biggen bevuiling		30% 0,36 m2/big, 33-40% dicht, rest metalen driekantrooster; mestspleet 5 cm gering	
EFSA, 2005	gespeende biggen aanbevolen spleetbreedtes			
Jensen & Nielsen, 2004	betonrooster		1/3 dichte betonvloer: 15% 15-16 mm bij balkbreedte 40-60 mm	
Holmgren, 2001	plastic rooster metaal rooster betonrooster		12-15 mm; hygiënescore 0,8 33% 10-11 mm; hygiënescore 1,1 10-20 mm; hygiënescore 1,6	
Jensen & Hansen, 2003	betonrooster			6,5% bij 2/3 dichte betonvloer: 20-23 mm bij balkbreedte 70-80 mm
Jensen, 2003	metaal rooster			17% bij 2/3 dichte vloer (1/3 metaal rooster) is spleet van 10-15 mm icm balk 10-15 mm aanbevolen)
Udesen, 1989	veesvarkens betonrooster		vgl 16-18-20 mm spleet. 16 mm wordt algemeen i.v.m. verstopping spleet beste resultaat qua mestverwijdering bij 20 mm bij 18 mm traden problemen op met mestverwijdering bij alternatieve voedermiddelen (tard?, erwten)	
Bookma, 1990	betonrooster		20 mm spleet is voldoende om vloer schoon te houden beton vereist door ruwer oppervlak een grotere spleetbreedte	

Referentie	1 volledig rooster		2 dichte vloer (<40%)		3 dichte vloer >40%	
Auteur	gewicht	% drainage	% drainage		% drainage	
Broggaard Pedersen, 2000	betonrooster		betonrooster: bij gebruik van stro wordt 23 mm spleet aanbevolen			
Pedersen, Skovgaard, 19	betonrooster	19% vgl 18, 20, 20 en 20 mm spleet met 20% 67, 70, 75 en 91 mm balk: 19% geen verschil in hygiëne en hokbevuiling 16%				
Boykel, 2001	metaalrooster		vergelijking metalen driekant (15 mm spleet/balk), gietijzer (10 mm spleet/balk) (10 en 20 mm spleet, 12 mm balk) betonrooster (22 mm spleet, 63 mm balk) beton had hier beste doorlaatbaarheid voor mest!			
Jensen, 1997	hokbevuiling klauw problemen	om hokbevuiling tegen te gaan, moeten er voldoende openingen zijn			het risico van klauw verwondingen is kleiner op dichte vloer dan op vloeren met spleten of gaten	
Diergezondheid, welzijn						
Candotti, 2004	zware vleesvarkens gezond klinisch symptomen kreupelheid gewrichten voorbenen	90-170? kg 18,0% volledig betonrooster, balk 80 mm, spleet 20 mm 71% n.s. 29% ^a OC laesie klinisch 10%, subklinisch 40% n.s. OC = Articular Osteochondrosis			dichte betonvloer met 1 m rooster (spleet 20 mm) 85% n.s. 15% ^a significant verschillend (p<0.02) OC laesie klinisch 6%, subklinisch 27% geen sign verschillen!	
Danish Pig Board, 2002	vleesvarkens kreupel: 1,8%	100 kg prevalentie 23% meer dan op deels rooster	prevalentie 6% meer dan op dichte vloer			
Greif, 1985	klauwproblemen gedrag	betonrooster, spleetbreedtes 16-25 mm 21% bij spleet van 17-18 mm, 63% bij 25 mm 13% voorkomen klauwproblemen neemt toe bij afnemend aandeel roostervloer varkens prefereren balkbreedte 15 cm t.o.v. 9 cm en 12% spleetbreedte van 17 mm t.o.v. 20 en 23 mm 13% aanbevolen: spleet 17-18 mm, balk 10-12 cm	klauwconditie het best bij volledig rooster vergeleken met dichte vloer of dichte vloer bij spleet van 18 en 20 mm heeft aandeel liggervlak geen invloed op klauwtoestand		0% 35% bij dichte vloer met dichte rooster of dichte vloer	
Guy, 2002	vleesvarkens bursitis verwonding maag sterfte	30-80 kg 18% volledig betonrooster, spleet 25 mm (0,55 m2 per dier) 21% begin - eind score 3,5 - 4,4 begin - eind score 18,9 - 9,2 laesie index 3,5 5,20%				
Hoofs, 1991	vleesvarkens bevuiling	23-103 kg			19% 43% dicht betonvloer, rest metalen driekantrooster; balk 20 mm, spleet 10 mm 8,5% 43% dichte betonvloer, rest betonrooster; balk 100 mm, spleet 20 mm Beter hygiëne van metaalrooster heeft t.a.v. gezondheidsproblemen alleen enige positieve invloed op voorkomen en ernst van diarree Geen verschil t.a.v. beenwerkproblemen.	
Rantzer, 2001	gespeende biggen Bacteriën % dieren niet ziek % dieren 1x ziek w.v. diarree gewrichtsontsteking groei (g/dag)	verplaatst niet-verplaatst 8,81 ^b 8,44 ^a 94,7% 92,9% 5,0% 6,8% 4,4% 5,6% 0,4% 0,6% n.s.			verplaatst niet-verplaatst 9,69 ^e 9,75 ^d vloertype significant 91,1% 81,4% vloertype significant 8,2% 18,2% vloertype significant 7,5% 16,2% 0,2% 0,9%	
Lyons, 1995	vleesvarkens bursitis	27-90 kg 15% betonrooster, 100 mm balk, 20 mm spleet score 1,52 ^a , prev 92,8% ^a			0% betonvloer met helling van 6,25%, mest komt buiten hok terecht score 1,06 ^f , prev 80,7% ^b	
Mouttoutou, 1999	vleesvarkens bursitis; prevalentie mate van	30-90 kg 15% betonrooster, 100 mm balk, 20 mm spleet 92,8% 1,52% 74,5%			beton 80,7% 1,06%	
Mouttoutou, Hatchell 1999	bursitis		gedeeltelijk beton en betonrooster 75,0% gedeeltelijk beton en metaal: 90,9%		totaal dichte betonvloer: 40,9% (83% heeft strooisel!)	
Newton, 1980	vleesvarkens hoeflengte voetzool lengte voetzool breedte grote laesie klauw en been	23-98 kg 18% 4 typen rooster: spleet 25,4 mm metaal plastic beton aluminium 15% 3,48 ^b 3,97 ^c 3,15 ^d 3,73 ^e 18% 4,10 ^b 4,81 ^c 3,60 ^d 4,51 ^e 2,54 ^b 2,53 ^b 2,43 ^c 2,52 ^b 1,09 1,66 1,36 1,09				
Rähse en Hoy, 2007	vleesvarkens klauwveranderingen slacht		Aandeel rooster en balkbreedte heeft geen invloed op klauwgezondheid! Bij spleetbreedtes >20 mm leidt tens op meer klauwveranderingen		Stallicboden geeft meeste klauwveranderingen (tot 28,5%)	

Referentie	1 volledig rooster		2 dichte vloer (<40%)		3 dichte vloer >40%	
Auteur	gewicht	% drainage	% drainage	% drainage	% drainage	% drainage
Edwards, 1997 Review						
MAFF, 1981	verwondingen		frequentie bij roostervloer bijna 2x zoveel als bij dichte vloer			
Fritschen, 1976			volledig rooster geeft hoger risico dan deels rooster op v			
Grief and Hilliger, 1985	verwondingen		erwondingen van buitenkant klauw, maar niet op binnenkant klauw			
Smith, 1992	bursitis		Spleetbreedte van 17 mm en 25 mm gaven resp. 21% en 65% klauwbeschadigingen			
	incidentie score		start 57%, eind 100%			start 67%, eind 93%
			start 0,54, eind 1,75			start 0,83, eind 1,43
Salmonella						
Beloil, 2004	zeugen en vleesvarkens		Als maatregel tegen Salmonella wordt frequente mestverwijdering genoemd.			
Nollet, 2004	vleesvarkens prevalentie	slacht	100% rooster 54% (95% btb int: 36 - 70%) ^a	1-50% dichte vloer 91% (95% btb int: 6 - 99%) ^b		>50% dichte vloer 100% (95% btb int: 88-100%) ^c
Wolf, van der, 2000	vleesvarkens	opleg-slacht	vloertype was geen factor die van invloed was op de prevalentie van salmonella			
Zheng, 2006	vleesvarkens	slacht	Als het gaat om transmissie van S. in het koppel, wordt roostervloer in 'correspondence analysis' als variabele genoemd die bijdraagt aan de variabiliteit voor dimensie 1: koppels binnen (0,18), hoge bezettingsgraad (0,17) en roostervloer (0,12)			
Cook en Miller, 2005 Meyer, 2005				deels roostervloer verhoogd risico i.v.g.l.m volledig rooster		dichte vloer vergroot het risico op Salmonella infectie
Davies, 1997	vleesvarkens prevalentie	opleg-slacht	studie op 28 bedrijven in USA, verdeeld in volledig rooster en dichte vloer met drainage openingen 16,5%	36,7%		
Geur						
Mol en Ogink, 2002	Stalsystemen ontworpen voor de terugdringing van ammoniak, vertonen geen eenduidig beeld t.a.v. de reductie van de geuremissie. Naast het stalsysteem spelen andere factoren een belangrijke rol. Klimaat- en gewichtsgereleerde factoren die zij gekoppeld aan de stalventilatie, oefenen een duidelijk significant effect op de geuremissie. Ook tal van andere factoren, zoals bijv. voertype, bedrijfshygiëne, de specifieke luchtstromingspatronen in de stal, en de dieractiviteit hebben een grote invloed op de geuremissie.					
Gemiddelde drainage		20,4%		30,2%		13,7%

Drainage% betonroosters is berekend door spleetbreedte:balkbreedte * 0,9