

Onderzoek Arboconvenant Agrarische Sector

Ergonomische verbetering van reinigen van stallen en afdelingen

Ergonomic improvement of stable cleaning

Peter F.M.M. Roelofs
Huub H.E. Oude Vrielink
Anton A.J. Looije

Rapport 388



Colophon



Dit onderzoek is gefinancierd vanuit het LNV onderzoeksprogramma 414,
Maatschappelijk Geaccepteerde Veehouderijsystemen.

Titel	Onderzoek Ergonomische verbetering van reinigen van stallen en afdelingen
Auteurs	P.F.M.M. Roelofs, H.H.E. Oude Vrielink en A.A.J. Looije
A&F nummer	Report nr. 388
ISBN-nummer	90-6754-899-5
Publicatiedatum	April 2005
Vertrouwelijk	Nee
Projectnummer	630.51100.03

Agrotechnology and Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© 2005 Agrotechnology & Food Innovations B.V

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeleevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.
De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

*All right reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher.
The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.*

Abstract

Health risks during high pressure cleaning with a traditional cleaner are caused by muscle activity and exposure to vibrations. Exposure to vibrations during cleaning declines when a straight spraying lance is used instead of a bowed spraying lance. An accumulator and a better-balanced rotating nozzle further reduce vibrations. A broad-spraying nozzle hardly vibrates, but its cleaning capacity is insufficient for very dirty areas. Muscle activity can be reduced by using a fingertip handle and a straight spraying lance. The best high pressure cleaning equipment in this study had an accumulator, fingertip handle, straight spraying lance and a better-balanced rotating nozzle. For well soaked farrowing rooms or nursery rooms a broad nozzle can be used.

For farms with 300 sows and 2160 finishers annual costs for robot cleaning were € 1170 higher than for manual cleaning. A cleaning robot might be profitable for farms with more than 6750 finishing pigs. However: many assumptions had to be made, since several variables were unknown. Other benefits of robot cleaning are: less unpleasant work and health risks, easier labour organization and better image on the labour-market.

Cleanability is affected by layout of the buildings and pens, food composition, feeding regime and material choice. Concrete floors and walls must be smooth. Coatings can make them smoother and keep them smoother, as they protect them against chemical and physical influences. It is easier to clean stainless steel than to clean galvanized metal. Surfaces must be flat and accessible for the water jet. Walls must be solid, without bars or pipes, and round pipes are more difficult to clean than diamond-shaped pipes. Seams or crack must be avoided or repaired. The cleanability of many components in the pens or in the stable would improve if swing-back constructions were applied.

Keywords: Human health, high pressure cleaning, animal confinement buildings, physical load, EMG, vibrations, robot cleaning

Inhoudsopgave

Abstract	3
1 Inleiding	7
2 Fysieke belasting tijdens reinigen	11
3 Materiaal en methoden	15
3.1 Beoordeling van aanpassingen aan de hogedrukspuit	15
3.1.1 Proefpersonen	16
3.1.2 Metingen	16
3.1.2.1 EMG-metingen	16
3.1.2.2 Trillingsmetingen	18
3.1.2.3 Proefbehandelingen en uitvoering van het experiment	19
3.1.2.4 Subjectieve beoordeling van de spuitopstellingen	20
3.1.2.5 Reinigend vermogen van de spuitopstellingen	20
3.1.3 Dataverwerking	21
3.1.3.1 EMG-signalen	21
3.1.3.2 Trillingssignalen	22
3.1.3.3 Subjectieve beoordeling	23
3.1.3.4 Reinigend vermogen	23
3.2 Haalbaarheid van automatische reinigingssystemen	23
4 Resultaten	27
4.1 Beoordeling van aanpassingen aan de hogedrukspuit	27
4.1.1 Spieractiviteit	27
4.1.2 Trillingsblootstelling	30
4.1.3 Subjectieve beoordeling	33
4.1.4 Reinigend vermogen	34
4.2 Automatische reinigingssystemen	35
4.2.1 Beschikbare systemen	35
4.2.2 Economisch perspectief	36
4.2.3 Perspectief arbeidsomstandigheden en overige zaken	38
4.2.4 Perspectief van een schoonmaakrobot	38
4.3 Gemakkelijker reinigen	38
4.3.1 Verminderen van hokbevuiling	38
4.3.2 Verbeteren van het reinigingsproces	40
4.3.3 Verbeteren van reinigbaarheid	42
4.4 Alternatieve reinigingsmethoden	45
5 Discussie	49
5.1 Beoordeling van aanpassingen aan de hogedrukspuit	49
5.2 Automatische reinigingssystemen	54
5.3 Verbeteren van reinigbaarheid	55
6 Conclusies	59

6.1	Beoordeling van aanpassingen aan de hogedrukspuit	59
6.2	Automatische reinigingssystemen	59
6.3	Gemakkelijker reinigen	60
	Referenties	61
	Samenvatting	65
	Summary	69
	Bijlagen	71

1 Inleiding

Vooraf in de varkens- en pluimveehouderij en bij het houden van vleeskalveren vormen de toepassing van het “all in-all out” principe en het reinigen van de stallen of afdelingen na elke ronde belangrijke onderdelen van de preventieve gezondheidszorg voor de dieren. Preventieve gezondheidszorg is gebaseerd op twee aspecten, ten eerste het voorkomen dat ziektekiemen het bedrijf binnen komen en ten tweede het voorkomen dat binnengekomen ziektekiemen zich kunnen verspreiden. Om te voorkomen dat ziektekiemen binnen komen zijn vooral maatregelen rond de aankoop van dieren (gezondheidscertificaten en quarantaine), de toegankelijkheid van het bedrijf voor huisdieren en ongedierte en maatregelen rond bezoekers (minimale toegang en strikte naleving van hygiëneprotocollen rond hygiënesluis) van belang (Peters en Schoorlemmer, 1994; Roelofs, 1996). Het tweede aspect, beperking van de infectiedruk door al op het bedrijf aanwezige ziektekiemen, is voor een belangrijk deel gebaseerd op het doorbreken van infectieketens. Scheiding van dieren met verschillende leeftijden, toepassing van all in-all out en het na elke ronde reinigen en eventueel desinfecteren zijn daarbij belangrijke maatregelen. Ook in de melkveehouderij wordt regelmatig gereinigd. Hier betreft het vooral het schoon houden van het melklokaal om hygiënisch te kunnen melken en, in mindere mate, het verlagen van de ziektedruk bij de jonge kalveren.

Fysieke belasting tijdens het reinigen

Het reinigen gebeurt in de praktijk met een hogedrukspuit en is fysiek zwaar werk. Een inventarisatie door Hartman *et al.* (1999) leerde dat varkenshouders deze bewerking zien als de belangrijkste arbeidsgebonden oorzaak van klachten aan de lage rug en aan de nek/schouderregio. Dergelijke klachten komen in de varkenshouderij veel voor: in 1999 gaf 45,8% van de ondernemers aan in de voorgaande 12 maanden last gehad te hebben van klachten aan de lage rug, en 29,9% aan de nek/schouderregio (Hartman *et al.*, 1999). In datzelfde onderzoek gaf 90% van de respondenten aan te werken met een hogedrukspuit en beoordeelden ze dit werk met een score van 3,7 (op een Borgschaal van 0-10) als tamelijk belastend voor de rug. Derhalve is ook in de Nulmeting ten behoeve van het Arboconvenant Agrarische sectoren (Roelofs *et al.*, 2003) het reinigen van stallen meegenomen. Hier bleek dat binnen de veehouderij als geheel ongeveer 6% van de totale arbeidsbehoefte aan het reinigen van varkens- en pluimveestallen wordt besteed. De respondenten beoordeelden de belasting van de lage rug met een Borgscore van 4,0 nog iets hoger dan in het onderzoek van Hartman *et al.* (1999). Ook de Borgscores voor de belasting van de nek/schouders, de armen/handen en de benen/voeten waren met respectievelijk 4,3, 4,4 en 3,5 erg hoog: de respondenten vonden alleen het bekappen van de klauwen bij melkkoeien nog zwaarder.

Volgens Sluiter *et al.* (2000) zijn overmatig krachtgebruik, statische krachtlevering en trillingen belangrijke oorzaken voor het ontstaan van hand- en armklachten. Met name de twee laatstgenoemde factoren komen bij het reinigen veelvuldig voor. Het compenseren van de terugslagkracht van de spuitlans (zie hoofdstuk 2) en het ingeknepen houden van de handgreep veroorzaken een veelal statische belasting van een aantal armspieren. Trillingen worden

veroorzaakt door de pomp van de hogedrukspuit en door de veel gebruikte roterende nozzle (zie hoofdstuk 2).

Oplossingsrichtingen

De fysieke belasting tijdens het reinigen kan worden verminderd via een drietal sporen:

- (a) ergonomische verbetering van hogedrukspuiten
- (b) automatisering van het reinigen
- (c) verbetering van de reinigbaarheid van de stalinrichting

Genoemde oplossingsrichtingen zijn echter in de praktijk nog niet opgepakt (a en c) of nog dermate nieuw dat er geen praktijkervaringen mee zijn (b).

- a) Over de spierkracht die tijdens het werken met een hogedrukspuit moet worden aangewend was voorafgaand aan dit onderzoek weinig kwantitatieve informatie bekend. Hierbij zijn zowel de totale kracht die nodig is om de ‘terugslagkracht’ te compenseren, als de richting daarvan relevant. De totale kracht hangt af van de spuitdruk en het debiet, terwijl de richting wordt beïnvloed door de vorm van de spuitlans. Daarnaast is er spierkracht nodig om de handgreep van het spuitpistool ingeknepen te houden. Uit veiligheidsoverwegingen moet het spuiten onmiddellijk stoppen nadat de hendel wordt losgelaten, maar hierdoor is er wel een voortdurende knijpkracht nodig.

Tenslotte zijn de trillingen van belang, zowel de trillingen van de lans tijdens het spuiten als de ‘terugslag’ bij het openen of sluiten van de waterstraal. Ook over de intensiteit van deze trillingen was voorafgaand aan dit onderzoek niets bekend.

- b) Enkele bedrijven werken aan automatisering van het reinigen van stallen en afdelingen. De eerste zogenaamde spuitrobots kwamen op de markt toen dit onderzoek werd uitgevoerd. Er was echter nog niets bekend over de praktische bruikbaarheid in stallen.
- c) Het is belangrijk dat ruimten die regelmatig moeten worden gereinigd zodanig worden ontworpen en uitgevoerd dat ze relatief gemakkelijk gereinigd kunnen worden. In stallen voor varkens of pluimvee wordt hier in toenemende mate aandacht aan besteed, maar is het nog steeds een punt dat verbeterd kan worden. Er zijn nauwelijks richtlijnen waar varkenshouders en stalinrichters rekening mee kunnen houden. Vooral in sectoren buiten de landbouw, zoals de levensmiddelenindustrie en de horeca, was wel onderzoek gedaan naar de invloed van materiaalkeuze en constructie op reinigbaarheid.

Doelstelling van het onderzoek

Het doel van het project was drieledig:

1. Achterhalen of de fysieke belasting tijdens reinigen met een hogedrukspuit (in belangrijke mate) wordt veroorzaakt door de terugslagkracht van de spuitlans en door trillingen, en hoe deze fysieke belasting op een economisch haalbare manier kan worden verminderd.
2. Voor de grotere bedrijven nagaan of automatisering van het reinigen binnen een termijn van ongeveer vijf jaar kan bijdragen aan vermindering van de fysieke belasting van werkenden, ten opzichte van reinigen met een hogedrukspuit. De resultaten van dit onderzoek zijn ook relevant voor gespecialiseerde bedrijven die stallen reinigen.
3. Concrete aanbevelingen formuleren ter verbetering van de reinigbaarheid van stallen. Dit is voor beide groepen bedrijven relevant. Bij reinigen met een hogedrukspuit beïnvloedt de

reinigbaarheid de werktijd en daarmee de blootstellingsduur van de werkenden.
Automatisch reinigen stelt waarschijnlijk eisen aan de staluitvoering en het is aannemelijk dat de kwaliteit van het reinigen beter zal zijn als aandacht is besteed aan de reinigbaarheid van de stal.

2 Fysieke belasting tijdens reinigen

De keuze van een reinigingsmethode komt in principe neer op het maken van een combinatie van vier variabelen, namelijk tijd, temperatuur, terugslagkracht en chemicaliën (Heeres *et al.*, 1985). Bij reinigen met een hogedrukspuit wordt vooral gebruik gemaakt van de kinetische energie van het water (terugslagkracht) en eventueel van chemicaliën. Tijd is te kostbaar, en ook van een hoge temperatuur wordt zelden gebruik gemaakt. Redenen hiervoor zijn dat het water snel afkoelt waardoor het onzeker is of de hogere temperatuur effectief wordt benut, de vrees voor mist in de stal waardoor het zicht nog verder afneemt dan bij reinigen met koud water en de extra kosten voor apparatuur en energie. De inzet van chemicaliën (inwekkmiddelen) verschilt sterk tussen ondernemers. Roelofs en Plagge (1999) concluderen dat het sterk bedrijfsafhankelijk is of het rendabel is om inwekkmiddelen te gebruiken, met name de kosten van mestafzet hebben veel invloed op de rendabiliteit. Ook andere motieven, zoals het om principiële redenen niet willen gebruiken van chemicaliën kunnen een rol spelen.

De genoemde kinetische energie van het water komt van de pomp van de hogedrukspuit. Zodra het water op het vuile oppervlak botst wordt de kinetische energie overgedragen op de vuildeeltjes, die daardoor van het oppervlak worden losgeslagen. De hoeveelheid kinetische energie (reinigingsprestatie) is afhankelijk van de hoeveelheid water die wordt verspoten (debiet) en van de druk die aan het water wordt meegegeven.

De kinetische energie van het water kan worden geconcentreerd op een klein oppervlak, bijvoorbeeld met een puntstraalnozzle. Bij gebruik van een breedstraalnozzle wordt de energie verdeeld over een groter oppervlak, met als voordeel dat in één beweging met de spuitlans een groter oppervlak wordt gereinigd. Het nadeel is dat vast zittende vuildeeltjes minder goed worden losgemaakt. Een roterende nozzle ("vuilfrees") combineert de voordelen van beide typen nozzles. Deze draagt – net als een puntstraalnozzle – de kinetische energie over op een klein oppervlak. Echter, doordat deze nozzle zeer snel ronddraait of heen en weer beweegt maakt hij in één beweging van de spuitlans een vergelijkbaar oppervlak schoon als de breedstraalnozzle.

In de praktijk worden stallen en afdelingen veelal gereinigd met drukken van 120 tot 200 atmosfeer en een debiet van 12 tot 16 liter per minuut (Roelofs *et al.*, 2003). Op zich is het mogelijk om met minder druk dezelfde reinigingsprestatie te realiseren, als de lagere druk wordt gecompenseerd door een hoger debiet. Volgens Heeres *et al.* (1985) is dat verband lineair, volgens de formule¹:

$$R = \frac{D \times P}{600}$$

waarbij: R = reinigingsprestatie (kW)
D = waterdebiet (liter per minuut)
P = druk aan de spuitmond

¹ Omdat het motorrendement ongeveer 80% bedraagt is het totale energieverbruik hoger (Masselink, persoonlijke mededeling. De heer Masselink is vertegenwoordiger bij Waterkracht b.v.).

De fysieke belasting bij het reinigen met een hogedrukspuit wordt veroorzaakt door de terugslagkracht (in Newton) van het water dat de nozzle verlaat, en door trillingen. Tijdens het reinigen wordt de spuitlans naar achteren geduwd, wat gecompenseerd moet worden met spierkracht. De fysieke belasting, het lawaai tijdens het reinigen, een natte en vaak koude omgeving, en een atmosfeer die gevuld is met een nevel van water- en vuildeeltjes maken dat dit werk als zeer onaangenaam wordt ervaren (Roelofs *et al.*, 1993; Larsson, 2000).

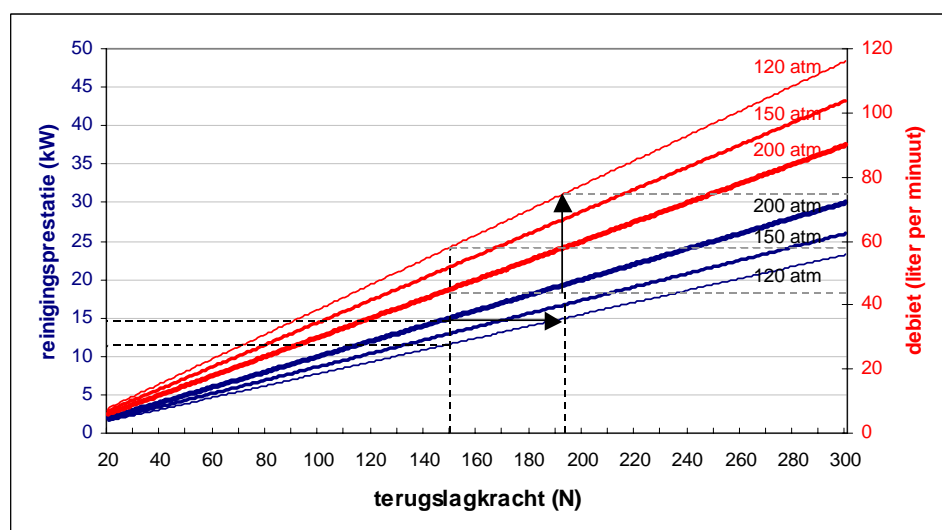
De grootte van de terugslagkracht wordt eveneens bepaald door de druk en het debiet van het water. Heeres *et al.* (1985) geven deze relatie weer met de formule:

$$F = D \times 1000 \times \sqrt{200 \times P}$$

waarbij: F = terugslagkracht (N)
D = waterdebiet (m³/sec)
P = waterdruk (bar; 1 bar ≈ 1 atm)

Op basis van deze formules zijn in figuur 1 de relaties weergegeven tussen reinigingsprestatie, waterdruk, benodigd debiet en de terugslagkracht.

Als voorbeeld is met stippellijnen aangegeven dat bij een reinigingsprestatie van 12 kW en een druk van 120 atmosfeer de terugslagkracht 150 N bedraagt (dunne blauwe lijn). Het benodigde debiet (dunne rode lijn) is 58 liter/ minuut. Om met dezelfde terugslagkracht een hogere reinigingsprestatie te realiseren moet de druk worden opgevoerd. Bij 200 atmosfeer is de reinigingsprestatie 15 kW (dikke blauwe lijn), bij een lager debiet van 45 liter/ minuut (dikke rode lijn). Dezelfde reinigingsprestatie had ook gerealiseerd kunnen worden door het debiet te verhogen naar 75 liter/ minuut (pijlen in figuur 1), maar dan zou de terugslagkracht – en dus de fysieke belasting – toenemen tot 194 N.



Figuur 1: Relatie tussen reinigingsprestatie en terugslagkracht (blauwe lijnen) en het daarbij benodigde debiet (rode lijnen) bij een druk van 120 atmosfeer (dunne lijnen), 150 atmosfeer of 200 atmosfeer (dikke lijnen)

De Stichting Industriële Reiniging (S.I.R.) schrijft voor dat de terugslagkracht voor handbediende hogedrukpistolen niet meer hoger mag zijn dan 250 N, en in gesloten ruimtes maximaal 150 N. Uit figuur 1 blijkt dat bij een maximaal toegestane terugslagkracht de reinigingsprestatie alleen nog kan worden verhoogd door de waterdruk te verhogen en het debiet te verlagen.

Tevens kan aan de hand van figuur 1 worden gesteld dat deze norm binnen de landbouw zelden wordt overschreden. Om bij een waterdrukken tussen de gebruikelijke 120 en de 200 bar een terugslagkracht van 150 N te realiseren is een debiet van 58 respectievelijk 45 liter/minuut nodig. Bij het reinigen van stallen wordt zelden gewerkt met een debiet van meer dan 24 l/minuut, resulterend in een terugslagkracht van maximaal 85 N (namelijk bij 120 atmosfeer). Het is niet te verwachten dat de terugslagkracht veel hoger zal worden², omdat verhoging van de waterdruk zal leiden tot meer beschadiging van de stalinrichting en verhoging van het debiet in vrijwel alle gevallen leidt tot hogere reinigingskosten (Roelofs *et al.*, 1993).

Overigens heeft het uitwisselen van waterdruk en debiet ook andere gevolgen. In het algemeen is bij grove bevuiling (grote hoeveelheden) de werkdruk minder belangrijk dan het debiet, omdat het losgemaakte vuil moet worden afgevoerd. Bij harde bevuiling (kleine hoeveelheden) daarentegen er minder behoefte aan een groot debiet, maar is de waterdruk belangrijk (Heeres *et al.*, 1985). Gezien de aard van de bevuiling in de landbouwsector stellen Heeres *et al.* (1985) dat het debiet (in liters per minuut) minimaal 10% moet bedragen van de werkdruk (in atmosfeer).

² Uit het bovenstaande kan echter niet worden geconcludeerd dat het reinigen geen knelpunt is ten aanzien van de fysieke belasting van werkenden in de veehouderij, omdat de eerder genoemde klachten en de link naar het reinigingswerk hierdoor niet worden weerlegd.

3 Materiaal en methoden

Voor een deel bestond het onderzoek uit het meten van effecten van een aantal mogelijke oplossingen op de benodigde spierkracht en op de blootstelling van de werkenden aan trillingen. In paragraaf 3.1 is beschreven op welke manier is bepaald welke opstellingen dienden te worden getest, en in de onderliggende subparagrafen is de opzet van dat onderzoek beschreven. In paragraaf 3.2 zijn de spuitrobot en de uitgangspunten beschreven waarop de berekeningen van de economische haalbaarheid van automatisch reinigen zijn gebaseerd. De perspectieven van verbetering van de reinigbaarheid zijn bestudeerd op basis van literatuuronderzoek en actuele ontwikkelingen in de praktijk.

3.1 Beoordeling van aanpassingen aan de hogedrukspuit

Een inventarisatie onder experts, waaronder de heer Kreeftenberg³ leerde dat verbetering van door veehouders gebruikte hogedrukspuiten technisch mogelijk is, maar kostprijsverhogend werkt. Omdat de kostprijs een belangrijk criterium is bij de aankoop van reinigingsapparatuur in de agrarische sector, en omdat er geen harde cijfers beschikbaar zijn over de invloed van aanpassingen op de fysieke belasting, wordt zelden gekozen voor fysiek minder belastende apparatuur. Verbetering is met name mogelijk op het gebied van trillingen, van de armkracht die nodig is om de terugslagkracht van de spuitlans te compenseren en van de knijpkracht die nodig is voor het ingedrukt houden van de hendel op de spuitlans. In dit onderzoek is aangenomen dat een prijsverhoging van € 250,- voor een hogedrukreiniger die betere arbeidsomstandigheden bewerkstelligt voor veehouders acceptabel is.

Trillingen worden veroorzaakt door de pomp en door de veel gebruikte roterende nozzle ('vuilfrees'). Hoogtoerige (3000 tpm) axiale plunjerpompen veroorzaken fijnere en schadelijkere trillingen dan laagtoerige (1500 tpm) krukasaangedreven plunjerpompen (Kreeftenberg, persoonlijke mededeling). Het prijsverschil (ongeveer 15%) tussen hoogtoerige en laagtoerige pompen is echter zodanig dat het onwaarschijnlijk is dat veehouders hogedrukreinigers met laagtoerige een pomp zullen aanschaffen.

Wellicht kunnen trillingen voor een deel worden weggenomen met behulp van een accumulator (op de machine of op de centrale leiding) en met een beter uitgebalanceerde vuilfrees (roterende nozzle). Deze maatregelen zijn daarom in het onderzoek beoordeeld.

Verder was de verwachting dat een rechte spuitlans minder spierkracht zou vergen dan de veel gebruikte gebogen spuitlans. Daarom is ook dit aspect in het onderzoek meegenomen. De benodigde knijpkracht wordt in de praktijk wel verminderd door de hendel met tape vast te zetten. Dit is echter riskant in geval van calamiteiten, en mede daarom niet toegestaan. Er zijn echter ook handgrepen beschikbaar waarbij door een weerstand moet worden geknepen, waarna de benodigde knijpkracht aanzienlijk minder is dan bij gangbare handgrepen. Ook deze handgreep ('fingertiphandgreep') is in het onderzoek beoordeeld.

³ De heer Kreeftenberg is adjunct directeur bij Waterkracht b.v., een bedrijf dat apparatuur ontwerpt, maakt en levert voor het reinigen met water.

De effecten van deze aanpassingen op de benodigde spierkracht en op de blootstelling aan trillingen zijn getest in een semi-praktijkopstelling in een overdekte hal (zie paragraaf 3.1.2.3).

3.1.1 Proefpersonen

In totaal zeven proefpersonen (allen mannelijk) hebben meegedaan aan het onderzoek dat in december 2003 en januari 2004 is uitgevoerd. Ze waren van tevoren mondeling en schriftelijk ingelicht over de doelstelling en inhoud van het onderzoek. Alle proefpersonen hebben voor deelname schriftelijk verklaard op de hoogte te zijn van de doelen van het onderzoek en op vrijwillige basis hieraan te hebben meegewerkt. De relevante persoonskenmerken zijn weergegeven in tabel 1.

De proefpersonen hadden ervaring met het bedienen van een hogedrukspuit. Drie van hen waren afkomstig uit de varkenshouderij, één uit de pluimveehouderij en de overige uit andere sectoren. Vier van de proefpersonen waren zelfstandig ondernemer.

Van de proefpersonen hadden er twee (29%) in de 12 maanden voorafgaand aan het onderzoek klachten aan de lage rug, één (14%) aan nek of schouders, en geen aan de benen of voeten of aan armen of handen. Geen van de proefpersonen vermoedde dat de klachten een relatie hadden met het reinigen. Verder gaven de proefpersonen aan ten tijde van de experimenten niet in hun werkzaamheden gehinderd te zijn vanwege de genoemde klachten of anderszins door fysieke klachten of beperkingen.

Tabel 1 Persoonskenmerken van de proefpersonen, ervaring met de hogedrukspuit en waterdruk en debiet waarmee de meeste ervaring is opgedaan

	<i>persoonskenmerken</i>			<i>ervaring</i>			
	<i>leeftijd</i> <i>(jaren)</i>	<i>lengte</i> <i>(cm)</i>	<i>gewicht</i> <i>(kg)</i>	<i>aantal</i> <i>jaren</i>	<i>uur per</i> <i>jaar</i>	<i>druk</i> <i>(bar)</i>	<i>debiet</i> <i>(l/ min)</i>
Mediaan:	56	180	76	20	100	170	16
Gemiddeld:	55	181	80	21	142	143	15
Minimum:	40	174	68	0	0	60	10
Maximum:	69	189	96	35	640	180	16

Drie van de proefpersonen hadden ervaring met alle gangbare typen nozzles, namelijk puntstraalnozzles, breedstraalnozzles en roterende nozzles (zie hoofdstuk 2).

3.1.2 Metingen

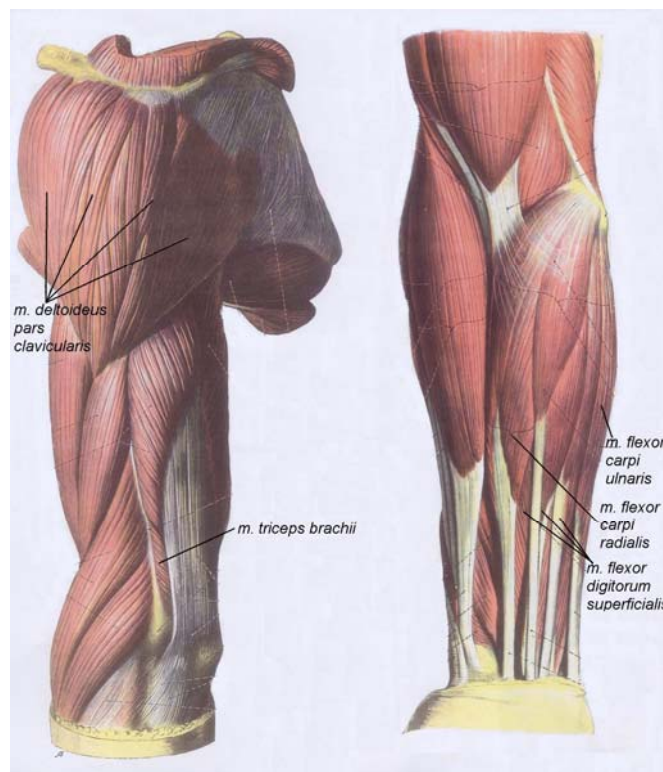
De volgende metingen zijn verricht: EMG-metingen, trillingsmetingen, subjectieve beoordelingen door de proefpersonen en beoordeling van het reinigend vermogen van de spuitopstellingen.

3.1.2.1 EMG-metingen

De fysieke inspanning tijdens het reinigen is bepaald door middel van electromyografie (EMG). Hiertoe werden voorafgaand aan het experiment zes Ag-AgCl elektroden (Disposable Neurology

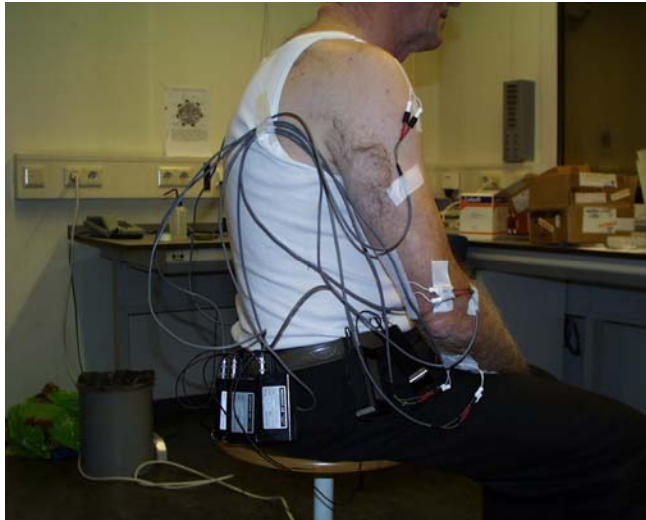
Electrodes 725-01-K, Medicotest, Ølstykke, DK) geplaatst boven de spierbuiken van zes spieren in de rechter onderarm, linker en rechter bovenarm en de rechter schouder. De spieren zijn weergegeven in figuur 2. De interelektrode afstand was ongeveer 1 cm. De exacte positionering van de elektroden was gebaseerd op literatuur (Basmajian en De Luca, 1985; Sobotta *et al.*, 1975; Zipp, 1982) en als volgt:

- *triceps brachii* rechts, *caput medialis* (TBR).
Elektrode positionering distaal van *caput laterale*, mediale zijde van *tendo*, ongeveer 5 cm proximaal van *olecranon*.
- *triceps brachii* links, *caput medialis* (TBL).
Elektrode positionering als TBR.
- *flexor carpi radialis* rechts (FCR).
Elektrode positionering op 1/3 van de lijn mediale *epicondylus* – distale kop *radius* (duimzijde).
- *flexor digitorum superficialis* rechts (FDS).
Elektrode positionering op dezelfde hoogte als FCR maar \pm 3 cm naar lateraal, boven spierbuik van FDS
- *flexor carpi ulnaris* rechts (FCU).
Elektrode positionering: op zelfde hoogte als FDS, maar op de lijn *epicondylus*-pink.
- *deltoideus pars clavicularis* rechts (DEL)
Elektrode positionering: midden op spierbuik na anteflexie tegen weerstand.
- Positionering aardelektrode: boven de mediale *epicondylus*



Figuur 2: Spieren waarop EMG signalen zijn gemeten (naar Sobotta *et al.*, 1975)

De huid op de bovengenoemde plaatsen werd goed schoon en vetvrij gemaakt. Na plaatsing van de elektroden werden elektroden en afleidkabels op het lichaam gefixeerd m.b.v. kleefpleister (Méfrix, Mölnlycke Clinical Products, Mölnlycke, S) om bewegingsartefacten in het signaal te voorkomen. Voor het bemonsteren van de EMG signalen werd telemetrische apparatuur gebruikt (Medenik AB, Örbyhus, S) gebruikt (zie figuur 3).



Figuur 3 Opnemers, afleidkabels en telemetrische apparaten voor de bepaling van het EMG tijdens het reinigen bevestigd op het lichaam van de proefpersoon

Voor aanvang van de meetsessies werden bij elke proefpersoon voor alle genoemde spiergroepen gelijktijdig de EMG-signalen tijdens rust gemeten. Hiertoe werd de proefpersoon gevraagd de spiergroepen zo ontspannen mogelijk te houden.

Vervolgens werd per spiergroep het maximale EMG signaal bemeten, dat vrijwillig in de desbetreffende spier kon worden ontwikkeld. De persoon werd gevraagd iedere spiergroep maximaal aan te spannen tegen een weerstand. Gevraagd werd de aanspanning in ongeveer drie seconden op te bouwen en deze vervolgens twee seconden vast te houden. Het betreffende lichaamsdeel werd door een medewerker gefixeerd. Iedere poging werd één keer herhaald. De pauze tussen beide pogingen was tenminste één minuut.

De EMG-signalen zijn na versterking met een frequentie van 1024 Hz via een A/D kaart op een computer opgeslagen (Pyslab, Contact Precision Instruments, London, UK).

Tijdens de daadwerkelijke uitvoering van het experiment, het spuiten met de te vergelijken opstellingen (zie paragraaf 3.1.2.3), droegen de proefpersonen een overall over de meetapparatuur. Tijdens de metingen was de omgevingstemperatuur ongeveer 15°C. EMG-signalen van alle bemeten spiergroepen werden gelijktijdig via hardware filters (TC = 100 ms) geïntegreerd, bemonsterd bij 30 Hz en opgeslagen op een computer.

3.1.2.2 Trillingsmetingen

Het vastleggen van trillingen tijdens het reinigen is uitgevoerd conform de ISO-5349-1 en -2 (2001) richtlijnen voor hand/armtrillingen. Er is gebruikt gemaakt van het instrumentarium van Bruel & Kjaer (Naerum, DK), bestaande uit drie trillingsopnemers type 4374 / 4374L, een houder type UA

0891 en een houder type UA 0894 voor de fixatie van de trillingsopnemers in de drie as-richtingen van het coördinatensysteem voor de hand. De houder en opnemers waren zó gepositioneerd dat de richting van de x-coördinaat overeen kwam met de lengte-as door het derde middenhandsbeen, de y-coördinaat overeen kwam met de as door de hand gaande van pinkzijde naar duimzijde en de z-coördinaat overeen kwam met de as door de hand van handrug naar handpalm. Houder UA0894 (x- en y-coördinaten) was met tape bevestigd aan de handgreep van het spuitpistool, zodanig dat de handpalm op de houder drukte. Houder UA 0891 (z-coördinaat) was met tape op de spuitlans bevestigd, zodanig dat hij omklemd werd door de vingers van de linkerhand.

De signalen van de trillingsopnemers werden toegevoerd aan de Human Vibration Unit 2522, gekoppeld aan de Modular Precision Sound Level Meter 2231 (beide: Bruel & Kjaer). Tijdens de metingen is het hardware hand-arm filter (volgens ISO 5349-1, 2001) gebruikt. Na versterking zijn alle versnellingsignalen parallel met de EMG signalen bemonsterd bij 30 Hz.

3.1.2.3 Proefbehandelingen en uitvoering van het experiment

Het onderzoek is uitgevoerd met behulp van een hogedrukspuit (Portotecnica, press 3060T) bij een druk van 180 bar en een debiet van ongeveer 16 liter per minuut. Op basis van overleg met leveranciers (zie paragraaf 3.1) zijn de in tabel 2 vermelde spuitopstellingen met elkaar vergeleken.

Tabel 2: Overzicht¹ van onderzochte spuitopstellingen

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>X</i>
handgreep	norm.	norm.	finger.	finger.	finger.	norm.	finger.	finger.
spuitlans	buig	buig	recht	recht	recht	buig	recht	recht
nozzle	rot.	breed.	rot.	balans.	breed.	rot.	balans.	breed.
accumulator	ja	nee	nee	ja	nee	nee	nee	ja
debiet ² (l/min.)	14	18	15	14,5	16,5	13	15	17

¹ Zie tabel 3 voor toelichting

² Debieten zijn gemeten met behulp van een watermeter.

Tabel 3: Toelichting bij de onderdelen van de spuitopstellingen.

<i>afkorting</i>	<i>voluit</i>	<i>Specificatie en technische kenmerken</i>	<i>gewicht (gram)</i>	<i>prijs- indicatie¹</i>
<i>handgreep</i>				
norm.	normaal	hogedruk pistool Portotecnica G2200, inclusief 33 cm verlenglans druk max. 208 bar, debiet max. 40 l/minuut	1250	€ 32,50
finger.	ingertip ²	RL55 hogedruk pistool druk max. 390 bar, debiet max. 30 l/minuut	800	€ 33,30
<i>spuitlans</i>				
buig	gebogen	Portotecnica RVS, lengte 70 cm	500	€ 68,30
recht	recht	R.V.S. (316) spuitlans, lengte 80 cm	600	€ 45,00
<i>nozzle</i>				

<i>afkorting</i>	<i>voluit</i>	<i>Specificatie en technische kenmerken</i>	<i>gewicht (gram)</i>	<i>prijs- indicatie¹</i>
breed.	breedstraler	25075 (spuithoek 25°, 7,5 l/min bij 20 bar), inclusief RVS nozzlebeschermer	150	€ 17,65
rot.	roterend	“vuilfrees”, type TNA220-07 druk max. 220 bar, debiet max. 16,1 l/minuut	350	€ 47,40
balans.	gebalanceerd	beter uitgebalanceerde roterende nozzle, type TN 500-07. Druk max. 500 bar, debiet max. 35 l/minuut.	725	€350,00
<i>accumul.</i>	accumulator	Hogedruk stikstofgevulde 0,32 l accumulator + aansluitblok, afgeregeld op het systeem.	n.v.t.	€190,00

¹ Prijzen exclusief B.T.W.

² Bij gebruik van een fingertiphandgreep wordt bij het indrukken van de hendel een weerstand overwonnen, maar is voor het ingedrukt houden van de handle minder knijpkracht nodig.

De proefpersonen hebben volgens alle acht in tabel 2 beschreven opstellingen gespoten. De volgorde van de spuitopstellingen is vooraf per persoon random toegewezen. Elke meting duurde minimaal 60 seconden op achtereenvolgens een verticaal en een horizontaal vlak. Het verticale vlak bestond uit een betegelde muur, het horizontale vlak uit een gevulde betonnen vloer. Om te bevorderen dat de proefpersonen doelgericht werkten werd op de muur en op de vloer een vlak ingespoten met merkspray die door de proefpersonen zo goed mogelijk verwijderd diende te worden.

3.1.2.4 Subjectieve beoordeling van de spuitopstellingen

Per spuitopstelling is na direct na afloop van de spuitsessie – tijdens het ombouwen van de spuitopstelling – aan de proefpersoon een subjectief oordeel gevraagd van de benodigde hoeveelheid kracht in de hand, de onderarm, de bovenarm en de schouder en van de grootte van de ervaren trilbelasting. Genoemde aspecten zijn gescoord op een schaal 0 – 10 (zie bijlage A), conform Borg (1982).

Tevens is gevraagd om op een schaal van 1 tot 4 (zie bijlage A) een oordeel van het reinigend vermogen en een algemeen oordeel van de spuitopstelling te geven.

3.1.2.5 Reinigend vermogen van de spuitopstellingen

Het reinigend vermogen van de spuitopstellingen is indicatief beoordeeld door de gewichts-afname te meten die het gevolg was van een lineaire spuitbeweging over een plaat tempex.

Hiertoe zijn acht platen tempex van 0,6 x 1,2 m (450 tot 500 gram) genummerd, met een nauwkeurigheid van 1 gram gewogen op een weegschaal (Mettler, model PE24), en één voor één bespoten conform één van de spuitopstellingen. Hiertoe werden ze op een rooster bevestigd dat boven een waterafvoer lag (zie figuur 4). Vervolgens werd per spuitopstelling de nozzle op een hoogte van 36 cm en onder een hoek van 30° aan een kar bevestigd. De kar werd langs de plaat tempex gereden (zie figuur 4), terwijl met een stopwatch werd gemeten hoe lang er op de plaat

werd gespoten. De verplaatsingssnelheid van de kar was afhankelijk van de mate waarin tempex van de plaat werd afgespoten, en bedroeg ongeveer 0,02 tot 0,7 m/s.

Vervolgens werden de platen tien dagen te drogen gelegd in een geventileerde ruimte. Ze waren toen zo ver opgedroogd dat het gewicht niet verder afnam. Tenslotte zijn van alle platen de eindgewichten bepaald (Mettler, model PE24).



Figuur 4: Meetopstelling ter bepaling van het reinigend vermogen van de spuitopstellingen

3.1.3 Dataverwerking

3.1.3.1 EMG-signalen

Signalen van EMG, kracht en versnellingen zijn verwerkt met het programma Matlab (v.5.3, The MathWorks Inc, Natick, MA, USA). Het EMG tijdens rust is per spier berekend als het gelijkgerichte, gemiddelde signaal van een representatief segment van 1 seconde. Maximaal EMG is per spier en per poging berekend als het gelijkgerichte, gemiddelde signaal van een segment van 1 s rond het maximum in krachtlevering. Vervolgens is het gemiddelde genomen van beide pogingen. Van iedere experimentele situatie (variant van hogedrukreiniger in combinatie met vloer of muur) zijn tenminste tien seconden geanalyseerd, zijnde meerdere cycli⁴. Per spuitopstelling werd een periode geselecteerd die representatief oogde voor de meting en die begon en eindigde op hetzelfde punt in de cyclus. Het EMG is per spier en per periode berekend als gelijkgericht en gemiddeld signaal over het geselecteerde tijdsegment. Tenslotte is EMG per experimentele situatie uitgedrukt als percentage van het maximale EMG, nadat van beide signalen de EMG tijdens rust was afgetrokken.

De resultaten zijn weergegeven in boxplots, waarin de boxen de mediaan en interkwartielen aangeven (50% van de waarnemingen ligt in de box). De snorharen staan op 1,5 keer de interkwartielafstand van het eerste en het derde kwartiel. Uitschieters (op meer dan 1,5 keer de interkwartielafstand) en extremen (op meer dan drie keer de interkwartielafstand) zijn afzonderlijk weergegeven.

⁴ Zowel de EMG- als de trillingsmetingen laten een golfbeweging zien. Waarschijnlijk is deze het gevolg van het heen en weer bewegen van de spuitlans tijdens het reinigen.

Statistische toetsing

Voor alle variabelen zijn mediane waarden, interkwartielen en range over de proefpersonen berekend. De mediane waarden zijn in tabelvorm weergegeven.

Statistische analyses zijn uitgevoerd met het pakket SPSS (SPSS voor windows, versie 11.5).

Verschillen in spieractiviteit als gevolg van de spuitopstellingen (acht varianten) of het spuitoppervlak (vloer of muur) zijn parameter vrij getoetst. Voor het toetsen van verschillen tussen twee variabelen is Wilcoxon's signed ranks test toegepast, in geval van meerdere afhankelijke waarnemingen Friedman's test. Bij een p-waarde van minder dan 0,05 is sprake van significante verschillen, bij een p-waarde tussen 0,05 en 0,1 van een tendens.

In dit onderzoek is de proefpersoon de experimentele eenheid. Daarom is bij analyse van combinaties van waarnemingen, bijvoorbeeld de invloed van spuitopstelling op de spieractiviteit in de onderarm, eerst per persoon de gemiddelde waarde berekend (in dit geval het gemiddelde van de spieractiviteit van de FCR, FDS en FCU) en vervolgens de invloed van de spuitopstelling op deze gemiddelde waarde getoetst.

3.1.3.2 Trillingssignalen

Van elk van de drie trillingssignalen x,y en z is de RMS waarde a_{hw} berekend over hetzelfde tijdinterval als beschreven voor de EMG signalen (hier als voorbeeld voor de x-richting):

$$a_{hw,x} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T a_{hw,x}^2(t) \cdot d(t)} \quad (1)$$

waarin T = de tijdsduur van het tijdsinterval en $a_{hw,x}(t)$ de instantane versnellingswaarde in de x-richting van het frequentiegewogen trillingssignaal op tijdstip t .

Vervolgens is de A_{hw} de totale trillingswaarde, berekend, als zijnde de wortel van de som van de kwadraten van elk van de drie RMS trillingswaarden:

$$A_{hw} = \sqrt{a_{hw,x}^2 + a_{hw,y}^2 + a_{hw,z}^2} \quad (2)$$

Vervolgens is de "daily vibration exposure" $A(8)$ berekend, dit is een maat voor de totale dagelijkse trillingsblootstelling. $A(8)$ wordt berekend uit de totale trillingswaarde A_{hw} en de dagelijkse expositieduur:

$$A(8) = a_{hw} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (3)$$

waarin T = de totale dagelijkse expositieduur (in s) aan trillingswaarde A_{hw} en T_0 = de duur van de referentieperiode van 8 uren (28.800 s).

$A(8)$ is berekend voor een dagelijkse expositieduur van 1 uur, 2 uur, 4 uur en 8 uur.

Veruit de meeste veehouders of medewerkers werken niet elke dag met een hogedruksput. In dergelijke situaties wordt aanbevolen toch bovenstaande maat te bepalen onder vermelding van het aantal dagen per jaar voor welke deze blootstelling geldt (zie ISO 5349-2, 2001).

In de veehouderij worden, behalve door professionele reinigingsbedrijven, niet dagelijks stallen gereinigd. Bedrijven met vleeskuikens worden ongeveer eenmaal per zeven weken gereinigd, en de meeste varkenshouders maken elke week een aantal afdelingen schoon. Daarom is een voorbeeldberekening gemaakt voor een varkenshouder met een gesloten bedrijf met circa 210 zeugen. Verondersteld is dat hij wekelijks op drie dagen schoonmaakt⁵. Het werk met de hogedruksput duurt twee uur per week in een kraamafdeling, twee uur per week in een biggenopfokafdeling en drie uur per week in een vleesvarkensafdeling. De “gemiddelde dagblootstelling” $A_{\text{typisch}}(8)$ is als volgt berekend:

$$A_{\text{typisch}}(8) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{d=1}^N A(8)_d^2} \quad (4)$$

waarin $A(8)_d$ = dagelijkse trillingsblootstelling op dag d en N = het aantal werkdagen waarover de schatting wordt verkregen.

De berekende blootstellingen zijn vergeleken met de EU norm (EU, 2002).

3.1.3.3 Subjectieve beoordeling

Van de subjectieve beoordelingen door de proefpersonen zijn per spuitopstelling de medianen berekend. In eerste instantie is door middel van de Kruskal Wallis Test per aspect (kracht in hand, in onderarm, in bovenarm of in schouder, trillingen, reinigend vermogen en algemeen oordeel) bepaald of de subjectieve beoordelingen van de verschillende opstellingen significant verschilden. Voor de aspecten waarbij verschillen voorkwamen is met behulp van de Wilcoxon's signed ranks test bepaald voor welke spuitopstellingen dat gold.

3.1.3.4 Reinigend vermogen

Op basis van de meetresultaten is per spuitopstelling berekend hoeveel gram tempex per minuut is weggespoten. Het resultaat is in tabelvorm weergegeven.

3.2 Haalbaarheid van automatische reinigingssystemen

Om na te gaan of automatisch reinigen binnen een termijn van ongeveer vijf jaar kan bijdragen aan vermindering van de fysieke belasting tijdens het reinigen is nagegaan wat er in literatuur is beschreven over de invloed van automatische reinigingssystemen op de arbeidsomstandigheden en is de economische haalbaarheid berekend.

⁵ De EU schrijft voor dat de blootstelling 'gewoonlijk onder de dagelijkse blootstellingswaarden' moet blijven, en dat bij 'incidentele' overschrijding van de dagelijkse grenswaarde een wekelijkse blootstelling mag worden berekend (artikel 10 sub 2 van EU, 2002).

De berekening van de economische haalbaarheid is gebaseerd op de Clever Cleaner (figuur 5), ontwikkeld door Ramsta Robotics (Zweden) en Alto (Denemarken). De zogenaamde ‘spuitrobot’ wordt aangesloten op een hogedrukreiniger en wordt geprogrammeerd met behulp van een unit met joystick. Het programmeren houdt in dat een hok of afdeling geheel wordt gereinigd, daarbij aangestuurd met de joystick. Het programmeren van het reinigen van identieke hokken of afdelingen kan worden vereenvoudigd door delen van het programma te kopiëren. Daarna kan de spuitrobot dit programma keer op keer afwerken. Om in verschillende staltypen te kunnen reinigen dienen verschillende reinigingsprogramma’s te worden geprogrammeerd.



Figuur 5: De ‘Clever Cleaner’ van Ramsta Robotics en Alto (foto Ramsta Robotics).

Bij de berekeningen zijn de onderstaande uitgangspunten en aannames gehanteerd. De algemene uitgangspunten zijn gebaseerd op KWIN-V (2004).

- Uitgegaan is van een zeugenbedrijf met 300 zeugen en een vleesvarkensbedrijf met 2160 of 4320 dierplaatsen.
- Het zeugenbedrijf telt 300 zeugen, met een worpindex van 2,34. Dit resulteert in 702 worpen per jaar. Daarom worden er wekelijks een kraam- en een biggenopfokafdeling ingelegd met ieder 14 hokken.
- Het reinigen van de kraamafdelingen duurt 4,2 uur inclusief bezemschoon maken, inweken en aan- en afloop. Hiervan wordt ongeveer 3,1 uur daadwerkelijk gereinigd. Voor afdelingen voor gespeende biggen zijn deze tijden respectievelijk 3,4 en 2,8 uur (Roelofs *et al.*, 1999).
- De vleesvarkens liggen in afdelingen met 144 plaatsen. Gemiddeld worden de afdelingen 3,2 keer per jaar gereinigd, dus in totaal worden 48 of 96 afdelingen per jaar gereinigd.
- Het met een hoge drukreiniger schoonmaken van deze afdelingen voor vleesvarkens kost 7 uur inclusief bezemschoon maken, inweken en aan- en afloop. Hiervan wordt ongeveer 5 uur daadwerkelijk gereinigd (Roelofs *et al.*, 1999).
- Het waterverbruik tijdens het reinigen is 20 liter/minuut ($1,2 \text{ m}^3/\text{uur}$), dit water wordt uiteindelijk afgezet als mest.

- Het opgenomen vermogen van de hogedrukspuit bedraagt 7,5 kW, dat van de spuitrobot is onbekend, maar gesteld op 1 kW.
- Volgens de leverancier geeft de robot een arbeidsbesparing van 80%, en blijft de totale reinigingstijd (en daarmee ook het waterverbruik) gelijk. In de literatuur is slechts één studie gevonden (Larsson, 2000), waarbij een arbeidsbesparing werd gevonden van 24 tot 38% en een extra waterverbruik van 11 tot 24%.
Daarom is in de berekeningen uitgegaan van een arbeidsbesparing van 60% en een extra waterverbruik van 10%;
- De aanlooptijd is bij gebruik van een schoonmaakrobot 15 minuten per keer langer dan bij reinigen met een hogedrukspuit;
- De (eenmalige) programmeertijd van de robot is niet meegenomen;
- De schoonmaakrobot kost volgens de leverancier € 35.700,= (inclusief BTW), maar komt in aanmerking voor de Farbo-regeling. Doordat een veehouder normaal gesproken in aanmerking komt voor een subsidie van 10% zijn investeringskosten 10% lager gesteld.
- Een hogedrukreiniger kost € 1.300,= (inclusief BTW);
- De afschrijving voor zowel schoonmaakrobot als hogedrukreiniger is op 10% gesteld, waarbij is aangenomen dat de restwaarde nihil is;
- Onderhoud en verzekering 5,5% per jaar voor zowel schoonmaakrobot als hogedrukreiniger;
- Rente 5,5% per jaar voor zowel schoonmaakrobot als hogedrukreiniger;
- De energiekosten van de schoonmaakrobot zijn niet meegenomen;
- Kosten van arbeid (€ 17,11/uur; ondernemerskosten werknemers), water (€ 1,16/m³), mestafvoer (€ 15,=/m³) en energie (€ 0,12/kWh; hoog tarief).

4 Resultaten

4.1 Beoordeling van aanpassingen aan de hogedrukspuit

4.1.1 Spieractiviteit

De mediane waarden van de gemeten spieractiviteit, als percentage van de gemeten maximale spieractiviteit, van de proefpersonen in de verschillende proefopstellingen zijn per spier weergegeven in bijlage C. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen het reinigen van de vloer (horizontaal vlak) en van de wand (verticaal vlak).

Verschil tussen vloer en wand

Tijdens het reinigen van de muur is de belasting van de rechter triceps en schouder groter dan tijdens het reinigen van de vloer ($p < 0,001$). Voor de belasting van de linker triceps maakt de stand van het te reinigen object geen verschil. Ook op de belasting van de onderarm is geen eenduidige invloed van de oriëntatie van het te reinigen vlak aangetoond.

Aangezien er niet gekozen kan worden tussen reinigen van vloeren of van wanden, maar de afdeling in zijn geheel moet worden schoongemaakt, is in het vervolg met dit verschil geen rekening gehouden. De waarden voor vloer en voor wand zijn in het vervolg gemiddeld.

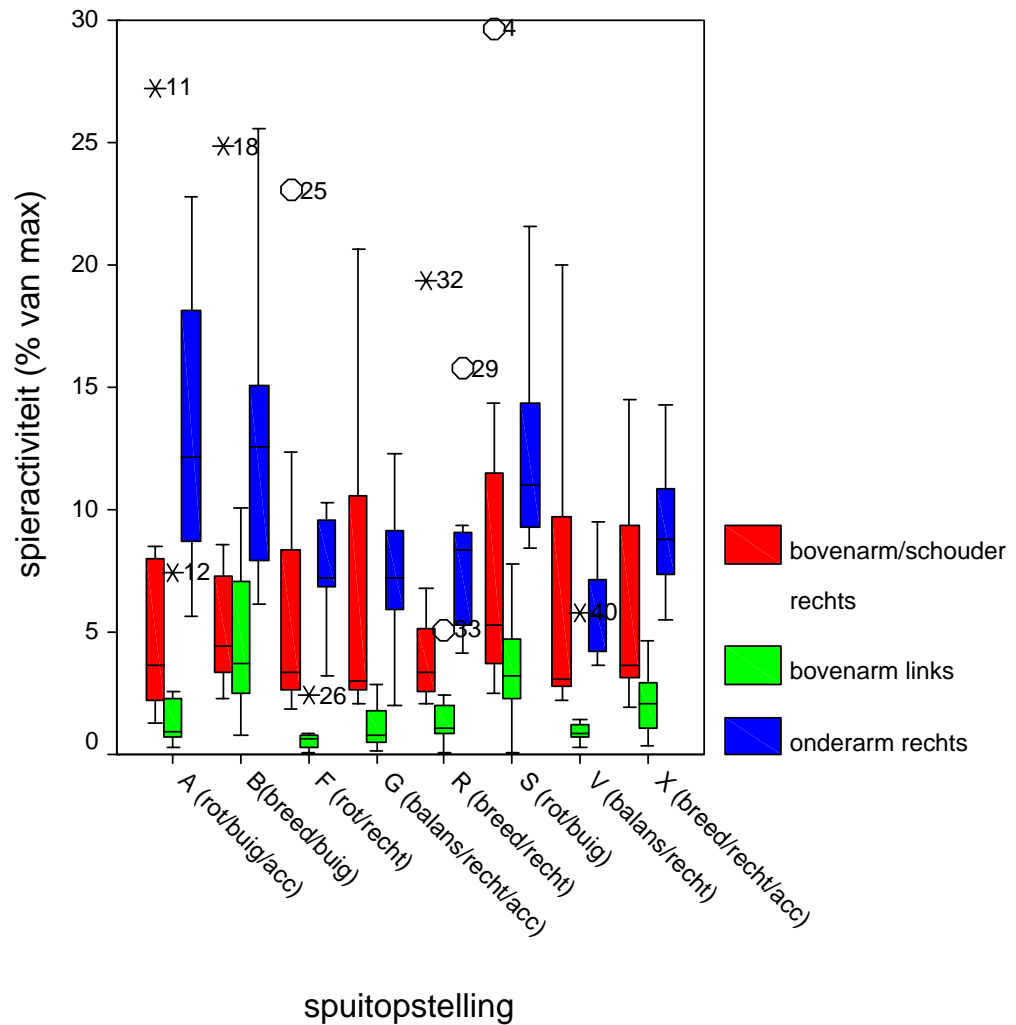
Invloed van totale spuitopstelling op spieractiviteit

In figuur 6 is voor elke spuitopstelling de spieractiviteit per groep spieren weergegeven. Een toelichting bij de spuitopstelling staat in tabel 2 en tabel 3 (paragraaf 3.1.2.3).

Als groepen spieren zijn onderscheiden de rechter schouder en bovenarm (gemiddelde van TBR en DEL; deze spieren worden gebruikt bij het compenseren van de terugslagkracht van de spuitlans), de linker bovenarm (TBL; deze spier wordt gebruikt bij het sturen van de spuitlans) en de rechter onderarm (gemiddelde van FCR, FDS en FCU; deze spieren worden gebruikt bij het inknippen van de handgreep).

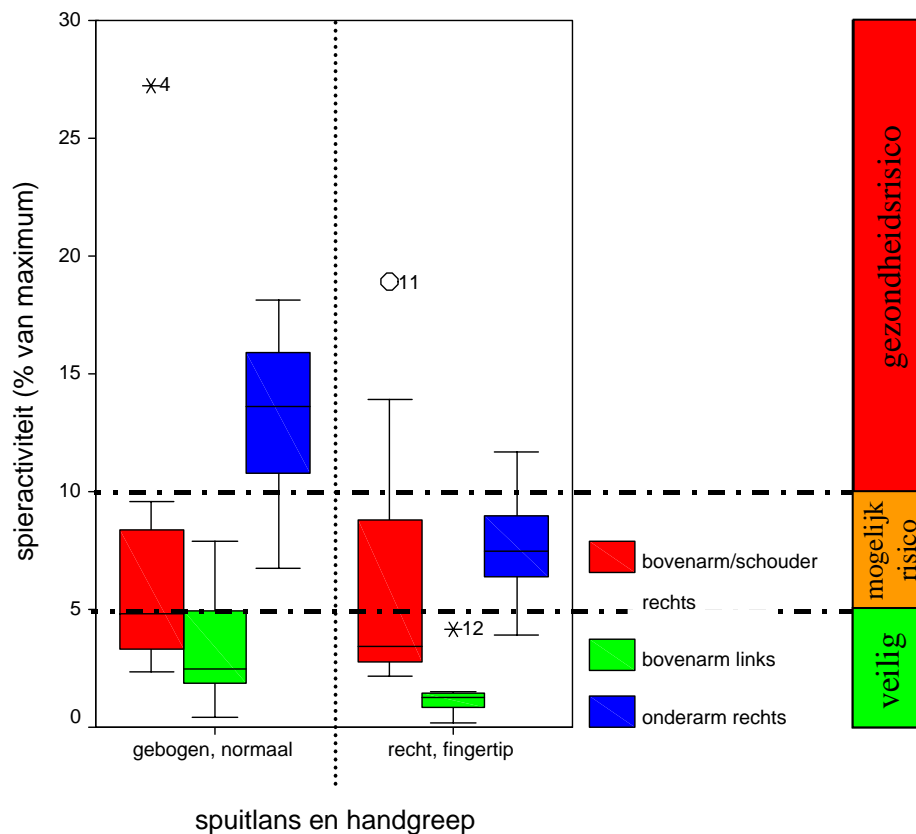
Zoals verwacht geeft figuur 6 geen aanwijzing voor effect van de accumulator op spieractiviteit (geen systematisch verschil tussen de spuitopstellingen die alleen verschillen qua gebruik van accumulator: A versus S, G versus V of R versus X). Ook voor een effect van het type nozzle op de spieractiviteit zijn geen aanwijzingen (geen systematisch verschil tussen spuitopstellingen die alleen verschillen qua nozzle: B versus S, F versus R versus V of G versus X). Zelfs tussen de zware 'beter uitgebalanceerde nozzle' en de lichte breedstraalnozzle (G versus X en V versus R) gaf geen verschil in spieractiviteit tijdens het spuiten.

Figuur 6 geeft wel aanwijzingen voor een effect van de combinatie van spuitlans en handgreep op de spieractiviteit. Bij de spuitopstellingen met een gebogen spuitlans en een normale handgreep (A, B en S) lijkt de benodigde spierkracht in de onderarm en in de linker bovenarm systematisch groter dan bij de spuitopstellingen met een rechte spuitlans en een fingertiphandgreep (spuitopstelling F, G, R, V en X). Voor de rechter bovenarm en schouder is het effect minder duidelijk.



Figuur 6: Boxplots van de spieractiviteit, gemiddeld over de desbetreffende spiergroepen en genormeerd naar maximaal EMG van iedere betrokken spier. Iedere box geeft mediaan, interkwartielen en range weer. Separaat zijn “uitschieters” (o) en “extremen” (*) weergegeven (zie 3.1.3.1). Op de horizontale as staan alle geteste spuitopstellingen.

Om het effect van de spuitlans en handgreep op de spieractiviteit nader te analyseren zijn per persoon voor enerzijds alle spuitopstellingen met een gebogen spuitlans en een normale handgreep en anderzijds alle spuitopstellingen met een rechte spuitlans en een fingertiphandgreep de gemiddelden berekend van de spieractiviteit per spiergroep. De resultaten van deze berekening zijn in een boxplot weergegeven in figuur 7.



Figuur 7: Boxplots van de spieractiviteit per spiergroep, afhankelijk van de uitvoering van de spuitlans en handgreep (gebogen spuitlans met normale handgreep versus rechte spuitlans met fingertiphandgreep). De gemeten spieractiviteiten zijn genormeerd naar maximaal EMG van iedere betrokken spier en gemiddeld over de desbetreffende spiergroepen en over de spuitopstellingen met dezelfde spuitlans en handgreep. Iedere box geeft mediaan, interkwartielen en range weer. Separaat zijn “uitschieters” (o) en “extremen” (*) weergegeven (zie 3.1.3.1).

Figuur 7 toont dat de mediane spieractiviteit voor alle drie de beoordeelde spiergroepen lager is bij gebruik van een rechte spuitlans en fingertiphandgreep dan bij een gebogen spuitlans en een normale handgreep. Voor wat betreft de belasting van de linker bovenarm en van de rechter onderarm verschillen de gemiddelden verschillen significant (in beide gevallen $p = 0,02$). De spuitlans en handgreep hadden geen significant effect op de spieractiviteit in de rechter bovenarm en schouder ($p = 0,18$).

De belasting van de linker bovenarm blijft bij beide combinaties van spuitlansen en handgrepen onder de onderste grenswaarde (5% van de maximale spieractiviteit), en vormt dus geen gezondheidsrisico. De belasting van de rechterbovenarm en schouder is hoger dan deze grenswaarde, en kan een gezondheidsrisico inhouden. Of gezondheidsschade optreedt hangt onder andere af van de tijdsduur dat er wordt gereinigd. Bij de rechte spuitlans met fingertip-handgreep ligt de mediaan nog onder de grenswaarde. Dit betekent dat de belasting bij meer dan de helft van de proefpersonen onder de grenswaarde bleef. Bij de gebogen spuitlans met normale handgreep lag

de mediaan precies op de grenswaarde, met andere woorden: precies de helft van de proefpersonen zat aan de veilige kant, terwijl de andere helft een mogelijk gezondheidsrisico liep.

Het probleem zit duidelijk in de rechter onderarm, met de spieren die nodig zijn om de handgreep ingeknepen te houden. Met de normale handgreep wordt bij vrijwel alle proefpersonen de bovenste grenswaarde overschreden, terwijl met de fingertiphandgreep vrijwel alle proefpersonen in het overgangsgebied zaten, dus een mogelijk risico liepen.

4.1.2 Trillingsblootstelling

De mediane meetwaarden in de verschillende proefopstellingen zijn per spier weergegeven in bijlage D. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen het reinigen van de vloer (horizontaal vlak) en van de wand (verticaal vlak). Omdat er geen systematisch verschil is tussen de trillingsniveaus tijdens het reinigen van de vloer of van de wand is in het vervolg het gemiddelde van deze waarden genomen.

Invloed van totale spuitopstelling op trillingen

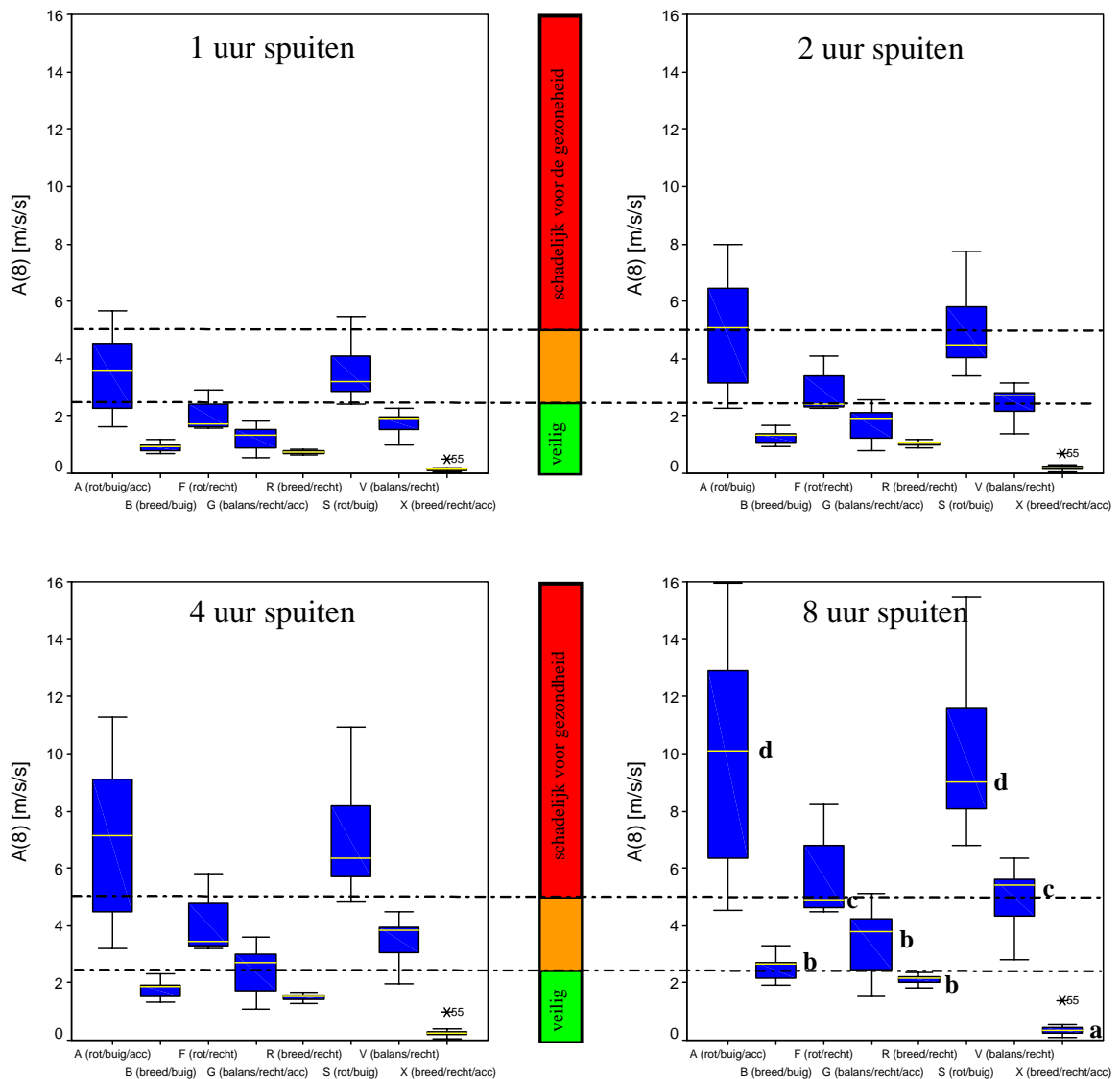
In figuur 8 (volgende pagina) is voor elke spuitopstelling de geschatte dagelijkse blootstelling aan trillingen A(8) weergegeven, uitgaande van een situatie waarin gedurende een dag één, twee, vier of acht uur wordt gereinigd met een hogedruksput.

Uit de figuur blijkt dat spuitopstelling X (met accumulator, rechte spuitlans en breedstraalnozzle) nauwelijks trilde, en dat de spuitlans bij alle andere opstellingen meer trilde. Bij gebruik van breedstraalnozzles maar zonder accumulator trilt de spuitlans iets meer, zowel bij een rechte (R) als bij een gebogen (B) spuitlans. Een rechte spuitlans met een verbeterd uitgebalanceerde nozzle en met accumulator (G) trilt ongeveer evenveel (verschil is niet significant) als de opstellingen R en B. Met deze opstellingen blijft men nog onder de EU-actiewaarde bij minder dan twee uur spuiten op een dag.

Als de accumulator wordt weggelaten (V) trilt de spuitlans nog iets meer. De boxplot ligt iets lager dan die voor de normale roterende nozzle aan een rechte spuitlans (F), maar ook dit verschil is niet significant. Met deze opstelling is één uur spuiten geen probleem, bij twee uur zit men op de grens en bij 4 uur spuiten moet actie ondernomen worden om de blootstelling aan trillingen terug te dringen. De EU richtlijn staat acht uur spuiten met deze opstellingen niet toe.

Het meest trilt de meest gangbare spuitopstelling, een gebogen spuitlans met een roterende nozzle en zonder accumulator (S)⁶. Zelfs als er slechts één uur met een hogedrukreiniger wordt gewerkt vormt de meest gangbare spuitopstelling een mogelijk gezondheidsrisico en wordt de actiewaarde overschreden.

⁶ In de testopstelling leverde het aan deze opstelling toevoegen van een accumulator geen verbetering op: het gemiddelde trillingsniveau was 0,2 m/s² lager (n.s.), de mediaan iets hoger (n.s.). Een verklaring hiervoor is niet voorhanden.

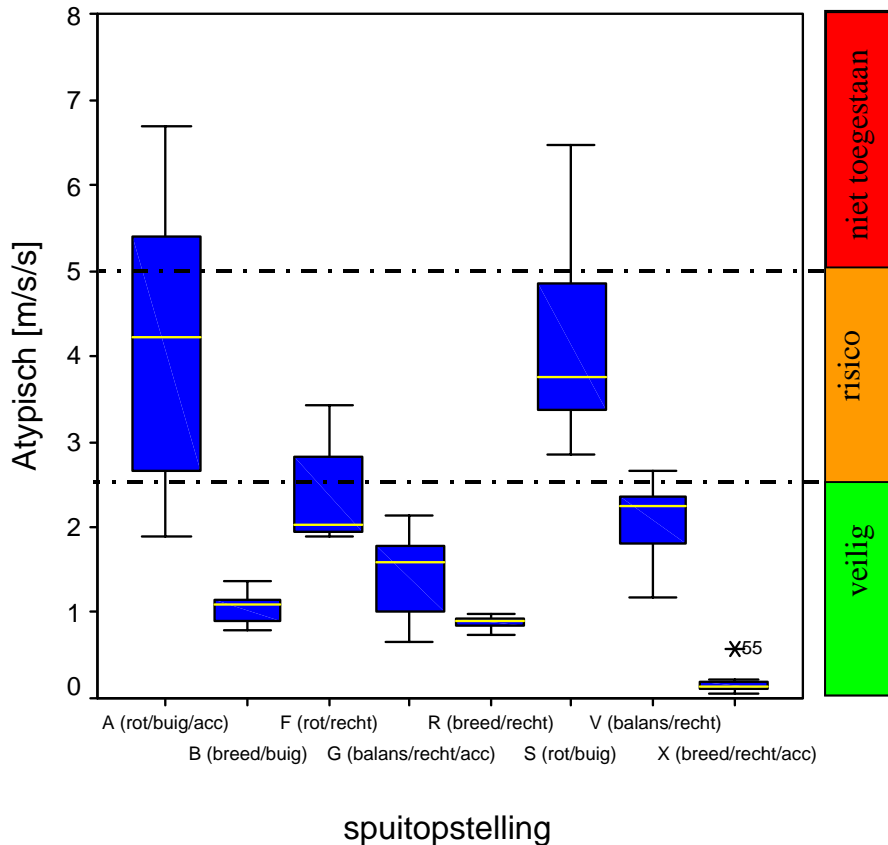


Figuur 8: Boxplots van de spuitopstelling (x-as) en de blootstelling aan trillingen tijdens het reinigen ($A(8)$, y-as), bij één uur (linksboven), twee uur (rechtsboven), vier uur (linksonder) of acht uur (rechtsonder) reinigen op een dag. Iedere box geeft mediaan, interkwartielen en range weer. Separaat zijn “extremen” (*) weergegeven (zie 3.1.3.1). Met stippellijnen zijn grenswaarden uit de EU norm aangegeven (EU, 2002)⁷. Significantie van verschillen is alleen in de figuur rechtsonder weergegeven. Boxen met verschillende letters verschillen significant, boxen met dezelfde letters niet. De letters in de figuur rechtsonder gelden ook voor de andere grafieken.

De gemiddelde dagblootstelling aan trillingen voor een varkenshouder met een gesloten bedrijf met ongeveer 210 zeugen (wekelijks twee dagen gedurende twee uur reinigen en één dag gedurende

⁷ De EU-richtlijn stelt $2,5 \text{ m/s}^2$ als actiewaarde voor A_{typisch} (de totale blootstelling aan trillingen gedurende een werkdag), hierboven moeten in de richtlijn genoemde maatregelen genomen worden om de trillingsblootstelling te verlagen. De grenswaarde van 5 m/s^2 is absoluut, hogere blootstelling mag niet voorkomen. De richtlijn gaat in op 6 juli 2005, maar lidstaten kunnen gebruik maken van een overgangsperiode.

drie uur) komt overeen met een dagelijkse blootstellingsduur van ongeveer 1,8 uur (volgens formule 4 paragraaf 3.1.3.2)⁸.



Figuur 9: Gemiddelde dagelijkse blootstelling (A_{typisch} (8)) aan trillingen tijdens het reinigen op een gesloten bedrijf met 210 zeugen, bij verschillende spuitopstellingen. Iedere box geeft mediaan, interkwartielen en range weer van de te verwachten blootstelling aan trillingen bij gebruik van de desbetreffende spuitopstelling. Separaat zijn “extremen” (*) weergegeven (zie 3.1.3.1). Met stippellijnen zijn grenswaarden uit de EU norm aangegeven (EU, 2002).

Uit figuur 9 blijkt dat de meest gangbare spuitopstelling (S) bij deze bedrijfsomvang een gezondheidsrisico veroorzaakt. Het monteren van een accumulator aan deze opstelling (A) nam dit risico niet weg. Ook de rechte spuitlans met een roterende nozzle (F) kan een gezondheidsrisico vormen. De trillingsbelasting bij de overige meetopstellingen vormt geen veiligheidsrisico, indien men buiten het werk met de hogedrukspuit niet aan lichaamstrillingen wordt blootgesteld.

⁸ Of dit middelen van de blootstelling over de week is toegestaan hangt af van de interpretatie van de begrippen ‘gewoonlijk’ en ‘incidenteel’. Gezien de grote variatie aan werkzaamheden op veebedrijven lijkt het alleszins redelijk. Daarnaast moet worden bedacht dat in de berekening alleen rekening is gehouden met blootstelling aan trillingen tijdens het reinigen. Op de meeste bedrijven is dat ook de enige relevante blootstelling. Komt beroepsmatig ook andere blootstelling voor, bijvoorbeeld op nevenbedrijven, moeten de blootstellingen worden opgeteld.

4.1.3 Subjectieve beoordeling

De gemiddelde scores van de beoordelingen van de benodigde kracht, de hoeveelheid trillingen, het reinigend vermogen en het algemene oordeel over de spuitopstellingen zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4 Gemiddelde scores van subjectieve beoordelingen

<i>code</i> ¹	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>X</i>	<i>sign.</i> ²
<i>handgreep</i>	<i>normaal</i>	<i>normaal</i>	<i>vingertip</i>	<i>vingertip</i>	<i>vingertip</i>	<i>normaal</i>	<i>vingertip</i>	<i>vingertip</i>	
<i>spuitlans</i>	<i>gebogen</i>	<i>gebogen</i>	<i>recht</i>	<i>recht</i>	<i>recht</i>	<i>gebogen</i>	<i>recht</i>	<i>recht</i>	
<i>nozzle</i>	<i>roterend</i>	<i>breedst.</i>	<i>roterend</i>	<i>balans.</i>	<i>breedst.</i>	<i>roterend</i>	<i>balans.</i>	<i>breedst.</i>	
<i>accumulator</i>	<i>ja</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	
kracht in hand ³	2,0	2,5	1,3	1,3	2,0	2,0	1,3	2,5	#
kracht in onderarm ³	1,3	2,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,8	n.s.
kracht in bovenarm ³	1,8	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0	2,3	n.s.
kracht in schouder ³	2,0	2,8	2,3	1,5	2,3	1,8	1,8	3,0	n.s.
trillingen ³	2,8 ^{bc}	2,0 ^b	3,0 ^c	2,3 ^b	2,0 ^{bc}	3,0 ^c	3,0 ^c	0,5 ^a	**
reinigend vermogen ⁴	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	n.s.
algemeen oordeel ⁴	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	n.s.

¹ Zie tabel 3 voor omschrijving van de spuitopstellingen.

² Significantie, er is sprake van significante verschillen als minimal twee opstellingen verschillend zijn beoordeeld, met: n.s. = niet significant; # = 0,05 < p < 0,1; * = 0,01 < p < 0,05; ** = 0,001 < p < 0,01. Welke spuitopstellingen verschillen blijkt uit de superscripts: gemiddelden met hetzelfde superscript in één rij verschillen niet significant.

³ Een lage score is beter dan een hoge: 0 = geen kracht/trillingen, 10 = maximale krachtsinspanning of extreem veel trillingen

⁴ Een hoge score is beter dan een lage: schaal van 1 ('totaal ongeschikt') tot 4 ('ideaal').

Alleen met betrekking tot de ervaren trillingen verschilt het oordeel van de proefpersonen over de proefopstellingen significant (p < 0,05). Daarnaast is er een tendens naar een verschil in benodigde handkracht (p < 0,1).

Uit tabel 4 blijkt dat bij opstelling X (fingertiphandgreep, rechte spuitlans, breedstraalnozzle en accumulator) veruit de minste trillingen werden gevoeld (p < 0,05). Voor het overige zijn de verschillen minder duidelijk, al valt het op dat de drie opstellingen met de hoogste gemiddelde scores voor trillingen niet waren voorzien van een accumulator. Tussen de normale roterende nozzle en de verbeterde roterende nozzle (opstelling F versus V) is gevoelsmatig geen verschil aangetoond.

Invloed van de afzonderlijke factoren op de onderzochte aspecten

Voor de beoordeling van de benodigde kracht in de hand is alleen een significant effect aangetoond van de handgreep&spuitlans combinatie. De Borgscore was lager (p < 0,05) en dus gunstiger bij gebruik van de fingertip handgreep met rechte spuitlans dan bij de normale handgreep met schuine spuitlans.

Er is geen invloed vastgesteld van de beproefde variabelen op de beoordeling van de benodigde kracht in de onderarm. De ervaren kracht op de bovenarm werd beïnvloed door het type nozzle ($p < 0,05$), het verschil tussen enerzijds breedstraalnozzle en anderzijds de beide roterende nozzles was significant.

Ook de ervaren kracht in de schouder wordt beïnvloed door het type nozzle ($p < 0,01$). De Borgscores bij de breedstraalnozzle en de verbeterd uitgebalanceerde roterende nozzle verschilden significant.

De hoeveelheid trillingen die de proefpersonen ervoeren was afhankelijk van de aanwezigheid van de accumulator en van het type nozzle. Er werden minder trillingen gerapporteerd bij gebruik van de accumulator dan zonder accumulator ($p < 0,05$) en minder trillingen bij gebruik van de breedstraalnozzle dan bij de beide roterende nozzles ($p < 0,01$).

Het totaaloordeel werd nauwelijks beïnvloed door de spuitopstelling, er was alleen een tendens naar een wat betere beoordeling van de opstelling met fingertip handgreep met rechte spuitlans dan van de normale handgreep met schuine spuitlans.

4.1.4 Reinigend vermogen

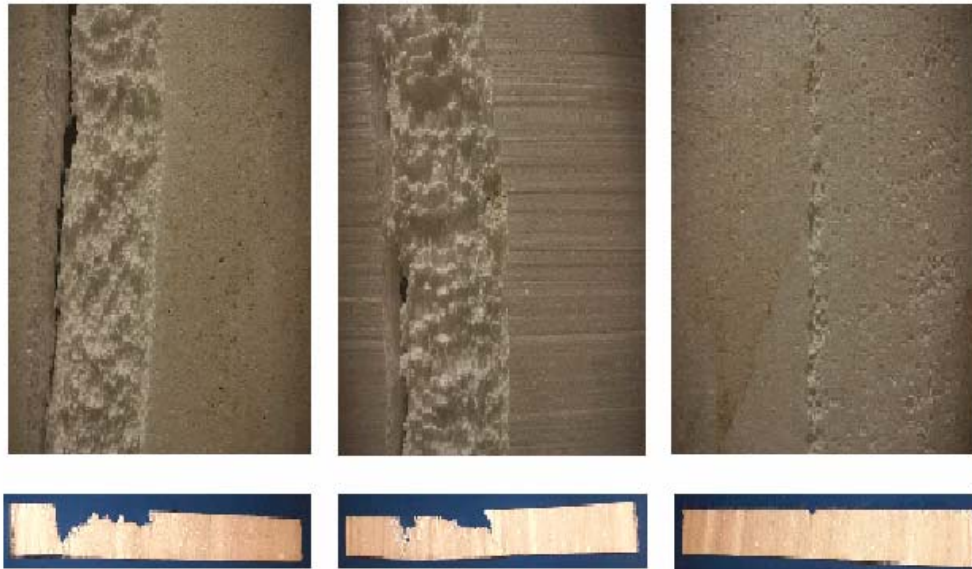
De meetresultaten van het experiment waarbij met de verschillende spuitopstellingen op tempex platen is gespoten zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5 Resultaten van de vergelijking van het reinigend vermogen van de spuitopstellingen

<i>code</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>X</i>
<i>greep</i>	<i>normaal</i>	<i>normaal</i>	<i>fingertip</i>	<i>fingertip</i>	<i>fingertip</i>	<i>normaal</i>	<i>fingertip</i>	<i>fingertip</i>
<i>lans</i>	<i>gebogen</i>	<i>gebogen</i>	<i>recht</i>	<i>recht</i>	<i>recht</i>	<i>gebogen</i>	<i>recht</i>	<i>recht</i>
<i>nozzle</i>	<i>roterend</i>	<i>breedst.</i>	<i>roterend</i>	<i>balans.</i>	<i>breedst.</i>	<i>roterend</i>	<i>balans.</i>	<i>breedst.</i>
<i>accumulator</i>	<i>ja</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>
gewichtsafname (g)	51	3	23	47	2	34	36	1,5
tijd (cmin)	4	100	4	3	96	3	3	103
afname (g/min)	1275	3	575	1567	2	1133	1200	1

Uit tabel 5 blijkt dat het tempex in de spuitopstellingen met roterende nozzles of beter uitgebalanceerde roterende nozzles veel sneller is weggespoten dan in de spuitopstellingen met breedstraalnozzles (B, R en X). Dit wijst erop dat het reinigend vermogen van deze nozzles veel groter is als de afstand tot het te reinigen voorwerp constant wordt gehouden op ongeveer 36 cm.

Figuur 9 toont het bovenaanzicht en een dwarsdoorsnede van drie van de acht tempex platen nadat ze volgens de standaardprocedure met één van de spuitopstellingen zijn afgespoten. De afgebeelde platen zijn behandeld met spuitopstelling S, V en B, en representatief voor de spuitopstellingen met respectievelijk een roterende nozzle, een beter uitgebalanceerde nozzle en een breedstraalnozzle.



Figuur 9: Bovenaanzicht en dwarsdoorsnede van tempex platen nadat ze zijn afgespoten met de roterende (links), de beter uitgebalanceerde (midden) en de breedstraalnozzle (rechts).

Een vergelijking van spuitopstellingen die alleen verschillen in het al dan niet gebruiken van de accumulator (S-A, G-V en X-R) laat zien dat er bij gebruik van de accumulator twee keer iets meer en één keer iets minder materiaal is weggespoten (tabel 5). Dit laatste betreft de spuitopstellingen met de breedstraalnozzle, waarbij in absolute zin zo weinig materiaal is weggespoten dat het genoemde verschil goed het gevolg kan zijn van afrondingsfouten.

Hoewel de bepaling van het reinigend vermogen te kleinschalig van opzet was om harde conclusies uit te kunnen trekken lijken de resultaten het subjectieve oordeel van de gebruikers, die het gevoel hadden dat de accumulator een ongunstig effect heeft op het reinigend vermogen, te weerleggen.

4.2 Automatische reinigingssystemen

Een automatisch reinigingstelsel in de vorm van een schoonmaakrobot kan een deel van de reinigingswerkzaamheden van een afdeling overnemen van de varkenshouder. Echter in Nederland zijn nog geen bedrijven die werken met een schoonmaakrobot, waardoor nog weinig bekend is over de schoonmaakrobot en het functioneren ervan. In bijlage B zijn de belangrijkste beoordelingscriteria daartoe weergegeven.

Verder is in dit hoofdstuk op basis van economische criteria een inschatting gemaakt van het perspectief van een schoonmaakrobot voor vleesvarkensbedrijven.

4.2.1 Beschikbare systemen

Op dit moment zijn er voor zover bekend twee schoonmaakrobots verkrijgbaar. Dit zijn de Clever Cleaner en de Multi Cleaner. De Clever Cleaner (zie figuur 5) wordt in Nederland verkocht onder de naam ALTO Wasrobot 02 door ALTO Nederland B.V. en Schippers Bladel B.V. De Multi Cleaner 2002 (zie figuur 10) wordt verkocht door Skiold Nederland B.V.



Figuur 10: De 'Multi Cleaner' van Skiold (foto Skiold-Echberg).

De schoonmaakrobots bestaan uit een zelfrijdend karretje met daarop een arm met de spuitlans. De arm stelt de robots in staat om met de spuitlans bij alle onderdelen van het hok te komen. Op de schoonmaakrobot wordt een hogedrukspuit aangesloten.

De robot van Alto wordt geprogrammeerd door een hele afdeling te reinigen, waarbij de robot met behulp van een joystick wordt aangestuurd. Het programmeren van een schoonmaaktijdschema vergt naar verwachting ruim drie uur per afdeling. Daarna kan de robot na elke ronde het voorgeprogrammeerde traject afwerken. Eén programma volstaat voor alle identieke afdelingen, voor elke afwijkende afdelingstype moet een ander programma worden ingevoerd.

4.2.2 Economisch perspectief

In Tabel 6 is de benodigde arbeid weergegeven voor het reinigen met de hogedrukreiniger of met de spuitrobot, op een bedrijf met 300 zeugen of met 2160 vleesvarkensplaatsen. De uitgangspunten staan in paragraaf 3.2.

Tabel 6: Jaarlijkse arbeidsbehoefte voor reinigen met hogedrukreiniger of met schoonmaakrobot (inclusief installatie) op een bedrijf met 300 zeugen of met 2160 vleesvarkensplaatsen

	<i>hogedrukspuit</i>	<i>schoonmaakrobot</i>
<i>300 zeugen</i>		
werktijd reinigen kraamafdeling (uur/afdeling)	3,1	1,2
werktijd reinigen afdeling gespeende biggen (uur/afd)	3,4	1,4
installatie en opruimen (uur/afdeling)	0,25	0,5
totale arbeidsbehoefte per jaar (uren)	364	161,2
<i>2160 vleesvarkens</i>		
werktijd reinigen (uur/afdeling)	5,0	2,0
installatie en opruimen (uur/afdeling)	0,25	0,5
totale arbeidsbehoefte per jaar (uren)	252	120

Onder de in paragraaf 3.2 beschreven uitgangspunten bedraagt de arbeidsbesparing bij gebruik van een schoonmaakrobot in plaats van reinigen met een hogedrukspuit op een bedrijf met 300 zeugen 200 uur arbeid per jaar en op een bedrijf met 2160 vleesvarkensplaatsen 130 uur arbeid per jaar.

In tabel 7 zijn de totale kosten van reinigen met een hogedrukspuit vergeleken met de kosten van het reinigen met de schoonmaakrobot

Tabel 7: Jaarlijkse schoonmaakkosten (€) op een bedrijf met 300 zeugen of met 2160 vleesvarkens

	<i>kosten per eenheid</i>	<i>300 zeugen</i>				<i>2160 vleesvarkens</i>			
		<i>hogedrukspuit</i>		<i>schoonmaakrobot</i>		<i>hogedrukspuit</i>		<i>schoonmaakrobot</i>	
		<i>uren</i>	<i>kosten</i>	<i>uren</i>	<i>kosten</i>	<i>uren</i>	<i>kosten</i>	<i>uren</i>	<i>kosten</i>
arbeidskosten	€ 17,11/uur	364	6.228	161	2.754	252	4.312	120	2.053
hogedrukreiniger			218		218		218		218
schoonmaakrobot					5.864				5.864
water	€ 1,16/m ³	338	470	372	518	240	334	264	367
mestafvoer	€ 15/m ³	338	6084	372	6692	240	4320	264	4752
energie	€ 0,1265/kWh	338	321	372	400	240	228	264	284
totaal			13.321		16.447		9.412		13.538

Volgens tabel 7 is voor zowel het bedrijf 300 zeugen als voor het bedrijf met 2160 vleesvarkensplaatsen reinigen met de schoonmaakrobot aanzienlijk duurder dan werken met de hogedrukspuit. Voor het zeugenbedrijf bedraagt het verschil ruim € 3.000,= en voor het vleesvarkensbedrijf ruim € 4.100,=. Vooral de jaarkosten van de schoonmaakrobot dragen hier aan bij. Omdat een gemengd bedrijf bij een goede planning met één schoonmaakrobot alle stallen moet kunnen reinigen zijn de kosten van reinigen met een schoonmaakrobot dan relatief lager. Toch is het handmatig met een hogedrukspuit reinigen dan nog € 1170,= voordeliger dan reinigen met een schoonmaakrobot.

Omdat de jaarkosten in principe constant zijn gehouden (paragraaf 3.2) pakt gebruik van de schoonmaakrobot op grotere bedrijven financieel gunstiger uit dan op kleinere bedrijven. Daarom zijn in tabel 8 de kosten berekend voor een bedrijf met 4320 vleesvarkensplaatsen.

Tabel 8: Jaarlijkse schoonmaakkosten (€) op een bedrijf met 4320 vleesvarkensplaatsen

	<i>kosten/eenheid</i>	<i>hogedrukspuit</i>		<i>schoonmaakrobot</i>	
		<i>uren</i>	<i>kosten</i>	<i>uren</i>	<i>kosten</i>
arbeidskosten	€ 17,11/uur	492	€ 8.418	216	€ 3.696
hogedrukreiniger			€ 218		€ 218
schoonmaakrobot					€ 5.864
water (1,2 m ³ /uur)	€ 1,16/m ³	480	€ 668	528	€ 735
mestafvoer (1,2 m ³ /uur)	€ 15/m ³	480	€ 8.640	528	€ 9.504
energie (7,5 kWh)	€ 0,1265/kWh	480	€ 455	528	€ 568
totaal			€18.399		€20.585

Ook voor een bedrijf met 4320 vleesvarkensplaatsen blijkt dat de schoonmaakrobot duurder is dan handmatig reinigen met een hogedrukspuit. Het verschil bedraagt nog € 2186,=.

4.2.3 Perspectief arbeidsomstandigheden en overige zaken

Een aandachtspunt dat bij het economische perspectief niet mee is genomen, is de verbetering van de arbeidsomstandigheden en de gezondheid van de ondernemer en/of werknemers. Bekend is dat schoonmaakwerkzaamheden met een hogedrukreiniger onaangenaam werk is, een hoge fysieke belasting veroorzaakt en tot fysieke klachten leidt (Hartman et al., 1999).

De tijd die niet besteed hoeft te worden voor het schoonmaken kan voor andere zaken worden ingezet. Andere positieve aspecten van de schoonmaakrobot zijn mogelijk: het makkelijker kunnen aantrekken van personeel, het minder afhankelijk zijn van personeel en mogelijk lagere piekbelastingen in benodigde arbeid en kortere leegstand van de afdelingen doordat de robot ook gedurende de nacht kan doorwerken.

4.2.4 Perspectief van een schoonmaakrobot

Op basis van de in dit hoofdstuk geschetste zaken, kan aanschaf van een schoonmaakrobot op puur economische gronden niet uit. Hierbij dient de kanttekening te worden geplaatst dat voor de economische berekening nogal wat weinig of niet onderbouwde veronderstellingen zijn gedaan, omdat er nog geen schoonmaakrobots in de praktijk werken. Onderzoek en praktijkervaringen zullen moeten uitwijzen wat nou de werkelijke kosten en voor- en nadelen zijn.

Behalve wegens economische motieven kan een varkenshouder ook een schoonmaakrobot aanschaffen op andere gronden, zoals het voorkomen van gezondheidsproblemen, minder onaangenaam werk te hoeven uitvoeren, gemakkelijker personeel kunnen aantrekken, *et cetera*. Dergelijke afwegingen moet iedere varkenshouder voor zichzelf maken.

4.3 Gemakkelijker reinigen

Maatregelen om een stal gemakkelijker te kunnen reinigen kunnen worden onderverdeeld in drie groepen, namelijk verminderen van de hokbevuiling, verbeteren van het schoonmaakproces en verbeteren van de reinigbaarheid.

4.3.1 Verminderen van hokbevuiling

Om bevuiling te beperken moet de indeling van hokken zijn afgestemd op het gedrag van de dieren. Bij varkens kan gebruik worden gemaakt van het natuurlijke mestgedrag. Het Handboek Varkenshouderij (Praktijkonderzoek, 2004) geeft als voorbeelden de plaatsing van de voerbak (waar de voerbak staat mesten varkens bij voorkeur niet) en een gedeeltelijk open hokafscheiding (waar de varkens door de spijlen kunnen kijken zullen ze eerder mesten).

Indien brijvoer wordt gevoerd moet de indeling weer anders zijn, want als brijvoer wordt gemorst ontstaan natte plekken in het hok, die in veel gevallen zullen worden gebruikt als mestplaats (zie figuur 11). Om te voorkomen dat de dichte vloer als mestplaats wordt gebruikt dient deze zo droog mogelijk te blijven. Daarom is het belangrijk dat deze schuin of bol is uitgevoerd met voldoende afschot (Spoolder *et al.*, 2003).



Figuur 11: Een hok dat niet goed is uitgevoerd werkt hokbevuiling in de hand, zeker als ook het voermanagement niet goed is (foto H. Hendriks)

Ook de samenstelling van het voerrantsoen en het voerregime hebben invloed op de mate van hokbevuiling. Van bepaalde bijproducten is bekend dat ze de vorming van mestkoeken (zie paragraaf 4.3.2) bevorderen. Ze worden toch in bepaalde rantsoenen opgenomen om tegen relatief lage kosten een volwaardig rantsoen te kunnen verstrekken. Afgezien van individuele gebruikservaringen is er geen kwantitatieve informatie bekend over de invloed van voercomponenten op de mate van hokbevuiling of op de schoonmaaktijd.

Qua voerregime is het belangrijk dat de trog niet vol voer blijft staan, maar regelmatig wordt leeggegeten (Spoolder *et al.*, 2003).

Tenslotte kan het mestgedrag van varkens worden gestuurd door aanpassing van de ruimtetemperatuur. In hokken met voldoende ruimte (in het onderzoek van Aarnink *et al.* (2000) 1 m² per varken) wordt bij lage temperaturen weinig op de dichte vloer gemest, totdat een 'buigpunt' wordt bereikt. Vanaf die temperatuur neemt de fractie mest op de dichte vloer vrijwel lineair toe met de temperatuur. Het buigpunt is afhankelijk van de warmteproductie van de varkens, en daarmee van hun gewicht en groei. In het onderzoek van Aarnink *et al.* (2000) lag het buigpunt bij varkens van 25 kg rond de 25 °C en bij varkens van 100 kg rond de 20 °C.

Bij vleespluimvee wordt tot op heden nauwelijks getracht het mestgedrag te sturen, maar wordt door andere maatregelen getracht het strooisel zo droog mogelijk te houden. Dit gebeurt onder andere door te voorkomen dat water wordt gemorst. In recent onderzoek wordt getracht het

mesten zoveel over de stal te spreiden door de voerbakken door de stal te laten bewegen (Ellen, persoonlijke mededeling⁹). De effectiviteit hiervan is nog niet bekend.

In stallen voor scharrelkippen wordt getracht de mestplaatsen zoveel mogelijk te concentreren rond de voer- en drinkplaatsen, en de mest onder een rooster op te vangen. Op deze manier wordt het strooisel zoveel mogelijk droog gehouden.

4.3.2 Verbeteren van het reinigingsproces

Bij het all in-all out systeem worden doorgaans de volgende fasen in het reinigen van een stal of afdeling onderscheiden: bezemschoon maken, inweken, reinigen en desinfecteren

De volgende fase bestaat, afhankelijk van de mate van bevuilding, uit inweken. Hierdoor moet het vast zittend vuil wat minder vast komen te zitten. Vervolgens wordt er gereinigd, in de praktijk gebeurt dit met een hogedrukspuit. Hierbij wordt doorgaans koud water zonder toevoegmiddelen verspoten onder hoge druk (100 tot 200 bar) en met een debiet van ongeveer 16 liter per minuut. Tenslotte kan er worden gedesinfecteerd; dit gebeurt meestal chemisch.

Bezemschoon maken

Om te voorkomen dat vuil vast droogt moet de stal of afdeling zo snel mogelijk nadat deze is leeg gekomen 'bezemschoon' gemaakt worden. Dit wil zeggen dat al het los zittende vuil, zoals mest en voerresten, wordt verwijderd.

In stallen voor vleespluimvee wordt hierbij vaak gebruikt gemaakt van hulpmiddelen als een bobcat of een trekker met voorlader. Varkensstallen worden veelal handmatig bezemschoon gemaakt. Vooral in stallen voor vleesvarkens die brijvoer met bijproducten hebben gehad kunnen harde mestkoeken zijn ontstaan. Deze zijn erg moeilijk te verwijderen. In het verleden is bijvoorbeeld geëxperimenteerd met 'mestschrappers' – een grote door de hogedrukspuit aangedreven beetel – maar zonder veel succes. Voor het verwijderen van mestkoeken zijn nog geen goede hulpmiddelen voorhanden.

Inweken

In de praktijk wordt er verschillend omgegaan met het inweken. Een aantal veehouders zegt helemaal niet in te weken, maar de stal nat te maken en vervolgens meteen te beginnen met reinigen (hogedrukspuit). In feite wordt een deel van de stal dan inderdaad nauwelijks ingeweekt, maar weekt de rest van de stal in terwijl het voorgaande wordt gereinigd.

De Werkgroep Stalhygiëne (1974) adviseerde om varkensstallen gedurende vier uur in te weken met water. De benodigde werktijd voor het reinigen nam dan met 40% af ten opzichte van niet inweken. Larsson (2000) adviseert daarentegen een inweekperiode van 24 uur als er wordt ingeweekt met koud water zonder inweekmiddel. Tijdens het weken mag de stal niet opdrogen, daarom kost vier uur inweken nogal veel water en – afhankelijk van de mate van mechanisatie – tijd. Ook is het van belang dat de stal en stalrichting helemaal nat worden, ook de moeilijk bereikbare plaatsen.

⁹ De Heer H. Ellen is onderzoeker bij het Praktijkonderzoek van de Animal Sciences Group van Wageningen UR.

Sindsdien zijn chemische inweekmiddelen ontwikkeld, waarmee de inweektijd sterk kan worden verkort (Roelofs *et al.*, 1993). Afhankelijk van de inweekmethode die met zuiver water werd toegepast kan met gebruik van minder water en in minder tijd een beter schoonmaakresultaat worden bereikt (Roelofs en Plagge, 1998). Laatstgenoemden lieten varkensstallen (kraamhokken en hokken voor gespeende biggen) inweken met Stafilax Schuim ®, en vervolgens 15 minuten wachten alvorens werd begonnen met het reinigen van de afdeling. In een proefopstelling vonden Banhazi *et al.* (2003) dat het niet zinvol was om met gebruik van het inweekmiddel (Cyndan Farm Mate™) langer dan een uur in te weken. Banhazi *et al.* (2003) sluiten echter niet uit dat in zeer sterk vervuilde stallen langer inweken wel zinvol is.

Reinigen

Stallen en afdelingen worden standaard gereinigd met een hogedrukspuit. Met name de werkdruk is de afgelopen decennia toegenomen van ongeveer 30 atmosfeer tot momenteel 150 tot 200 atmosfeer. Het motief hiervoor was te besparen op werktijd en op waterverbruik. Dit laatste is met name van belang omdat het water later moet worden afgezet als mest.

Roelofs *et al.*, 1993 hebben voor het reinigen van varkenstallen bij een druk van 60 bar de invloed van verschillende debieten tussen 16 en 46 liter per minuut op werktijd en waterverbruik gemeten. Reinigen met een hoger debiet kostte minder tijd, maar meer water dan reinigen met een lager debiet. Vanwege de lagere afzetkosten voor mest was het laagste debiet financieel het meest aantrekkelijk.

Normaal wordt in stallen waarin wordt gereinigd met een hogedrukspuit gebruik gemaakt van koud water. In normaal bevulde stallen is reinigen met warm water niet zinvol, maar in stallen met mestkoeken of een vetlaag kan beter warm water worden gebruikt, omdat dit beter zou indringen in de mestkoeken (Larsson, 2000; Varkens, 2004d).

Ook is het in sommige gevallen aan te bevelen na het reinigen nogmaals in te weken en de stal opnieuw te reinigen. Op deze manier wordt opnieuw een hoeveelheid organisch materiaal verwijderd, hetgeen het resultaat van het desinfecteren verbetert (Varkens, 2004d). Met name bij besmettingen met Clostridium, PIA, Brachispyra, Salmonella, E. coli of coccidiose deze procedure zinvol.

Desinfecteren

Micro-organismen kunnen een biofilm vormen, een slijmerig laagje dat moeilijk verwijderd kan worden en waarin de micro-organismen beschermd zijn tegen desinfectiemiddelen. De vorming van biofilms gaat zo snel dat het zelfs in de voedingsmiddelenindustrie niet mogelijk is om ze te voorkomen (Meyer, 2003), dus in de veehouderij zal het zeker niet mogelijk zijn. Verwijderen van een biofilm gaat beter met fysieke kracht (bijvoorbeeld een hoge drukspuit) dan met desinfectantia. Voor desinfectie van stallen worden in Nederland vaak quaternaire ammoniumverbindingen ('quats') of chloriden toegepast.

Omdat met name de quats zeer slecht in staat zijn een biofilm af te breken (Holah *et al.* (1990), geciteerd door Meyer, 2003) en organisch materiaal desinfectiemiddelen neutraliseert (Böhm, 1998) moet het oppervlak goed schoon zijn voordat effectief kan worden gedesinfecteerd.

De optimale temperatuur van het desinfectiemiddel is ongeveer 40 °C, terwijl de te desinfecteren oppervlakken ongeveer 20 °C moeten zijn. Bij wat lagere temperaturen moet de concentratie van het desinfectiemiddel worden verhoogd, terwijl bij minder dan 10 °C geen goede desinfectie mogelijk is (Böhm, 1998). (Böhm, 1998). Ook een lage RV of hoge luchtsnelheden hebben een ongunstig effect op het desinfectieresultaat (Böhm, 1998).

Om te voorkomen dat het ontsmettingsmiddel teveel verdund raakt moet er voldoende tijd zijn tussen reinigen en desinfecteren, opdat de stal goed droogt (Rohde, 1992). Om dezelfde reden dient gedesinfecteerd te worden met een gieter, een rugspuit of een speciaal apparaat.

Desinfecteren via de hogedrukspuit is te onnauwkeurig (Varkens, 2004d).

Van toegelaten desinfectiemiddelen is de werkzaamheid door de fabrikant aangetoond, maar dan moet wel de gebruiksaanwijzing worden aangehouden. Eén van de aandachtspunten is dat met een grove druppel gedesinfecteerd moet worden.

Ook de veiligheid voor de gebruiker is bij de toelating beoordeeld. Als de voorschriften strikt worden nageleefd komt die niet in het geding.

4.3.3 Verbeteren van reinigbaarheid

Veehouders besteden volgens Boon en Wray (1989) te weinig aandacht aan reinigbaarheid, vaak met als argument dat de stal toch direct weer vuil wordt. Ze noemen een aantal criteria waaraan stalrichting moet voldoen: gemakkelijk reinigbaar, niet te beschadigen door de dieren of door het reinigen, ongevoelig voor roest en slijtage en – afhankelijk van de toepassing – thermische isolatie. Om gemakkelijk gereinigd te kunnen worden moeten materialen glad en constructies zoveel mogelijk dicht zijn (Roelofs, 1993). Boon en Wray (1989) concluderen dat de blootstelling van landbouwhuisdieren aan micro-organismen verminderd moet kunnen worden door te kiezen voor vlakke constructies van materialen die gemakkelijker reinigbaar zijn.

Materiaalkeuze

De literatuur over reinigbaarheid van materialen is beperkt, in veel gevallen gebaseerd op gebruikservaringen en soms tegenstrijdig.

De onderdelen van de stal waarmee varkens of pluimvee in contact komen zijn doorgaans opgetrokken uit beton, terwijl de stalrichting vooral bestaat uit metalen en kunststof. Hout is bijzonder slecht te reinigen (Werkgroep Stalhygiëne, 1974; Sundahl, 1975) en wordt nog nauwelijks gebruikt. Gladde kunststof wanden zijn het gemakkelijkst te reinigen, gevolgd door metaal. Beton is redelijk te reinigen zolang het onbeschadigd is. Als beton beschadigd is, is een coating nodig om weer tot een acceptabel reinigingsniveau te komen (Varkens, 2004d). De reinigbaarheid van de in het verleden veel gebruikte asbestcementplaten is matig (Sundahl, 1975; Werkgroep Stalhygiëne, 1975).

Er zijn echter ook onderzoeken waaruit blijkt dat gladde, harde oppervlakken moeilijk te reinigen zijn. Volgens Sundahl (1975) is het bijvoorbeeld erg moeilijk om met een hogedrukspuit koeienmest van geglazuurde of ceramische tegels te spuiten, maar lukt het wel goed met een borstel. Asbestcementplaten en gegalvaniseerd metaal zouden zelfs met een borstel niet goed te reinigen zijn. Ook volgens de Werkgroep Stalhygiëne (1975) is een muur met schuurwerk

gemakkelijker te reinigen dan de (gladdere) asbestcementplaat. Wellicht speelt hier mee dat het onderzoek gedateerd is, Sundahl gebruikte in proefopstellingen waterdrukken van 50 tot 80 bar, terwijl tegenwoordig veel hogere drukken tot 200 bar gebruikelijk zijn. Ook aan de nozzles is sinds 1975 veel veranderd. Het enige vergelijkende onderzoek met moderne hogedrukreinigers naar de reinigbaarheid van verschillende materialen in stallen is beschreven onder ‘stalinrichting’.

Ruwbouw

Het grootste deel van de ruwbouw waarmee de dieren in aanraking komen (vloeren, roosters, wanden) bestaat uit beton. Beton is een relatief goedkoop bouw materiaal met een lange levensduur. Een (rooster-)vloer van metaal of kunststof is gemakkelijker te reinigen dan een betonnen vloer (Roelofs en Plagge, 1995; Pigs, 1996), maar ook bij betonnen vloeren en roosters bevordert een gladde afwerking de reinigbaarheid. Vloeren mogen ook weer niet te glad zijn omdat veehouders of hun dieren anders gemakkelijk uitglijden. Wat dat betreft moet voor de vloeren een compromis gesloten worden (Agriconstruct, 2003).

Voorkomen moet worden dat het beton beschadigd raakt, omdat het daardoor moeilijker te reinigen is, wat ziekteoverdracht bevordert (De Belie *et al.*, 2000b). Tijdens een onderzoek in Vlaanderen was 40% van de betonvloeren in varkensstallen beschadigd (De Belie, 1977).

Opmerkelijk was het verschil tussen beton die door de varkenshouders zelf was gemaakt en beton van betoncentrales. Na vijf jaar was al 22% van de zelfgedraaide beton beschadigd, ten opzichte van minder dan 5% van de beton uit centrales. Na 15 jaar waren deze percentages respectievelijk 71% en 22% (De Belie *et al.*, 2000b)¹⁰.

Veel auteurs, waaronder Frénay en Zilverberg (1993) noemen het reinigen met drukken van vaak 80 tot 150 bar één van de belangrijke mechanische oorzaken van vloerbeschadiging. De Belie (1977) vond daarentegen juist minder beschadiging bij vloeren die regelmatig met een hogedrukspuit werden gereinigd dan bij vloeren die niet of incidenteel werden gereinigd. Hij schrijft dit toe aan het verwijderen van een vaak zure laag vuil, met name rond de voerbak, die middels chemische reacties het beton aantast.

Om de reinigbaarheid van beton te verbeteren kan de oppervlakte na uitharding behandeld worden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen hydrofoberen (een zeer dunne bekleding van oppervlak en poriën met een hydrofobe stof), dichten (hierbij worden de poriën gevuld, resulterend in betere reinigbaarheid en slijtweerstand) en aanbrengen van een oppervlaktelaag (variërend van coatings tot bekleding of tegels). Literatuur geeft aan dat de reinigbaarheid verbetert (o.a. Agriconstruct, 2003), maar er is geen kwantitatieve informatie over het effect op de reinigbaarheid in stallen gevonden.

¹⁰ Een veel gemaakte fout is dat er teveel water aan de betonmortel wordt toegevoegd. De massa van de betonmortel mag voor maximaal 40% uit water bestaan, omdat dit in het beton wordt gebonden. Als er meer water in zit moet dit verdampen, waardoor een meer poreuze beton ontstaat. Maar behalve de hoeveelheid water heeft ook de chemische samenstelling van de betonmortel (bijvoorbeeld het percentage tricalcium aluminaat (3CaO : Al₂O₃) of het toevoegen van vliegas) invloed op de kwetsbaarheid van het beton (De Belie *et al.*, 2000b).

Stalinrichting

In veel stallen bestaat een groot deel van de stalinrichting uit metalen en kunststoffen. Bij gebruik van kunststoffen is het van belang dat ze glad zijn, en niet door beschadiging ruw worden. Het reinigen van afscheidingen die bestaan uit spijlen is zeer lastig; het reinigen van een wand die bestaat uit 8 cm uit elkaar staande spijlen duurt bijna vier keer zolang als het reinigen van een muur die is bezet met schuurwerk (Werkgroep Stalhygiëne, 1975). Verder is vuil op een lichte kleur kunststof beter zichtbaar dan op een donkere kleur, wat resulteert in een beter reinigingsresultaat (Roelofs en Plagge, 1995).

Roelofs (2000) heeft de reinigbaarheid van metalen vergeleken, die verschilden qua materiaal en vorm. Hij deed dat aan de hand van de boxafscheidings in kraamhokken voor varkens. Roelofs (2000) vond dat roestvaststalen boxafscheidings na dezelfde reinigingsprocedure beter schoon waren dan thermisch verzinkte boxafscheidings. Middels ATP-metingen is vastgesteld dat er minder organisch materiaal was achtergebleven. De invloed op het kiemgetal wees in dezelfde richting, maar was niet significant.

Ook de vorm van de buizen heeft invloed op het reinigingsresultaat. De ATP-waarde was na het reinigen van boxafscheidings bestaande uit ruitvormige roestvaststalen buizen gunstiger dan na het reinigen van boxafscheidings bestaande uit vierkante roestvaststalen buizen (beide typen met de punt omlaag). Er is geen verschil gevonden tussen ronde verzinkte en vierkante verzinkte buizen. De visuele beoordelingen en kiemgetalbeoordelingen wezen in dezelfde richting als de ATP-scores, maar waren niet significant.

Een ander voordeel van roestvast staal is dat dit materiaal de vorming van de in paragraaf 3.3.2 beschreven biofilms – een slijmerig laagje dat moeilijk verwijderd kan worden en waarin de micro-organismen beschermd zijn tegen desinfectiemiddelen – tegen gaat (Rogers *et al.* (1994), geciteerd door Meyer, 2003).

Omdat corrosie de reinigbaarheid van metalen zeer sterk vermindert moet die zoveel mogelijk worden beperkt. Voerresten, reinigingsmiddelen (met name chloor bevattende desinfectantia), mest, stof en een RV van meer dan 70 tot 85% bevorderen corrosie. Literatuur over de vermeende ongunstige invloed van bacteriën en de beschermende werking van door bacteriën gevormde biofilms is niet eenduidig (De Belie *et al.*, 2000a).

Om corrosie te voorkomen kan gebruik gemaakt worden van materialen als roestvast staal, ceramische materialen of polymeren, al zijn sommige van de laatste gevoelig voor het UV in zonlicht. Ook roestvast staal kan worden aangetast, bijvoorbeeld als chloorionen de beschermende laag chromoxide afbreken. Hierdoor ontstaan kuiltjes in het staal (De Belie *et al.*, 2000a).

Ontwerp

Roelofs (2000) heeft de reinigbaarheid van boxafscheidings in kraamhokken voor varkens onderzocht, die verschilden qua materiaal en vorm. Hij stelde vast dat de reinigbaarheid van de constructie onvoldoende is; de onderste buizen van de vast opgestelde kraamboxen waren na het reinigen onvoldoende schoon.

Roelofs (2000) verwacht echter dat een andere materiaalkeuze niet voldoende zal zijn, omdat bij de stalinrichting ook rekening gehouden moet worden met de bereikbaarheid van alle te reinigen oppervlakken. Zo zullen de boxafscheidings vermoedelijk beter gereinigd kunnen worden als ze eenvoudig opgeklapt kunnen worden. In 2003 is een dergelijke constructie genomineerd voor de Wijffels Innovatieprijs (Varkens, 2003c).

Op het varkensproefbedrijf in Rosmalen zijn gunstige ervaringen opgedaan met kantelbare voerbakken voor vleesvarkens. Met behulp van een kantelmechanisme kunnen de soms zware voerbakken eenvoudig weggenomen worden en kunnen ze beter worden gereinigd, wordt voorkomen dat er tijdens het reinigen van de hokken weer vuil in de bakken terecht komt en worden de achterkant van de voerbak, de hokafdeling en de vloer veel beter bereikbaar (Roelofs, 2000). Door de juiste keuze van het draaipunt is de fysieke belasting tijdens het kantelen beperkt.

Voor roostervloeren geldt hetzelfde. Het is vrijwel onmogelijk deze voldoende te reinigen (Berner, 1980). Als ze opklapbaar worden gemaakt, zoals in sommige regio's in Frankrijk (anonymus, 1998), zijn de putten en de onderkanten van de roosters wel goed te reinigen. Daarnaast vermindert een mestspleet langs de wand de mate van hokbevuiling, wat gunstig is tijdens het reinigen (Roelofs en Plagge, 1995).

De hoeveelheid dichte vloer in hokken voor vleesvarkens heeft invloed op de mate van hokbevuiling. Volgens Van den Heuvel en Spoolder (2002) komt in hokken met 0,6 m² per varken dichte vloer meer hokbevuiling voor dan in hokken met 0,4 m² per varken (totaal vloeroppervlak in beide gevallen 1 m² per varken).

Behalve rechtstreeks heeft het ontwerp heeft ook via effecten op de corrosiegevoeligheid invloed op de reinigbaarheid. De Belie *et al.* (2000a) menen dat het nut van drainagegaatjes soms wordt overschat, maar dat goede ventilatie van het metaal, aflopende oppervlakken en goede bereikbaarheid voor onderhoud gunstig werken. Ook door metalen verticale staanders zodanig in beton te storten dat vocht en vuil van het metaal weggelopen wordt de levensduur ervan verlengd. Tenslotte adviseren ze een isolerende laag in metalen constructies als galvanische reacties tussen verschillende metalen zijn te voorzien.

caotings

Hoewel in literatuur geen kwantitatieve gegevens zijn gevonden, is het aannemelijk dat caotings die ruwe oppervlakken (beton, cement) in stallen gladder maken, een gunstige invloed hebben op de reinigbaarheid. Zeker zo belangrijk zal zijn dat ze slijtage verminderen. Vooral als bijproducten aan varkens worden gevoerd is beton gevoelig voor slijtage, omdat het alkalische beton wordt aangetast door de organische zuren in het voer.

4.4 Alternatieve reinigingsmethoden

Verschillende bedrijven zijn bezig met de ontwikkeling van alternatieve reinigingsmethoden. Vooralsnog is geen van deze methoden geschikt voor toepassing in stallen. In deze paragraaf staat enige informatie over de methoden

- **Dry ice**
 'Dry ice', dat is zeer sterk gekoeld en samengeperste en daardoor vloeibare stikstof, wordt op het te reinigen oppervlak gespoten. Het vuil befrist, krimpt en laat los van het oppervlak. Het kan dan met een stofzuiger worden weggezogen. De fysieke belasting vermindert, door verbetering van de werkhouding en wellicht een kortere werkduur. Een ander voordeel is vermindering van de afvalstroom (CryoJet, 2002). Omdat er geen water wordt verbruikt wordt door het reinigen geen extra mest geproduceerd. Toepassing in stallen lijkt echter onwaarschijnlijk, omdat de besparing op mestafvoer niet snel zal opwegen tegen de extra kosten.
 Het systeem wordt geleverd door CryoJet B.V. te Rotterdam (010 – 2413736).
- **Ice blast**
 Bij toepassing van deze techniek worden ijsdeeltjes (bevroren water) onder druk op het te reinigen oppervlak gespoten.



Figuur 12: Reinigen met het Ice Blast systeem

Het ijsklontje is een vast deeltje dat vanwege de kinetische energie de vervuiling 'aanvalt'. De vervuiling zal loslaten als het momentum van het ijsklontje groter is dan de kleefkracht van de vervuiling. Zodra het ijsklontje met grote snelheid inslaat op de vervuiling zal het 'indeuken' tot het geheel is gesmolten. Hierbij ontstaat een zeer sterke interactie tussen het indeukende ijsklontje en het te reinigen oppervlak. Het indeukende ijsklontje zal een uitweg zoeken om zijn kinetische energie kwijt te kunnen. Het schrobbende effect wat hierdoor ontstaat heeft een grote reinigende werking. Het reinigende effect van Ice Blast bij 7 Bar is te vergelijken met een waterstraal van ongeveer 300 bar. Tenslotte spoelen de gesmolten ijsklontjes - evenals bij andere technieken - de losgekomen vervuiling weg (Ice Blast BV, 2003).

Voordelen van dit systeem ten opzichte van hogedrukreiniging zijn de lage druk (5 tot 12 bar), het geringe waterverbruik (ongeveer 100 liter per uur; 1,7 liter/minuut) waardoor het reinigen nauwelijks extra mest oplevert. Door de lage druk en doordat chemische

bestrijdingsmiddelen niet nodig zijn is het een relatief veilig systeem (Ice Blast BV, 2003). Een nadeel is het hoge geluidsvolume dat deze reinigingsmethode veroorzaakt. Ook hier geldt echter dat toepassing in stallen onwaarschijnlijk is, omdat de besparing op mestafvoer niet snel zal opwegen tegen de extra kosten. Het systeem wordt geleverd door Ice Blast B.V. te Den Burg (0222 – 320205).

5 Discussie

5.1 Beoordeling van aanpassingen aan de hogedrukspuit

Doel van dit deelonderzoek was het verminderen van de fysieke belasting tijdens het reinigen met een hogedrukspuit. De effecten van verschillende spuitopstellingen op benodigde spierkracht en op blootstelling aan trillingen zijn gemeten door middel van EMG metingen en trillingsmetingen aan zeven proefpersonen.

Definitie lichaamszijde

De proefpersonen waren allemaal rechtshandig, hetgeen betekent dat ze de handgreep met de rechterhand vast hielden en bedienden, en met de linkerhand de spuitlans stuurden (zie figuur 13). Bij de EMG metingen is onderscheid gemaakt tussen de linker en de rechterkant van het lichaam. In principe wordt daarmee bedoeld of het de schouder of arm betreft waarmee de handgreep wordt bediend of waarmee de spuitlans wordt gestuurd.



Figuur 13: Spuitopstelling met proefpersoon

Grenswaarden EMG

In hoeverre de kracht die nodig is voor het reinigen een gezondheidsrisico vormt is niet hard vast te stellen. Malchaire *et al.* (2001) hanteren als grens 15% van MVC. Deze grens geldt echter voor afzonderlijke spieren, en niet voor gemiddelden zoals gepresenteerd in figuur 7. Bij het berekenen van de gemiddelde spieractiviteit van een groep spieren is het mogelijk dat één spier meer belast wordt dan de andere, waardoor er al bij een gemiddelde belasting van minder dan 15% van de maximale spieractiviteit klachten kunnen ontstaan. Dat de spiergroep toch als één geheel wordt beoordeeld is omdat de spieren samenwerken om de knijpkracht op te wekken, en dat er aanwijzingen zijn dat bij vermoeidheid van één spier taken worden overgenomen door een andere. Dit verschijnsel wordt wel alternerende spieractiviteit genoemd, en is aangegeven als mechanisme om spiervermoeidheid te voorkomen (Dûchene en Goubel, 1990).

Daarnaast is de grenswaarde van 15% niet hard onderbouwd. Sluiter *et al.* (2000) formuleren een grenswaarde voor spieren in de onderarm op basis van de knijpkracht in de hand, namelijk 40 N. Oude Vrielink *et al.* (2004) vonden als maximale knijpkracht van een groep proefpersonen uit de

fruitteelt 497 N (mediane waarde; range: 348 - 605 N). In dat geval was 40 N slechts 8% van het maximum, en zou de grenswaarde dus 8% zijn. Echter, verwacht mag worden dat de groep ervaren snoeiers uit het onderzoek van Oude Vrielink *et al.* (2004) een bovengemiddelde spierkracht in de handen had. Daarom is in het onderhavige onderzoek een grenswaarde van 10% aangehouden, waarboven sprake is van een vergroot risico.

Als grenswaarde van veilige belasting is 5% aangehouden, maar ook daarbij is voorzichtigheid op zijn plaats. In situaties waarin een bepaalde spier langdurig en continu moet worden gebruikt, en er dus geen afwisseling mogelijk is met andere spiergroepen, kan zelfs deze geringe mate spieractiviteit leiden tot spierversmoeding (bijvoorbeeld Caffier *et al.*, 1992). Gezien de aard van het spiergebruik tijdens het reinigen is echter aangenomen dat 5% spieractiviteit in deze situatie veilig is.

De gehanteerde grenswaarde van 10% van MVC werd tijdens het reinigen met een standaard handgreep door het merendeel van de proefpersonen overschreden in de gezamenlijke bemeten onderarmspiers (figuur 7). Uit bijlage C kan worden afgeleid dat de *flexor carpi radialis* (FCR), veel meer werd belast dan de andere bemeten spieren in de onderarm. Als in plaats van de normale handgreep een fingertiphandgreep wordt gebruikt neemt de spieractiviteit in de onderarm af tot onder de bovenste grenswaarde, en is er nog sprake van een mogelijk gezondheidsrisico.

De spieractiviteit in de rechter bovenarm en schouder vormde bij de schuine spuitlans met normale handgreep bij de helft van de proefpersonen een mogelijk risico en was bij de andere helft veilig. Bij gebruik van een rechte spuitlans met fingertiphandgreep verschuift de belasting iets naar de veilige kant.

De belasting van de linker bovenarm vormt nergens een knelpunt voor de gezondheid.

Berekening blootstelling aan trillingen

Bij de verwerking van de meetgegevens van het trillingsonderzoek is de totale trillingswaarde (A_{hv}) berekend als de wortel van de som van de kwadraten van elk van de drie RMS trillingswaarden. Feitelijk is dit niet geheel correct, omdat de drie trillingssignalen die worden samengevoegd niet op dezelfde plaats zijn gemeten. Het meten van alle signalen op twee plaatsen was binnen het onderzoek echter praktisch niet uitvoerbaar. Daarom is ervoor gekozen om weliswaar te meten in alle drie de richtingen, maar om ze te meten op de plaatsen waar ze naar verwachting maximaal waren, dan wel het zuiverst gemeten konden worden. Het is mogelijk dat dit heeft geleid tot een overschatting van de trillingsbelasting. Echter, of dit daadwerkelijk het geval was in niet zondermeer te stellen.

Verder zijn de versnellingssignalen tijdens de metingen bemonsterd met 30 Hz, terwijl de trillingsfrequentie van het spuitpistool en de lans aanzienlijk hoger waren. Daarom is separaat aan deze metingen een aantal versnellingssignalen bemonsterd bij 1024 Hz, met gebruik van hetzelfde hand-arm filter. Omdat bemonstering met een hogere frequentie geen invloed op de resultaten bleek te hebben zijn in de analyse alle bij 30 Hz bemonsterde signalen gebruikt.

Effecten van accumulator

Eén van de onderzochte aspecten is het installeren van een accumulator tussen de hogedrukspuit en de spuitlans. Behalve de trillingen reduceert zo'n accumulator ook het lawaai (resonantie) in een vast leidingsysteem, al was dat hier geen punt van onderzoek. Gevoelsmatig voor de proefpersonen

(paragraaf 4.1.3) was de accumulator effectief tegen trillingen en had deze geen invloed op de benodigde spierkracht. Het gunstige effect op de hoeveelheid trillingen is bevestigd (significant) in de combinaties met een verbeterde roterende nozzle en met een breedstraalnozzle. In combinatie met een standaard roterende nozzle ('vuilvrees') is geen effect aangetoond, terwijl er gevoelsmatig wel een (niet significant) gunstig effect was. Een verklaring voor het niet vinden van een effect bij een standaard roterende nozzle is niet voorhanden.

Een ander opmerkelijk resultaat is dat de gebruikers in het algemeen de indruk hadden dat de accumulator een ongunstig effect had op het reinigend vermogen. Er zijn echter geen aanwijzingen dat dit daadwerkelijk zo is, en omdat in de proefopstellingen verf in plaats van mest moest worden verwijderd was het voor de proefpersonen lastig een oordeel te geven. Een aantal proefpersonen gaf dit ook aan. Het is daarom niet uitgesloten dat de proefpersonen het gevoel hebben gehad dat een goed reinigend vermogen samen gaat met hard moeten werken.

Effecten van typen nozzles

De drie typen nozzles die zijn vergeleken zijn de meest gebruikte (roterende nozzle), een nozzle waarvan bekend is dat deze veel minder trilt, maar die volgens velen minder goed reinigt (breedstraalnozzle) en een type nozzle waarvan werd verwacht dat deze even goed zou reinigen als de roterende nozzle, maar minder zou trillen (beter uitgebalanceerde roterende nozzle). Wat betreft het reinigende vermogen vonden Roelofs *et al.* (1993) in oriënterende metingen geen eenduidige verschillen tussen een roterende nozzle en een breedstraalnozzle, maar is volgens Larsson (2000) de werktijd korter bij gebruik van een roterende nozzle.

Het waterverbruik was niet alle typen nozzles hetzelfde, de in tabel 2 (paragraaf 3.1.2.3) weergegeven verschillen werden veroorzaakt door het type nozzle. De debieten bij de roterende nozzle en de beter uitgebalanceerde roterende nozzle waren vrijwel gelijk, maar de breedstraalnozzle gebruikte 20% meer water (de roterende, de uitgebalanceerde en de breedstraalnozzle gebruikten respectievelijk 14,0, 14,8 en 17,2 l/min). Het is opvallend dat veel van de proefpersonen dit signaleerden, en ongevraagd opmerkten dat het waterverbruik 'veel hoger' was. Dit werd waarschijnlijk veroorzaakt doordat de proefpersonen het gevoel hadden dat ze meer spierkracht nodig hadden tijdens het reinigen met de breedstraalnozzles (tabel 4, paragraaf 4.1.3), iets wat niet is bevestigd door de EMG metingen (figuur 6, paragraaf 4.1.1). Mogelijk speelt hier mee dat de benodigde kracht bij de breedstraalnozzle constanter was dan bij de twee andere typen. Ondanks het hogere waterverbruik was het reinigend vermogen aanzienlijk lager dan bij de roterende nozzle en de beter uitgebalanceerde roterende nozzle (tabel 5, paragraaf 4.1.4).

Een nadeel van de beter uitgebalanceerde roterende nozzle zou het aanzienlijk hogere gewicht kunnen zijn. Dit komt echter niet tot uiting in de gemeten spieractiviteit, noch in de subjectief ervaren belasting. Met name tijdens het reinigen van de vloer is dit verklaarbaar, omdat de spuitlans dan wordt 'gedragen' door de terugslag van de waterstraal. Dat de zwaardere nozzle ook bij het reinigen van een muur en bij het heen en weer bewegen van de spuitlans tijdens het reinigen van grote oppervlakken niet resulteert in een hogere spieractiviteit kan mogelijk worden verklaard door de spiergroepen die zijn bemeten. Alleen die spieren die betrokken zijn bij het vasthouden en overwinnen van de terugslag zijn bemeten. Spieren die de lans omhoog moeten houden zijn waarschijnlijk hun antagonisten, en die zijn niet meegenomen.

Qua trillingen is in het onderzoek nauwelijks een effect aangetoond van de verbeterd uitgebalanceerde roterende nozzle ten opzichte van de normale roterende nozzle. De vergelijking van deze twee typen nozzles is alleen gemaakt in combinatie met de accumulator. Om het aantal te vergelijken spuitopstellingen te beperken zijn de desbetreffende opstellingen zonder accumulator niet in het meetprotocol opgenomen. Het is mogelijk dat het effect van de verbeterd uitgebalanceerde nozzle zonder accumulator groter zou zijn geweest. Een andere mogelijkheid is dat de verbeterd uitgebalanceerde nozzle meer trilt dan verwacht als gevolg van de zwaardere uitvoering van de nozzle, indien onbalans in de nozzle daardoor een groter effect zou hebben dan bij een lichter uitgevoerde nozzle. Nog een mogelijkheid is dat het effect van beter uitbalanceren pas tot uiting komt bij hogere werkdrukken.

Zoals werd verwacht veroorzaakt de breedstraalnozzle veel minder trillingen dan de twee andere typen, maar is het reinigende vermogen van dit type nozzle onvoldoende voor het schoonmaken van vuile oppervlakken. De breedstraalnozzle is wel geschikt voor het naspoelen.

Een geheel ander gevolg van de keuze van het type nozzles heeft te maken met comfort. Een roterende nozzle veroorzaakt minder spatten dan een breedstraalnozzle (Larsson, 2000). Een bijkomend voordeel daarvan is dat het gemakkelijker is een volgelaatsmasker (ten behoeve van de ademhalingsbescherming) te gebruiken.

Nadelen van de roterende nozzle zijn dat er niet snel mee kan worden bewogen omdat hij dan kringen maakt en dat het minder gemakkelijk is om de spuitkracht op een kleine plaats te concentreren door de nozzle dicht bij het te reinigen oppervlak te brengen. Voor het reinigen van ruimten die relatief gemakkelijk schoongemaakt kunnen worden, zoals goed ingeweekte kraam- of biggenopfokstallen die zijn gemaakt van gemakkelijk reinigbaar materiaal, functioneert de breedstraalnozzle daarom soms beter dan de roterende nozzle.

Effecten van handgreep en spuitlans

In het onderzoek vond verstrengeling plaats tussen handgreep en de spuitlans. De normale handgreep is alleen onderzocht in combinatie met de gebogen spuitlans, en de fingertiphandgreep in combinatie met de rechte spuitlans. Hiervoor is gekozen om het aantal spuitopstellingen te beperken, maar het gevolg is dat meetresultaten en conclusies alleen aan de genoemde combinaties van variabelen kunnen worden toegeschreven.

Opmerkelijk is dat de combinatie handgreep en spuitlans blijkbaar een zeer grote invloed heeft gehad op het subjectieve totaaloordeel over de opstellingen. Gemiddeld was het subjectieve algemene oordeel over de fingertiphandgreep met rechte spuitlans in alle gevallen gunstiger of gelijk aan het oordeel over normale handgreep met gebogen spuitlans, en nergens ongunstiger. Dit komt ook tot uiting in de gemeten spieractiviteit: de spieractiviteit in zowel de linkerarm als in de rechter onderarm was het laagst bij de fingertiphandgreep en de rechte lans (figuur 7). Het is waarschijnlijk dat het effect op de linkerarm vooral wordt veroorzaakt door de vorm van de spuitlans, en het effect op de rechter onderarm door de handgreep.

De tijdens dit onderzoek beoordeelde spuitopstellingen zijn geselecteerd in overleg met, en beschikbaar gesteld door de firma Waterkracht B.V. Behalve de in dit onderzoek vergeleken spuitlansen en handgrepen zijn er natuurlijk ook veel andere modellen verkrijgbaar. Zo levert Alto de Ergo 3000 lijn, die volgens de leverancier wordt gekenmerkt door 'een ergonomisch design van de handgrepen, lage krachtsinspanning bij het bedienen en vasthouden van de trekker, een 360°-draaikoppeling aan de slang, en lichte spuitlansen met optioneel een extra handgreep aan de lans'. Met name het Ergo 3000 spuitpistool is interessant. Alto claimt dat deze weinig spierkracht vergt en extra bewegingsvrijheid biedt. Dit laatste omdat de slang niet onder aan de handgreep vast zit, maar tussen de handgreep en de spuitlans (zie figuur 14). Deze handgreep is echter niet in het onderzoek meegenomen.



Figuur 14: Ergo 3000 spuitpistool (foto Alto).

Een ander aspect dat niet in het onderzoek is meegenomen is de lengte van de spuitlans. Voor het reinigen van afdelingen met veel inrichting, zoals kraamafdelingen, mag deze niet te lang zijn. Een lange spuitlans veroorzaakt dan vaak werken met opgetrokken schouders, wat onnodig belastend is. Een lengte van 70 tot 80 cm volstaat in de meeste gevallen. Tijdens het reinigen van vleesvarkenshokken, met veel minder inrichting, is een langere spuitlans gewenst omdat degene die reinigt dan goed met een rechte rug kan werken. Een varkenshouder vatte de eisen die gesteld worden aan de spuitlans samen door te stellen dat er met één hand gespoten moet kunnen worden.

Afwisselend linkshandig en rechtshandig werken

Uit figuur 7 (paragraaf 4.1.1) blijkt dat er een groot verschil is tussen de belasting van de linker- en de rechterkant van het lichaam. Daarom kan de fysieke belasting worden teruggedrongen door afwisselend linkshandig en rechtshandig te werken.

De situatie blijft het gunstigst bij gebruik van een rechte spuitlans met een fingertiphandgreep. De onderarm wordt dan periodiek wel belast (mogelijk risico) en niet belast. De bovenarm wordt belast als aan die lichaamszijde de handgreep wordt vastgehouden (mogelijk risico), en vrijwel niet belast als de spuitlans ermee wordt gestuurd (veilig).

Hoewel dit niet als zodanig is opgenomen in de wetgeving kan worden gesteld dat ook de risico's van blootstelling aan trillingen afnemen als er afwisselend links- en rechtshandig wordt gewerkt.

De mate van afname is echter afhankelijk van het verschil aan blootstelling aan trillingen tussen de linker en de rechter hand/arm. Omdat die blootstellingen in dit onderzoek niet afzonderlijk zijn gemeten kunnen hierover geen harde uitspraken worden gedaan. Echter, omdat de accumulator de pulsaties in de waterstraal opheft kan worden verwacht dat hiermee de trillingen in de rechter hand (waarmee het spuitpistool wordt vastgehouden) sterk afnemen, vooral bij gebruik van een rechte

sputlans. Gebruik van een vlakstraalnozzle reduceert de trillingen in de andere hand sterk. Het effect van afwisselend links- en rechtshandig spuiten hangt daarom sterk af van de gebruikte spuitopstelling.

Verdere mogelijkheden ter verbetering

In het onderzoek zijn aanpassingen aan de hogedrukreiniger beoordeeld die bij de meeste dealers te koop zijn. Implementatie van de gewenste aanpassingen kan worden bevorderd door voorlichting.

Daarnaast zijn aanpassingen denkbaar die niet standaard te koop zijn of waarvan de effectiviteit nog onbekend is. Voorbeelden zijn de gewenste lengte van de spuitlans (afhankelijk van de lengte van de gebruiker) en een handgreep die na het inknippen niet hoeft te worden vastgehouden, maar is beveiligd met een noodstopvoorziening (bijvoorbeeld met een polsbandje).

5.2 Automatische reinigingssystemen

Doel van dit deelonderzoek was na te gaan of, en zo ja voor welke bedrijven, automatisch reinigen binnen enkele jaren een reëel alternatief is voor het reinigen met een hogedruksput.

- De schoonmaaktijd is mede bepalend voor de totale schoonmaakkosten. Ook de kosten voor mestafvoer vormen een grote post, maar deze is via waterverbruik voor een belangrijk deel weer afhankelijk van de schoonmaaktijd. Het is daarom belangrijk om te weten wat de werkelijke totale schoonmaaktijd is met een schoonmaakrobot en of het waterverbruik toe- of afneemt bij gebruik van een schoonmaakrobot. De exacte invloed van robotreinigen op werktijd en daarmee op water- en elektriciteitsverbruik en kosten voor mestafvoer zijn echter nog niet bekend.

Larsson (2000) vond dat tijdens het reinigen van vleesvarkensstallen een spuitrobot 80-86% van het vuil kan verwijderen. De hoeveelheid handwerk verminderde met 24 tot 38% en het waterverbruik nam toe met 11 tot 24%. Larsson (2000) voegt daar aan toe dat de hokken erg vuil waren, en dat onder normale omstandigheden de robot meer vuil zal verwijderen met als gevolg een grotere afname van de werktijd. In de berekeningen is aangenomen dat de arbeidsbehoefte afneemt met 60% en de totale reinigingstijd – en daarmee het waterverbruik – toeneemt met 10%. Beide aannames zijn echter arbitrair. Op Praktijkcentrum Sterksel wordt momenteel onderzoek uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in deze aspecten (Timmerman en Van Lierop, 2003; Varkens, 2004a).

- De leverancier van de spuitrobot suggereert een gunstig effect op technisch resultaat, maar dat is erg speculatief. Robotreinigen kan een gunstig effect hebben op de technische resultaten als er nu niet of niet zorgvuldig genoeg wordt gereinigd. Het is echter onwaarschijnlijk dat varkens- of pluimveehouders die zonder robot niet goed reinigen wel in een robot zullen investeren. Bovendien zou dan het waterverbruik flink toenemen, waardoor ook de mestafvoerkosten zouden toenemen. Daarom is dit effect in de berekeningen niet meegenomen.
- Onder de in paragraaf 3.2 beschreven randvoorwaarden ligt het break-even-point bij een bedrijf van 6750 vleesvarkens. Dit betekent dat bij die bedrijfsomvang reinigen met de spuitrobot theoretisch even duur is als handmatig reinigen met een hogedruksput.

- Voor de Farbo-regeling is een subsidieplafond ingesteld dat in 2005 4,5 miljoen euro bedraagt. Voor ondernemers die niet in aanmerking komen voor de Farbo-regeling is automatisch reinigen uiteraard duurder. De meerkosten ten opzichte van reinigen met een hogedrukspuit bedragen € 3.776,= voor een bedrijf met 300 zeugen, € 4.777,= voor een bedrijf met 2160 vleesvarkens, € 2.836,= voor een bedrijf met 4320 vleesvarkens en € 1.820,= voor een bedrijf met 300 zeugen en 2160 vleesvarkens. Het break-even-point ligt dan bij een omvang van ongeveer 7500 vleesvarkens.
- In de berekeningen is de levensduur (en daarmee de afschrijvingspercentages) van een hogedrukreiniger en van de spuitrobot onafhankelijk gesteld van de bedrijfsomvang en dus van het aantal draaiuren. Voor beide apparaten is dat discutabel, en mag worden verondersteld dat de kosten voor afschrijving en voor onderhoud toenemen met het aantal draaiuren per jaar. In dat geval komt het break-even point nog hoger te liggen.
- Een mogelijke ontwikkeling bij gebruik van een spuitrobot is dat de hoofdreiniging wordt uitgevoerd met water dat wordt gerecycled, en alleen het naspoelen en het handmatig nareinigen met schoon water uit te voeren. Dit zou de kosten aanzienlijk drukken.
- Ook als het financieel niet rendabel is kan aanschaf van een spuitrobot aantrekkelijk zijn. Het is soms problematisch om personeel aan te trekken voor werk op varkensbedrijven, en waarschijnlijk heeft dit met het imago te maken (Oogst, 2003; Varkens 2004c). Omdat het reinigen doorgaans zeer onaantrekkelijk wordt gevonden is het aannemelijk dat gebruik van een spuitrobot niet alleen de arbeidsbehoefte beperkt, maar tevens gunstig is voor het imago.
Zo was al in 1996 een ander reinigingssysteem in ontwikkeling, dat minder geavanceerd was als de huidige spuitrobots en langzaam vooruit en teruguit rijdend steeds dezelfde bewegingen herhaalde. Dat systeem werd vooral gekocht om verlost te worden van het onaangename werk, en een eventuele arbeidsbesparing was van ondergeschikt belang (Pigs, 1996).

5.3 Verbeteren van reinigbaarheid

Doel van dit deelonderzoek was na te gaan in welke richting maatregelen kunnen worden gezocht die moeten leiden tot hokken en stallen die gemakkelijker te reinigen zijn dan de huidige. Omdat mestkoeken op de vloer zeer moeilijk te verwijderen zijn is het aannemelijk om daar eerst de aandacht op te richten, maar omdat juist het reinigen van wanden (verticale objecten) relatief veel spierkracht vergt (paragraaf 4.1.1) is ook de reinigbaarheid daarvan belangrijk.

Hokbevuiling en reinigen

In het algemeen wordt gesteld dat hokbevuiling de benodigde werktijd voor het reinigen van stallen verlengt. Ook in paragraaf 4.3.1 is van dit principe uitgegaan, en is vervolgens nagegaan hoe de mate van hokbevuiling kan worden beperkt.

Van den Heuvel en Spoolder (2002) hebben in vleesvarkensstallen vastgesteld dat in hokken met 0,6 m² per varken dichte vloer meer hokbevuiling voorkomt dan in hokken met 0,4 m² per varken (totaal vloeroppervlak in beide gevallen 1 m² per varken). Ze vonden echter geen effect op de

werktijd die nodig was voor het reinigen van de afdelingen. Dit lijkt in tegenspraak met het bovenstaande en met de bevindingen van Roelofs *et al.* (1993), die vonden dat reinigen in een stal met volledig rooster sneller gaat dan reinigen in een stal met halfrooster. Een mogelijke oorzaak is dat er in het onderzoek van Van den Heuvel en Spoolder (2002) om praktische redenen (voertijd, einde werkdag) een vaste tijd beschikbaar was voor het reinigen. In dat geval zou extra hokbevuiling niet hebben geleid tot een langere schoonmaaktijd, maar tot een minder goed eindresultaat. Dit laatste is echter niet vastgelegd.

In paragraaf 4.3.1 is aangegeven dat ook via aanpassing van de voersamenstelling de hokbevuiling kan worden beperkt. Kwantitatieve gegevens daarover zijn niet voorhanden, maar zijn gewenst omdat daarmee een afweging gemaakt kan worden tussen besparen op voerkosten of op reinigingskosten. Aangezien de voerkosten een groot deel uitmaken van de kostprijs van varkensvlees (ongeveer 36%) en pluimveevlees (bijna 50%) is er nauwelijks ruimte voor kostprijsverhoging van het voer.

Relatie tussen hogedrukreinigen en betonkwaliteit

Zoals gesteld in paragraaf 4.3.3. zien veel auteurs het reinigen met een hogedrukspuit als één van de belangrijke mechanische oorzaken van vloerbeschadiging. De Belie (1977) vond daarentegen minder beschadiging bij vloeren die regelmatig met een hogedrukspuit werden gereinigd dan bij vloeren die niet of incidenteel werden gereinigd. Hij schrijft dit toe aan het verwijderen van een laag vuil die, met name rond de voerbak, vaak zuur is en het beton aantast.

Een andere verklaring kan zijn dat De Belie (1977) geen rekening heeft gehouden met verstrengeling tussen vloerkwaliteit en gebruik van een hogedrukspuit. Het is denkbaar dat varkenshouders die vloeren laten storten met beton van een betoncentrale – en daardoor werken met kwalitatief betere vloeren – vaker en consequenter reinigen dan varkenshouders die zelf beton maken. Daarnaast waren de werkdrukken van hogedrukspuiten in 1977 minder hoog dan in 1993, waardoor ook de mate van mechanische kracht op het beton minder groot was. Wat dit betreft kunnen vraagtekens worden gezet bij de tendens naar nog hogere werkdrukken. Volgens Masselink (persoonlijke mededeling) zijn momenteel in de landbouw een druk en debiet van respectievelijk 200 bar en 16 l/minuut gangbaar. Dit geeft nog een aanzienlijk hogere terugslagkracht dan de door Fréney en Zilverberg (1993) genoemde drukken ‘van vaak 80 tot 150 bar’.

Behalve van de spuitdruk is de mate van aantasting door de fysieke kracht van het reinigen met een hogedrukspuit ook afhankelijk van de grootte van het oppervlak waarop de waterstraal terecht komt. Zo tast een rondstraalnozzle het oppervlak meer aan dan een breedstraalnozzle. Een derde factor is het materiaal waaruit de stal is opgebouwd. Wirsching (1991) toonde bijvoorbeeld aan dat kalkzandsteen veel gevoeliger is voor fysieke erosie dan beton.

Levensduur stalinrichting

Behalve door fysische invloeden kan de stalinrichting ook worden aangetast door chemische invloeden. Deze wordt veroorzaakt door inweek- en desinfectiemiddelen. Met name bij hoge concentraties van logen kan de buitenhuid van het beton verweken, waarna de zachte buitenlaag als gevolg van mechanische krachten relatief gemakkelijk verdwijnt (Fréney en Zilverberg, 1993).

Aan moderne inweerkmiddelen worden additieven toegevoegd om beschadiging van de stalinrichting te beperken¹¹.

Roestvast staal te duur?

RVS is duur en werd tot voor kort weinig toegepast. Roelofs (2000) verwachtte dan ook niet dat zijn onderzoeksresultaten zouden leiden tot veel toepassing van roestvast staal in varkensstallen, maar wel dat er andere gladde materialen in stallen zouden worden toegepast. Toch wordt de laatste tijd steeds meer roestvast staal in varkensstallen toegepast. Dit betreft vooral de kwetsbare onderdelen die normaal gesproken het snelst doorroesten, om de levensduur van de stalinrichting te verlengen en de onderhoudskosten te verlagen (Varkens, 2003a). Daarnaast is er met het oog op de hygiëne in 2003 een geheel uit roestvast staal opgetrokken voerstation op de markt gebracht. Behalve dat gekozen is voor roestvast staal ontbreken – conform de aanbevelingen van Roelofs (2000) – naden, hoeken en randen (Varkens, 2003b).

Ook in de pluimveehouderij wordt in toenemende mate aandacht besteed aan reinigbaarheid, onder andere in verband met het terugdringen van Salmonella. Zo is bij de inrichting van een modern en zeer groot vleeskuikensbedrijf in Brazilië in verband met de reinigbaarheid zoveel mogelijk roestvast staal en helemaal geen hout gebruikt (IHP, 2004).

Ook constructie moet verbeterd

Hoewel het in het onderzoek niet direct tot uiting is gekomen dient behalve bij de materiaalkeuze ook bij het ontwerp van constructies rekening gehouden te worden met de reinigbaarheid (Roelofs, 2000). Wat dit betreft is de opname van een opklapbare zeugenbox op de Farbolijst 2004¹² een gunstige ontwikkeling. De motivatie voor opname is vermindering van de fysieke belasting, waarbij wordt verondersteld dat met name het reinigen eenvoudiger wordt (Varkens, 2004b).

¹¹ Eventuele effecten van inweek- of desinfectiemiddelen of additieven op de gezondheid van degenen die reinigen zijn geen onderdeel van deze studie. Gesteld kan echter worden dat middelen die officieel zijn toegelaten bij toepassing conform de voorschriften geen onacceptabel risico vormen voor de gezondheid.

¹² Door opname in een Farbolijst komen investeringen in dergelijke boxen in aanmerking komen voor de Farbo-regeling, een subsidieregeling voor investeringen die de arbeidsomstandigheden verbeteren.

6 Conclusies

6.1 Beoordeling van aanpassingen aan de hogedrukspuit

- De benodigde spierkracht bij gebruik van de gangbare combinatie van een gebogen spuitlans met een roterende nozzle aan een hogedrukspuit (180 bar, 16 l/min) vormt bij langdurig gebruik een gezondheidsrisico voor de gebruiker. Dit geldt met name voor de spieren in de onderarm waarmee de handgreep wordt ingeknepen en in mindere mate voor de schouder en bovenarm aan dezelfde lichaamszijde. De belasting van de andere bovenarm, waarmee de spuitlans wordt gestuurd, vormt in de meeste gevallen geen risicofactor.
- Bij gebruik van een fingertiphandgreep en een rechte spuitlans is de spieractiviteit in de triceps waarmee de spuitlans wordt gestuurd (meestal links) en in de onderarm waarmee de handgreep wordt bediend (meestal rechts) significant lager dan bij gebruik van een gebogen spuitlans met een normale handgreep.
- De blootstelling aan trillingen bij gebruik van de gangbare combinatie van een gebogen spuitlans met een roterende nozzle aan een hogedrukspuit vormt al een mogelijk gezondheidsrisico voor de gebruiker als er één uur per dag mee wordt gewerkt. Bij gebruik van een rechte spuitlans is een dergelijke spuitopstelling veilig als er niet meer dan één uur per dag mee wordt gewerkt. Tot vier uur per dag vormt deze spuitopstelling een mogelijk gezondheidsrisico, terwijl er bij een gebruiksduur van acht uur per dag een vergrootte kans is op gezondheidsschade.
- Het aansluiten van een passende accumulator tussen de pomp en de handgreep van een hogedrukspuit vermindert de hoeveelheid trillingen waaraan de gebruiker wordt blootgesteld, in combinatie met een breedstraalnozzle of van een beter uitgebalanceerde roterende nozzle ($p < 0,05$). Bij gebruik van een normale roterende nozzle is geen effect aangetoond.
- Er is geen significante invloed aangetoond van een verbeterd uitgebalanceerde nozzle ten opzicht van een gangbare roterende nozzle op de hoeveelheid trillingen.
- Spuitopstellingen met een breedstraalnozzle en een accumulator trillen nauwelijks, maar hebben onvoldoende reinigend vermogen voor moeilijk reinigbare oppervlakken. Goed ingeweekte kraam- of biggenopfokafdelingen die zijn gemaakt van gemakkelijk reinigbaar materiaal kunnen vaak wel worden gereinigd met een goede breedstraalnozzle.
- De beste spuitopstelling in dit onderzoek bestond uit een hogedrukspuit met accumulator, een fingertiphandgreep, een rechte spuitlans en een verbeterd uitgebalanceerde roterende nozzle of – bij gemakkelijk reinigbare oppervlakken – een breedstraalnozzle.

6.2 Automatische reinigingssystemen

- Op puur economische gronden lijkt een schoonmaakrobot niet rendabel voor vleesvarkensbedrijven met minder dan 6750 vleesvarkens. Ook voor bedrijven met 300 zeugen is reinigen met een spuitrobot duurder dan handmatig reinigen met een

hogedrukspuit. Bij de berekeningen zijn echter veel aannamen gedaan, die nog niet door metingen zijn bevestigd.

- Andere afwegingen die bij de aanschaf van een schoonmaakrobot een rol kunnen spelen zijn het onaangename werk, gezondheidsrisico's, arbeidsorganisatie en imago bij het aantrekken van personeel.

6.3 Gemakkelijker reinigen

Uit literatuuronderzoek blijkt dat de reinigbaarheid van stallen sterk kan worden verbeterd

- Gemakkelijker reinigen begint met preventieve maatregelen tegen hokbevuiling. Belangrijke aspecten daarbij zijn het sturen van en het inspelen op het mestgedrag van de dieren in de stal, door het juist positioneren van vreet-, drink-, lig- en mestruimten. De uitvoering van de (dichte) ligruimte moet zodanig zijn dat deze droog blijft en eventueel vocht er snel vanaf loopt, dus een vloer onder een helling of een bolle vloer.
- Ook voersamenstelling, met name bij brijvoer, en voerregime beïnvloeden de mate van hokbevuiling. De samenstelling van brijvoer heeft zoveel invloed op het saldo dat die niet snel aangepast zal worden om de reinigbaarheid te verbeteren. Kwantitatieve gegevens over de relatie tussen voersamenstelling, hokbevuiling en reinigbaarheid zijn niet voorhanden. Bij brijvoeding via de trog moet het voerregime zodanig zijn dat de trog regelmatig wordt leeg gegeten.
- Reinigen begint met goed inweken. In principe kan dit met normaal koud water, waarbij langer dan vier uur inweken niet zinvol is. Bij gebruik van een inwekmiddel is de inweektijd aanzienlijk korter, afhankelijk van de gebruiksaanwijzing ongeveer een half uur. Bij aanwezigheid van mestkoeken kan gebruik van warm water zinvol zijn. Het reinigen zelf gebeurt met onverwarmd water zonder reinigingsmiddelen.
- De materiaalkeuze heeft veel invloed op de reinigbaarheid. Beton moet glad zijn afgewerkt en glad blijven. Inferieur beton slijt snel en wordt dan ruw, met name als gevolg van de inwerking van zure voerresten en als gevolg van reinigen. In het algemeen is beton duurzamer dan kalkzandsteen. Goede coatings maken het oppervlak gladder en beter bestand tegen chemische en fysische invloeden. Roestvast staal is gemakkelijker te reinigen dan gegalvaniseerd metaal. Ook veel kunststoffen zijn goed reinigbaar, maar een voorwaarde om goed reinigbaar te blijven is dat ze niet slijten of anderszins ruw worden.
- Behalve het materiaal heeft ook de constructie invloed op de reinigbaarheid. De te reinigen oppervlakken moeten vlak en goed bereikbaar zijn. Wanden van spijlen of buizen zijn moeilijker te reinigen dan dichte wanden. Ronde buizen zijn moeilijker te reinigen dan ruitvormige balkjes. Naden of kieren dienen te worden voorkomen.
- Op veel plaatsen in de stal kan een opklapbare stalinrichting de reinigbaarheid verbeteren. Door het draaipunt gunstig te kiezen wordt de fysieke belasting tijdens het kantelen geminimaliseerd.
- De beoordeelde alternatieve reinigingssystemen zijn te duur voor toepassing in de veehouderij.

Referenties

- Aarnink, A.J.A., J. W. Schrama, R. J. E. Verheijen, en J. Stefanowska., 2000. Effect of ambient temperature on pen fouling by pigs. Proceedings of the Xth International Congress on Animal Hygiene, Vol. 2, Eds. M.J.M. Tielen en M.Th. Voets, ADDIX Wijk bij Duurstede, p. 933-937.
- Agriconstruct, 2003. Praktisch gebruik van beton in de landbouw. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel.
- Anonymus 1998. French lift the slats. In: Pig International (28), nr. 12, p. 11-12.
- Banhazi, T., T. Murphy en J. Hartung, 2003. Using 'hygiene-pavers' to evaluate cleaning procedures used on pig farms. In: Proceedings of the XIth International Congress in Animal Hygiene (ISAH), 23 - 27 February 2003, Autonomus Metropolitan University, Mexico City.
- Basmajian, J.V. en C.J. de Luca, 1985. Muscles alive: their functions revealed by electromyography. Fifth edition. Williams & Wilkins, Baltimore.
- Berner, H. 1980. Wie hygienisch sind eigentlich unsere Spaltenboden? In: Top Agrar (9), nr. 3, p. 813-817.
- Böhm, R., 1998. Disinfection and hygiene in the veterinary field and disinfection of animal houses and transport vehicles. In: International biodeterioration & biodegradation (41), pp. 217-224.
- Boon, C.R. en C. Wray, 1989. Building design in relation to the control of diseases of intensively housed livestock. In: Journal of agricultural engineering research (43), pp. 149-161.
- Borg, G.A.V., 1982. Psychophysical bases of perceived exertion. In: Medicine and science in sports and exercise (14), pp. 377-381.
- Caffier, G., D. Heinecke, R. Hinterthan, 1992. Changes in surface EMG of the biceps brachii muscle during long-lasting contractions of low intensity: Is there a safe limit for static load level? In: Arbete och Hälsa (17), pp. 65-66.
- Cryojet B.V., 2002. Droogijs: een bijzonder reinigingsmiddel. In: Koude en Luchtbehandeling, pp. 1-26.
- De Belie, N., 1977. A survey on concrete floors in pig houses and their degradation. In: Journal of agricultural engineering research (66): 151-156.
- De Belie, N., B. Sonk, C.R. Braam, J.J.Lenehan, B. Svennerstedt en M. Richardson, 2000a. Durability of building materials and components in the agricultural environment, part II: metal structures. In: Journal of agricultural engineering research (75): 333-347.
- De Belie, N., J.J.Lenehan, C.R. Braam, B. Svennerstedt, M. Richardson en B. Sonk 2000b. Durability of building materials and components in the agricultural environment, part III: concrete structures. In: Journal of agricultural engineering research (76): 3-16.
- Dùchene, J. en F. Goubel, 1990. EMG spectral shift as an indicator of fatigability in a heterogeneous muscle group. In: Eur. J. Appl. Physiology (61): 81-87

- EU, 2002. Richtlijn 2002/44/EG van het Europees Parlement en de Raad van 25 juni 2002 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (trillingen) (zestiende bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG) - Gezamenlijke verklaring van het Europees Parlement en de Raad. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen. L 177 (6.7.2002), 13-19.
- Frénay, J.W. en H. Zilverberg, H., 1993. Duurzaamheid van beton in agrarische milieus. IMAG - DLO rapport 93-17, Wageningen.
- Hartman, E, H.H.E. Oude Vrielink en P.F.M.M. Roelofs, 1999. Arbeidsbelasting, fysieke klachten en ziekteverzuim bij varkenshouders. Proefstation voor de Varkenshouderij, Proefverslag nummer P 1.217, Rosmalen.
- Heeres, J., H.W. Kreeftenberg en R.H. Nieboer, 1985. Hogedrukreiniging. In: Landbouwmechanisatie (36), nr. 12, p. 1309-1313.
- Heuvel, E.M. van den en H.A.M. Spoolder, 2002. Arbeidsbehoefte. In: H.A.M. Spoolder (ed.). Huisvestingssystemen met 60% dichte vloeren voor vleesvarkens. PraktijkRapport Varkens nr.1. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad. blz. 31-32.
- IHP, 2004. Synergistic partnership creates Brazilian success. In: International Hatchery Practice (18), nr. 8, pp. 7-13.
- ISO-5349-1 2001 Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1: General requirements. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, 24 pp.
- KWIN-V, 2002. Kwantitatieve informatie veehouderij 2002-2003. Praktijkonderzoek veehouderij, Praktijkboek 18, Lelystad
- Larsson, K., 2000. Rengöring av svinstall (Cleaning of pig-houses). Jordbrukstekniska intitutet, JTI-rapport Lantbruk & Industri nr. 266, Uppsala.
- Malchaire J. B., Y. Roquelaure, N. Cock, A. Piette, S. Vergracht en H. Chiron, 2001. Musculoskeletal complaints, functional capacity, personality and psychosocial factors. In: Int. Arch. Occup. Environ. Health (74), pp. 549-557.
- Oogst, 2003. Imago drukt arbeidsaanbod. In: Oogst-Landbouw (16), nr. 37 (12 september 2003), p. 35.
- Oude Vrielink, H.H.E., A.A.J. Looije, G. Peppelman en M.C.J. op 't Hof, 2004. Ergonomische beoordeling van snoeischaars voor de fruit- en boomteelt. Agrotechnology & Food Innovations, Rapport 004, Wageningen.
- Peters, P.A.H.C. en W. Schoorlemmer, 1994. Het varken en zijn hygiëne anno 1994. Stichting Gezondheidsdienst voor Dieren in Zuid-Nederland, rapport no. 94.008, Bostel.
- Pigs, 1996. Robotic washing; removing a job disliked by many stockpeople. In: Pigs-misset (12), nr. 4, p. 26.

- Praktijkonderzoek, 2004. Handboek varkenshouderij. Animal sciences group, praktijkboek 35. Lelystad.
- Roelofs, P.F.M.M., A.I.J. Hoofs en G.P. Binnendijk, 1993. De invloed van inweekmethode, waterdruk, debiet en nozzle op waterverbruik en werktijd voor het reinigen van varkensstallen met een hogedrukreiniger. Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland", Proefverslag P 1.103, Rosmalen.
- Roelofs, P., 1993. Pen design for easier cleaning. In: Pig International (23), nr 1, pp. 19-20.
- Roelofs, P. en G. Plagge, 1995. Inrichting afdeling heeft invloed op reinigbaarheid. In: Praktijkonderzoek Varkenshouderij (9), nr. 4, pp. 8-10.
- Roelofs, P.F.M.M., 1996. Desinfectie van bedrijfsvreemd materiaal door blootstelling aan UV-C. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Proefverslag P 1.166, Rosmalen.
- Roelofs, P.F.M.M. en J.G. Plagge, 1999. Reinigen van varkensstallen na inweken met schuim of met water; kosten en kwaliteit. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Proefverslag P 1.216, Rosmalen.
- Roelofs, P.F.M.M., M.G.A.M. van Asseldonk en M. van der Schilden, 1999. Taaktijden voor de varkenshouderij. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Proefverslag P 1.232, Rosmalen
- Roelofs, P.F.M.M., 2000. Invloed van materiaalkeuze op reinigbaarheid van varkensstallen. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Intern proefverslag P 3.191, Rosmalen.
- Roelofs, P.F.M.M., A.A.J. Looije, A.T.M. Hendrix en H.H.E. Oude Vrielink, 2003. Eindrapportage onderzoek Arboconvenant agrarische sectoren; onderzoek naar 'Stand der techniek' met betrekking tot de fysieke belasting in de agrarische sector. In: M.M.M. Creemers, A.A.C.J. de Rooij, H.H.E. Oude Vrielink, P.F.M.M. Roelofs, J.Klein Hesselink en J. van Schie: Nulmeting en onderzoek stand der techniek fysieke en psychische belasting arboconvenant agrarische sectoren; eindrapportage. Ministerie van SZW, Den Haag.
- Rohde, B.L., 1992. Een besmette wereld. In: Voedingsmiddelentechnologie, nr.4, p. 13-15.
- Sluiter J K, Rest K M and Frings-Dresen M H W 2000 Criteria document for evaluation of the work-relatedness of upper extremity musculoskeletal disorders. Coronel Institute for Occupational and Environmental Health, Academic Medical Center, University of Amsterdam.
- Sobotta, J., H. Becher, H. Ferner en J. Staubesand, 1975. Atlas of human anatomy. Ninth English edition, volume 1. Urban & Schwarzenberg, München.
- Spoolder, H.A.M., J.J. Zonderland en J.J.H. Huijben, 2003. Inventarisatie aanpassingen volledige roostervloer. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad. [Http://www.minlnv/pls/portal30/docs/folder/minlnv/staf_dv/kamercorrespondentie/2003/bijlagen/par03225.pdf](http://www.minlnv/pls/portal30/docs/folder/minlnv/staf_dv/kamercorrespondentie/2003/bijlagen/par03225.pdf)
- Sundahl, 1975. Cleanability of building materials. In: Farm building progress, nr. 40, pp. 19-21.
- Timmerman, M. en A. van Lierop, 2003. Stallen reinigen met schoonmaakrobot. In: PraktijkKompas Varkens (17), nr. 4, p. 19.

- Varkens, 2003a. Kwetsbare onderdelen steeds vaker in roestvaststaal. In: Varkens (67), nr. 8, pp. 16-17.
- Varkens, 2003b. Roestvaststaal voerstation zeer hygiënisch. In: Varkens (67), nr. 8, p. 53.
- Varkens, 2003c. Varkenshouders creëren opklapbare kraambox; geen hightech maar gezond boeren verstand. In: Varkens (67) nr. 9 pp. 36-37.
- Varkens, 2004a. Spsitrobot klaart rotklus op recept. In: Varkens (68), nr. 4, pp. 26-27.
- Varkens, 2004b. Farbo-regeling bevat primeur; aanschaf opklapbare kraambox in 2004 fiscaal interessant. In: Varkens (68), nr. 4, p. 29.
- Varkens, 2004c. Geschoold personeel is nauwelijks voor handen; negatief imago belemmert instroom. In: Varkens (68), nr. 5, pp. 36-37.
- Varkens, 2004d. Schoonmaken: 'dom' werk vereist vakmanschap; aandacht, geduld en gladde oppervlakken nodig. In: Varkens (68), nr. 6, pp. 32-33.
- Werkgroep Stalhygiëne, 1974. Stalhygiëne op mestvarkenshouderijbedrijven. CAD-boerderijbouw en -inrichting, Wageningen.
- Wirsching, 1991. Kaltwasser-hochdruckreiniger und baustoffverschleiss. In: Landtechnik (46), pp. 385-388.
- Zipp, P., 1982. Recommendations for the standardization of lead positions in surface electromyography. In: European Journal of Applied Physiology (50), pp.41-54.

Samenvatting

In het kader van het Arboconvenant Agrarische Sectoren is in 2003 en 2004 onderzoek uitgevoerd ter vermindering van de fysieke belasting tijdens het reinigen van stallen voor varkens en voor pluimvee. Van varkenshouders is bekend dat zij dit werk zien als de belangrijkste werkgebonden oorzaak van klachten aan de lage rug en aan de nek/schouder regio, en omdat pluimveehouders dezelfde werkmethoden toepassen mag worden verwacht dat voor hen hetzelfde geldt. De belastende factoren tijdens het reinigen zijn de overwegend statische belasting van spieren in de armen en de schouders, en hand-armtrillingen. In het onderzoek zijn drie sporen verkend om de fysieke belasting te verminderen:

- (a) ergonomische verbetering van hogedrukspuiten
- (b) automatisering van het reinigen
- (c) verbetering van de reinigbaarheid van de stalrichting

Ergonomische verbetering van hogedrukspuiten

De fysieke belasting tijdens reinigen met een hogedrukspuit is in belangrijke mate het gevolg van de terugslagkracht van de spuitlans en van trillingen. In overleg met experts zijn aanpassingen geselecteerd, waarvan werd verwacht dat ze de fysieke belasting zouden terugdringen en niet meer dan € 250,- zouden kosten. Een dergelijke verhoging van de aanschafprijs lijkt geen belemmering voor de implementatie op praktijkbedrijven.

De onderzochte aanpassingen ter vermindering van de trillingen waren de installatie van een juist afgestelde accumulator tussen de hogedrukspuit en de spuitlans (ACCUMULATOR) en een beter uitgebalanceerde nozzle (BALANS) dan de gebruikelijke roterende nozzle (ROTREND), terwijl ook een breedstraalnozzle (BREEDSTRAAL) in het onderzoek is meegenomen. De aanpassingen waarvan werd verwacht dat ze de spierbelasting zouden verminderen waren een rechte (RECHT) in plaats van de gebogen (GEBOGEN) spuitlans en een spuitpistool met een fingertiphandgreep (FINGERTIP) in plaats van de traditionele (NORMAAL). Bij gebruik van FINGERTIP moet de hendel van het spuitpistool normaal ingeknepen worden, maar kost het (langdurig) ingeknepen houden minder kracht dan bij NORMAAL.

De benodigde spierkracht en de blootstelling aan trillingen zijn gemeten door middel van EMG- en trillingsmetingen in een proefopstelling, waarin zeven ervaren proefpersonen hebben gereinigd met dezelfde acht combinaties van spuitlansen, handgrepen, nozzles en eventuele accumulator. De proefpersonen gaven tevens een subjectief oordeel van de benodigde spierkracht, het trillingsniveau en het reinigend vermogen van de spuitopstelling. Het reinigen bestond uit het wegspreken van markeerverf van een betegelde wand en van een betonnen vloer in een overdekte hal, bij een waterdruk van 180 bar en een waterverbruik van 16 liter/minuut.

De blootstelling aan trillingen bij gebruik van de gangbare combinatie van GEBOGEN met ROTREND vormt een al bij één uur spuiten per dag mogelijk gezondheidsrisico. Vervanging van GEBOGEN door RECHT verbetert deze opstelling aanzienlijk, waardoor maximaal één uur reinigen veilig is en maximaal twee uur per dag reinigen bij de helft van de proefpersonen een mogelijk gezondheidsrisico vormt. Tot vier uur per dag is dat voor alle proefpersonen het geval, terwijl er bij een gebruiksduur van acht uur per dag een duidelijk vergrootte kans is op gezondheidsschade.

Verdere verbetering blijkt mogelijk, waardoor langer reinigen geen gezondheidsrisico hoeft in te houden. Een ACCUMULATOR vermindert de blootstelling aan trillingen in combinatie met BALANS, er kan dan veilig gedurende drie uur per dag worden gereinigd. Gecombineerd met ROTEREND is echter geen effect aangetoond. Spuitopstellingen met een BREED + ACCUMULATOR trillen nauwelijks en kunnen hele dagen worden gebruikt, maar hebben onvoldoende reinigend vermogen voor het reinigen van sterk vervuilde oppervlakken. Waarschijnlijk voldoet de opstelling wel in ingeweekte kraam- of biggenopfokafdelingen die zijn gemaakt van gemakkelijk reinigbaar materiaal.

Bij langdurig gebruik van de hogedrukspuit met GEBOGEN en ROTEREND vormt ook de benodigde spierkracht een gezondheidsrisico voor de gebruiker. Dit geldt met name voor de spieren in de onderarm waarmee de handgreep wordt ingeknepen en in mindere mate voor de schouder en bovenarm aan dezelfde lichaamszijde. De belasting van de andere bovenarm, waarmee de spuitlans wordt gestuurd, vormt in de meeste gevallen geen risicofactor. Bij gebruik van FINGERTIP en RECHT is de spieractiviteit in de triceps waarmee de spuitlans wordt gestuurd (meestal links) en in de onderarm waarmee de handgreep wordt bediend (meestal rechts) lager. Omdat een beperkt aantal spiergroepen kon worden bemeaten zijn er geen meetresultaten beschikbaar over de invloed van het gewicht en de lengte van de combinatie spuitlans-nozzle. Verondersteld mag echter worden dat een laag gewicht de spieren minder belast, met name bij een lange spuitlans. De spuitlans moet lang genoeg zijn om met een rechte rug te kunnen werken, maar mag niet zo lang zijn dat de schouder wordt opgetrokken tijdens het schoonspuiten van de stalrichting. Daarom zal voor het reinigen van kraam- of biggenopfokhokken een kortere spuitlans gewenst zijn dan tijdens het reinigen van vleesvarkenshokken. Verder kan de belasting van de spieren worden teruggebracht door afwisselend links- en rechtshandig te spuiten.

De beste spuitopstelling in dit onderzoek bestond uit een hogedrukspuit met ACCUMULATOR, FINGERTIP, RECHT en BALANS, terwijl in gemakkelijk te reinigen afdelingen ook BREED kan worden gebruikt.

Automatisering van het reinigen

Ten behoeve van de grotere bedrijven is nagegaan of automatisering van het reinigen kan bijdragen aan vermindering van de fysieke belasting van werkenden, ten opzichte van reinigen met een hogedrukspuit. De resultaten van dit onderzoek zijn ook relevant voor gespecialiseerde bedrijven die stallen reinigen, maar daarbij moet rekening worden gehouden met het programmeren van alle stal- en hoktypen waarin de robot moet worden ingezet. Hierover zijn nog onvoldoende gegevens bekend. De berekeningen zijn gebaseerd op veel aannamen, zoals de invloed op de werktijd (-60%) en op het waterverbruik (+10%) en daarmee de afvoerkosten voor de mest.

Op puur economische gronden lijkt een schoonmaakrobot niet rendabel voor vleesvarkensbedrijven met minder dan 6750 vleesvarkens. Ook voor gesloten bedrijven met 300 zeugen is reinigen met een spuitrobot duurder dan handmatig reinigen met een hogedrukspuit. Het berekende verschil in jaarkosten bedraagt €1170,=.

Er zijn echter ook andere redenen om over te gaan tot aanschaf van een schoonmaakrobot, zoals het aanzienlijk verminderen van de hoeveelheid onaangenaam werk, gezondheidsrisico's, de arbeidsorganisatie en het imago bij het aantrekken van personeel. Verder zijn mogelijke ontwikkelingen zoals het uitvoeren van de hoofdreiniging met gerecycled water niet uitgewerkt.

Verbetering van de reinigbaarheid van de stalinrichting

Verbetering van de reinigbaarheid is zowel bij reinigen met een hogedrukspuit als bij automatisch reinigen relevant. Bij reinigen met een hogedrukspuit beïnvloedt de reinigbaarheid de blootsteldingsduur van de werkenden aan de eerder genoemde belastende factoren. Automatisch reinigen stelt waarschijnlijk eisen aan de staluitvoering en het is aannemelijk dat de kwaliteit van het reinigen beter zal zijn als aandacht is besteed aan de reinigbaarheid van de stal.

Uit literatuuronderzoek blijkt dat de reinigbaarheid van stallen sterk kan worden verbeterd, maar actuele kwantitatieve gegevens zijn niet voorhanden. Belangrijk is de uitvoering van het hok (plaats van voerplaats, drinkplaats, ligplaats, mestplaats en eventuele ruimte voor activiteit). De dichte vloer (ligruimte) moet voldoende hellend of bol zijn uitgevoerd. Ook voersamenstelling (met name bij brijvoer) en voerregime (trog moet regelmatig leeg komen) hebben veel invloed.

Reinigen begint met goed inweken: maximaal 4 uur met water of ongeveer een half uur met een inwekmiddel. Bij aanwezigheid van mestkoeken kan gebruik van warm water zinvol zijn. Het reinigen zelf gebeurt met onverwarmd water zonder reinigingsmiddelen.

De materiaalkeuze heeft veel invloed op de reinigbaarheid. Beton moet glad zijn afgewerkt en glad blijven. Inferieur beton slijt snel en wordt dan ruw, met name als gevolg van de inwerking van zure voerresten en als gevolg van reinigen. In het algemeen is beton duurzamer dan kalkzandsteen.

Goede coatings maken het oppervlak gladder en beter bestand tegen chemische en fysische invloeden. Roestvast staal is gemakkelijker te reinigen dan gegalvaniseerd metaal, en ook veel kunststoffen zijn goed reinigbaar. Voorwaarde om goed reinigbaar te blijven is dat ze niet mogen beschadigen.

Behalve het materiaal is ook de constructie belangrijk. De te reinigen oppervlakken moeten vlak en goed bereikbaar zijn. Wanden van spijlen of buizen zijn moeilijker te reinigen dan dichte wanden.

Ronde buizen zijn moeilijker te reinigen dan ruitvormige balken. Naden of kieren mogen niet voorkomen. Op veel plaatsen in de stal kan een opklapbare stalinrichting de reinigbaarheid verbeteren.

Summary

As a part of the 'Arboconvenant Agrarische Sectoren' (an agreement between the Dutch government and organized interest groups of agricultural entrepreneurs and employees) a study is done to reduce the physical load during the cleaning of stables for pigs or poultry. It is known that sow farmers mention cleaning as the most important work related cause of complaints at the low back and at the neck/shoulder region. The loading factors during cleaning are the static load of muscles in the arms and the shoulders, and vibrations of the hands and the arms. Three ways to reduce the physical load were studied:

- (a) Ergonomic improvement of high pressure cleaners
- (b) Automation of the cleaning process
- (c) Improvement of the cleanability of the stable

Ergonomic improvement of high pressure cleaners

The physical load during cleaning with a high pressure cleaner is mainly caused by recoil of the sprayer lance and by vibrations. Adaptations to the high pressure cleaner, which were expected to reduce the physical load and to cost less than €250 each, are tested. The examined adaptations to reduce the vibrations were: an accumulator between water pump and sprayer lance (ACCUMULATOR), a better-balanced nozzle (BALANCE) than the common rotating nozzle (ROTATING), and a broad beam nozzle (BROAD). The adaptations to reduce muscle load were a straight (STRAIGHT) instead of the normal bowed (BOWED) sprayer lance and a sprayer pistol with a fingertip handle (FINGERTIP) instead of the traditional handle (NORMAL). Using FINGERTIP, the handle of the sprayer pistol must be pinched like a normal one, but it is easier to keep the FINGERTIP handle pinched for a long time than the NORMAL handle.

The required muscle power and the exposure to vibrations were measured by EMG- and vibration measurements. The adaptations were tested in a shed, where seven experienced people tested the same eight combinations of sprayer lances, handles, nozzles and accumulator. They cleaned a tiled wall and a concrete floor, which were contaminated with a paint that is normally used to mark animals. Water pressure was 180 bar and water flow was about 16 l/min. The seven people also gave a subjective judgment of the required muscle power, the vibration level and the cleaning capacity for each of the cleaning combinations.

A daily exposure during one hour to the vibrations caused by the common equipment with BOWED and ROTATING causes a health risk. Replacement of BOWED by STRAIGHT is better: cleaning with this equipment during one hour clean is safe, cleaning during more than two hours might be a health risk, and cleaning during eight hours a day is a health risk. Further reduction of vibrations is possible: cleaning during three hours a day is safe when a high pressure cleaner with an ACCUMULATOR and BALANCE is used. A cleaner with an ACCUMULATOR and BROAD hardly vibrates, but its cleaning capacity is insufficient to clean very dirty areas like pens for finishing pigs.

Not only the vibrations, but also the muscle activity during cleaning with a high pressure cleaner with BOWED and ROTATING causes a health risk, specially for the muscles which are used to pinch the handle of the sprayer pistol, but also muscles in the shoulder and upper arm at the same site of

the body might become overloaded. The muscle activity in the other upper arm, that steers the sprayer lance, is normally not a problem. Using FINGERTIP and STRAIGHT, the muscle activity in the upper arm that steers the sprayer lance and in the forearm (to pinch the handle) is reduced. The best high pressure cleaner in this study was the equipment with ACCUMULATOR, FINGERTIP, STRAIGHT and BALANCE. In well soaked rooms which are easily to clean BALANCE can be replaced by BROAD.

Automation of the cleaning process

For pig farms is calculated whether robot cleaning is an alternative for manual cleaning using a high pressure cleaner. The calculations are based on many assumptions, like the effect on labour time (- 60%) and water use (+10%) and costs for removal of the manure from the farm (€ 15 per m³).

Economically, a cleaning robot is profitable for farms with more than 6750 finishing pigs. For farms with 300 sows and no finishers robot cleaning is € 3000/year more expensive than manual cleaning with a high pressure cleaner, for farms with 300 sows and 2160 finishers the difference in annual costs is still € 1170. However, there may be other reasons for robot cleaning, like a reduction of the amount of unpleasant work and of health risks, easier labour organization and better image on the labour-market.

Improvement of the cleanability of the stable

This is relevant for both farms with manual cleaning using a high pressure cleaner and farms with robot cleaning. With manual cleaning, it saves time and reduces the period of muscle activity and the exposure to vibrations. With robot cleaning, it will probably improve the cleaning results. Literature review learned that considerable improvement of the cleanability of stables is possible, but current quantitative data are not available. Important aspects are the layout of the pens (place and layout of feeder, drinker, laying area, dunging area and activity area). The laying area should be sufficiently sloped or convex, to let urine or manure flow down to the slatted floor. Food composition (specially liquid food) and feeding regime (troughs must regularly become empty) also affect foulness.

Cleaning starts with good soaking, during a maximum of four hours with cold water or about half an hour with a soaking agent. If a firm layer of dry manure has to be removed, some sources recommend soaking with warm. The cleaning itself is done with cold water without cleaning agent. The material choice considerably effects cleanability. Concrete floors and walls must have a smooth surface and remain smooth. Inferior concrete wears quickly and gets a rough surface, particularly where residues of acid food remain or when a very high water pressure and a small nozzle are used for cleaning. In general, concrete is stronger than sand-lime bricks. Good coatings make concrete surfaces smoother and protect them against chemical and physical influences. It is easier to clean stainless steel than to clean galvanized metal, in pig stables the effect is considerable. Not only the material choice, but also the construction is important. Surfaces must be flat and accessible with the water jet. It's more difficult to clean walls of bars or pipes than solid walls, and round pipes are more difficult to clean than diamond-shaped pipes. Seams or crack must be avoided or repaired. The cleanability of many components in the pens or in the stable would improve if swing-back constructions were applied.

Bijlagen

A. Beoordelingsformulier krachtgebruik en trillingen

Tabel A1: Beoordeling van de benodigde kracht en de ervaren trillingen tijdens het reinigen en van het reinigend vermogen per spuitopstelling

Volgorde =>	1	2	3	4	5	6	7	8
spuitopstelling (invullen door onderzoeker)								
benodigde kracht in hand ¹³	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)
benodigde kracht in onderarm ¹	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)
benodigde kracht in bovenarm ¹	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)
benodigde kracht in schouder ¹	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)
beoordeling trillingen ¹	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)	(0-10)
reinigend vermogen van de spuitopstelling	(1-4)	(1-4)	(1-4)	(1-4)	(1-4)	(1-4)	(1-4)	(1-4)
algemeen oordeel over de spuitopstelling ¹⁴	(1-4)	(1-4)	(1-4)	(1-4)	(1-4)	(1-4)	(1-4)	(1-4)

Eventuele opmerkingen:

¹³ Gebruik bij de beoordeling van 0 tot 10 de volgende schaal:

	lokaal ervaren krachtgebruik	lokaal ervaren trillingen
0	Geen enkele kracht	Geen enkele trilling
0,5	Uitermate weinig kracht (net merkbaar)	Uitermate weinig trillingen (net merkbaar)
1	Zeer weinig kracht	Zeer weinig trillingen
2	Enige kracht	Enige trillingen
3	Nogal wat kracht	Nogal wat trillingen
4		
5	Veel kracht	Veel trillingen
6		
7	Zeer veel kracht	Zeer veel trillingen
8		
9		
10	Uitermate veel kracht (bijna maximaal)	Uitermate veel trillingen (bijna maximaal)

¹⁴ Gebruik bij de beoordeling van 1 tot 4 de volgende schaal:

1	Totaal ongeschikt
2	Liever een ander
3	Wel aardig.
4	Ideaal, zo wil ik het hebben

Bijlage B: Beoordelingscriteria voor een schoonmaakrobot

Voordat het zinvol is om schoonmaken met een robot te vergelijken het gangbare reinigen met een hogedrukspuit spelen moet het nieuwe schoonmaaksysteem aan een aantal randvoorwaarden voldoen. Daarnaast moeten beoordelingscriteria worden vastgesteld, alvorens te beginnen met de vergelijking. In deze bijlage zijn de belangrijkste randvoorwaarden en beoordelingscriteria weergegeven.

Randvoorwaarden

- Instelmogelijkheden:
kan robot zo worden ingesteld dat hij in meerdere staltypen ingezet kan worden?
- Inzichtelijke bediening:
is duidelijk hoe de installatie bediend moet worden? Kan iedereen dit of is intensieve training noodzakelijk? Moet er, na de startinstellingen, nog veel bijgesteld worden?
- Optimalisering instellingen en werkwijze:
voordat tot vergelijking kan worden overgegaan moeten instellingen en werkwijzen geoptimaliseerd zijn. Voorbeelden van afwegingen zijn: moeilijke plaatsen meerdere keren kort reinigen of één keer langdurig; wel of niet inweken; wel of niet handmatig nareinigen; invloed van hokinrichting en vloertype op de gewenste werkwijze.

De beoordelingscriteria zijn onderverdeeld in verbruik, arbeidsomstandigheden en overige criteria.

Beoordelingscriteria met betrekking tot verbruik

- Waterverbruik: Hoeveel water gebruikt de robot en hoeveel water is nodig voor eventueel handmatig nareinigen en inweken?
- Tijdsduur reinigen: Hoe lang duurt het reinigen van de afdeling daadwerkelijk, uitgesplitst naar aan- en aflooptijden, handmatig reinigen automatisch reinigen en - indien nodig - de inweektijd?
- Arbeidstijd: hoeveel arbeidstijd kosten reinigen, instellen, storingen en aan- en afloop? Is nareinigen nodig en hoeveel tijd kost dit dan? Is de arbeidstijd in het eerste hok hetzelfde als in het laatste hok? Wat is het effect van 'inweken' gedurende het reinigen van voorgaande hokken op de laatste hokken?
- Elektriciteitsverbruik: Hoeveel elektriciteit gebruikt de robot, hoeveel is nodig voor eventueel nareinigen en inweken?

Beoordelingscriteria met betrekking tot arbeidsomstandigheden

- Fysieke belasting: hoe groot is de fysieke belasting tijdens inweken, instellen/klaarzetten robot en nareinigen?
- Beleving van de arbeid: Is er gevoelsmatig een invloed op de arbeidsomstandigheden? Wordt het reinigen van stallen minder onaangenaam?

- Blootstelling aan nevel/bacteriën (gezondheid): Is er sprake van een geringere aanslag op de gezondheid van de werknemer? Bijvoorbeeld door verminderde blootstelling aan een vochtige, bevuilde afdeling?

Overige beoordelingscriteria

- Robuustheid: kan er een inschatting van de levensduur gemaakt worden?
- Storingen: Treden gedurende het gebruik van de spuitrobot vaak storingen of defecten op?
- Kostprijs / kosten per uur reinigen: Wat is de kostprijs? Zijn de kosten per uur reinigen acceptabel ten opzichte van handmatig reinigen, of mag reinigen met een robot duurder zijn, omdat het zeer onaangename arbeid vervangt?

Bijlage C: Invloed van spuitopstelling op spieractiviteit

Tabel C1: Mediane waarden van de gemeten spieractiviteit per spier¹, als percentage van de gemeten maximale spieractiviteit, van de proefpersonen in de verschillende proefopstellingen. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen het reinigen van de vloer (horizontaal vlak) en van de wand (verticaal vlak).

	TBR	TBL	DEL	FCR	FDS	FCU
S: standaard situatie (PVESN) - vloer	3,4	3,5	2,1	10,9	8,8	7,5
S: standaard situatie (PMESN) - muur	10,1	1,3	4,0	22,2	9,4	5,2
A: accumulator (PVEAN) - vloer	2,4	1,8	1,8	17	8,9	8,5
A: accumulator (PMEAN) - muur	4,4	0,4	4,0	17,3	8,9	5,2
B: breedstraalnozzle (PVEBN) - vloer	2,9	5,0	2,1	11,8	11,6	7,3
B: breedstraalnozzle (PMEBN) - muur	3,7	2,4	7,2	20,2	10,2	4,0
F: fingertip recht roterend (PVEFN) - vloer	1,5	0,1	1,0	9,8	8,1	5,8
F: fingertip recht roterend (PVEFN) - muur	4,5	0,7	3,8	11,5	6,1	3,4
R: fingertip recht vlak (PVESN) - vloer	2,2	0,9	1,1	8,9	6,0	4,5
R: fingertip recht vlak (PVESN) - muur	3,6	0,6	3,4	11,2	8,0	3,2
V: fingertip recht verb.rot (PVESN) - vloer	2,9	0,7	1,7	6,1	5,5	4,2
V: fingertip recht verb.rot (PVESN) - muur	5,5	1,1	3,0	9,7	5,4	2,9
G: fingertip recht acc verb (PVESN) - vloer	2,3	0,4	0,9	9,3	6,0	4,3
G: fingertip recht acc verb (PVESN) - muur	5,1	1,1	4,0	11,1	6,0	3,7
X: fingertip recht acc breedstr (PVESN) - vloer	1,9	1,6	1,8	8,0	8,3	5,2
X: fingertip recht acc breedstr (PVESN) - muur	4,4	0,8	5,3	23,5	5,4	4,1

Betekenis van de afkortingen (zie paragraaf 3.1.2.1):

TBR = *triceps brachii* rechts, *caput medialis* (TBR).

TBL = *triceps brachii* links, *caput medialis* (TBL).

DEL = *deltoideus pars clavicularis* rechts (DEL)

FCR = *flexor carpi radialis* rechts (FCR).

FDS = *flexor digitorum superficialis* rechts (FDS).

FCU = *flexor carpi ulnaris* rechts (FCU).

Bijlage D: Invloed van spuitopstelling op trillingen

Tabel D1: Mediane waarden van de totale trillingswaarde A_{hv} (m/sec²) per spuitopstelling, waarbij onderscheid is gemaakt tussen spuiten op de vloer en spuiten op een muur. Het weergegeven getal betreft de mediaan van zeven proefpersonen.

	A_{hv}
S: standaard situatie (PVESN) - vloer	10,6
S: standaard situatie (PMESN) - muur	8,8
A: accumulator (PVEAN) - vloer	11,1
A: accumulator (PMEAN) - muur	7,3
B: breedstraalnozzle (PVEBN) - vloer	2,2
B: breedstraalnozzle (PMEBN) - muur	2,9
F: fingertip recht roterend (PVEFN) - vloer	4,7
F: fingertip recht roterend (PVEFN) - muur	5,7
R: fingertip recht vlak (PVESN) - vloer	1,8
R: fingertip recht vlak (PVESN) - muur	2,3
V: fingertip recht verb.rot (PVESN) - vloer	5,1
V: fingertip recht verb.rot (PVESN) - muur	5,4
G: fingertip recht acc verb (PVESN) - vloer	4,0
G: fingertip recht acc verb (PVESN) - muur	2,9
X: fingertip recht acc breedstr (PVESN) - vloer	0,2
X: fingertip recht acc breedstr (PVESN) - muur	0,3