



Evaluatie geurverwijdering door luchtwassersystemen bij stallen

Deel 1: Oriënterend onderzoek naar werking gecombineerde
luchtwassers en verschillen tussen geurlaboratoria

R.W. Melse, G.M. Nijeboer, N.W.M. Ogink



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Evaluatie geurverwijdering door luchtwassystemen bij stallen

Deel 1: Oriënterend onderzoek naar werking gecombineerde luchtwassers
en verschillen tussen geurlaboratoria

R.W. Melse
G.M. Nijeboer
N.W.M. Ogink

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research in opdracht van het
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Wageningen UR Livestock
Research Wageningen, maart 2018

Rapport 1081

Melse, R.W., G.M. Nijeboer, N.W.M. Ogink, 2018. *Evaluatie geurverwijdering door luchtwassystemen bij stallen; Deel 1: Oriënterend onderzoek naar werking gecombineerde luchtwassers en verschillen tussen geurlaboratoria*. Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 1081.

Synopsis

In deze studie is de geurverwijdering gemeten bij twee typen combi-wassers op elk twee bedrijfslocaties. De luchtwassers waren achter een varkensstal geschakeld. Per bedrijfslocatie zijn in de zomer van 2016 zes geurrendementsmetingen uitgevoerd door een Duits en een Nederlands geurlaboratorium. Uit de studie blijkt dat de gemeten vier combi-wassers aanzienlijk lagere geurrendementen realiseerden dan de waarden waarvan uitgegaan wordt in de Regeling geurhinder en veehouderij. Daarnaast bleek dat er systematische verschillen bestaan tussen de geurconcentraties die door beide geurlaboratoria werden gemeten.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/441648> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2018 Wageningen Livestock Research

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

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

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



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

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Materiaal en Methoden	8
2.1 Typen luchtwassers	8
2.2 Meetprogramma	8
3 Resultaten	11
3.1 Geurmetingen	11
3.2 Ammoniakmetingen (indicatief)	13
3.3 Metingen van pH en EC	15
3.4 Storingen	16
4 Discussie	17
4.1 Geurrendementen	17
4.2 Vergelijking geurmetingen NL-lab en DE-lab	17
4.3 Ammoniakrendementen	19
5 Conclusie en aanbevelingen	20
Referenties	21
Bijlage 1 - Beschrijving BWL 2009.12	22
Bijlage 2 - Beschrijving BWL 2006.14	26
Bijlage 3 - Ringtest geurlaboratoria 2011	30

Samenvatting

In de afgelopen jaren is een aantal zogenaamde gecombineerde luchtwassystemen ("combi-wassers") in de bijlage van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) opgenomen. Voor deze combi-wassers is in de Regeling geurhinder en veehouderij (Rgv) een emissiefactor voor geur opgenomen die is gebaseerd op geurmetingen die zijn uitgevoerd door Duitse laboratoria, conform de geldende geurnorm NEN-EN-13725. Er bestaan aanwijzingen uit Deens en Nederlands onderzoek dat verschillen in de gebruikte procedures en analyseapparatuur in het laboratorium kunnen leiden tot systematische verschillen tussen geurmetingen die in Nederlandse en die in Duitse laboratoria worden uitgevoerd. Daarom hebben het Ministerie van Infrastructuur en Milieu en het Ministerie van Economische Zaken aan Wageningen Livestock Research gevraagd om een oriënterend onderzoek uit te voeren aan twee typen combi-wassers bij varkensstallen in Nederland, waarbij de metingen zowel door een Nederlands (NL-lab) als een Duits geurlaboratorium (DE-lab) worden verricht. Het doel daarvan is om te verkennen of daarbij systematische verschillen in de gemeten geurconcentraties en geurrendementen optreden tussen beide laboratoria, en vast te stellen of de in de praktijkstallen gemeten geurrendementen van beide laboratoria overeenkomen met de in de Rgv opgenomen geurreductiepercentages van beide type combi-wassers.

In het onderzoek zijn voor beide type combi-wassers twee bedrijfslocaties doorgemeten, waarbij per bedrijfslocatie in de zomer van 2016 zes rendementmetingen zijn uitgevoerd door beide laboratoria. De geurmonsters voor beide laboratoria zijn gelijktijdig genomen.

Uit de studie blijkt:

- Dat de bemeten vier combi-wassers aanzienlijk lagere geurrendementen realiseerden dan de waarde van 85% resp. 70% waarvan uitgegaan wordt in de Rgv, met bedrijfsgemiddelde geurrendementen variërend tussen -1 en 35%. Op twee van de vier locaties was zelfs geen sprake van significante geurverwijdering. Daarnaast bleek dat de spreiding in geurrendementsmetingen binnen een luchtwasser met standaarddeviaties van 32% (NL-lab) en 48% (DE-lab) aanzienlijk was. Deze spreiding is het gevolg van meetonzekerheid en operationele variatie in verwijderingsrendement van de luchtwasser zelf. De verklaring voor het lage niveau en grote spreiding in verwijderingsrendement moet gezocht worden in het disfunctioneren van de biologische wasstap in de betreffende luchtwassers.
- Dat er systematische verschillen bestaan in geurconcentraties die door de beide geurlaboratoria in dit onderzoek zijn gemeten. De door het NL-lab gemeten geurconcentraties liggen gemiddeld 4,5 maal zo hoog als de waarden van het DE-lab.
- Dat de correlatie tussen de geurconcentratie metingen van monsters die gelijktijdig zijn genomen van beide labs zwak was ($r=0,24$), wat evenals het grote systematische verschil duidt op een laag niveau van reproduceerbaarheid.
- Dat het geconstateerde systematische verschil en de gebrekkige reproduceerbaarheid tussen beide laboratoria vraagtekens oproepen t.a.v. de doelmatigheid van de huidige evaluatiemethode voor geurverwijdering door luchtwassers in de veehouderij.
- Dat de correlatie tussen de gemeten geurrendementen van beide labs eveneens zwak was ($r=0,38$), maar dat er geen sprake was van een systematisch verschil in geurrendement tussen beide laboratoria. Hierbij dient te worden opgemerkt dat bij hogere rendementsniveaus dan waargenomen in deze studie, systematische verschillen wel kunnen optreden, zoals in eerder onderzoek is gebleken.
- Dat voor de bemeten combi-wassers geldt dat de biologische wasstap bij geen enkele van de vier wassers normaal functioneerde wat betreft ammoniakverwijdering en/of procescondities (EC en pH). Dit resulteerde in het algemeen in veel lagere ammoniak rendementen dan de waarde van 85% waarvan uitgegaan wordt in de Rav.

Op grond van deze verkennende studie wordt een aantal aanbevelingen gedaan:

- Deze studie geeft voldoende reden om in de praktijk met een uitgebreide steekproef te verifiëren of de in de Rgv opgenomen geurverwijderingsrendementen van luchtwassers in de praktijk worden gehaald.
- De reproduceerbaarheid van metingen tussen laboratoria is beperkt. Tevens blijkt dat er sprake is van een aanzienlijke spreiding in geurverwijdering binnen praktijklocaties. Aanbevolen wordt te evalueren op welke wijze de vaststelling van geurverwijderingsrendementen, die in de Nederlandse regelgeving worden toegepast, hierdoor worden beïnvloed.
- Verder is er sprake van een substantieel geurniveaoverschil tussen beide betrokken laboratoria. Hoewel het geurniveaoverschil tussen laboratoria zich in deze studie niet vertaalt in significante geurrendementsverschillen zal dit voor hogere geurverwijderingsniveaus mogelijk wel optreden. Aanbevolen wordt dit in aanvullende studies met naar behoren functionerende luchtwassers te onderzoeken.

1 Inleiding

In de afgelopen jaren is een aantal zogenaamde gecombineerde luchtwassystemen ("combi-wassers") in de bijlage van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) opgenomen. De term "combi-wasser" betekent dat de verwijderingsrendementen voor zowel ammoniak, geur als fijn stof, minimaal 70% bedragen. Deze luchtwassers worden hoofdzakelijk toegepast binnen de varkenshouderij. Voor deze combi-wassers is in de Regeling geurhinder en veehouderij (Rgv) een emissiefactor voor geur opgenomen. De waarden van de geuremissiefactoren van combi-wassers zijn allen gebaseerd op geurmetingen die zijn uitgevoerd door Duitse laboratoria, conform de geldende geurnorm NEN-EN-13725.

In Nederland wordt deze geurnorm eveneens gehanteerd, maar er bestaan aanwijzingen dat verschillen in de gebruikte procedures en analyseapparatuur in het laboratorium kunnen leiden tot systematische verschillen tussen geurmetingen van verschillende laboratoria, zoals bleek uit Deens onderzoek (Jonassen et al., 2012; Riis, 2012) en een Nederlandse ringtest in 2011 (zie Bijlage 3). Uit de Nederlandse ringtest met metingen aan een biologische wasser bij een varkensstal traden niet alleen significante verschillen in gemeten geurconcentraties tussen de betrokken laboratoria op, maar verschilden de geurverwijderingsrendementen eveneens aanzienlijk tussen laboratoria, in dit specifieke geval variërend van gemiddeld 12 tot 76% geurverwijdering.

Binnen de NEN-EN-13725 zijn twee beoordelingsmethodes door panelleden toegestaan: de 'gedwongen keuze'-methode met twee geurbekers die door Nederlandse laboratoria wordt gehanteerd, en de 'ja/nee'-methode met één geurbeker die vooral door Duitse laboratoria wordt toegepast. Daarnaast verschillen de verdunningsapparaten (olfactometers) die bij beide beoordelingsmethodes worden gebruikt in uitvoering met betrekking tot de toegepaste stabilisatieperiode van de geurverdunding voorafgaand aan panel-aanbieding. Uit recent onderzoek (Kasper et al., 2017) blijkt dat sommige typen olfactometers door onvoldoende stabilisatie te lage geurconcentraties in de geurbekers kunnen geven, een effect dat versterkt optreedt bij afnemende geurconcentraties. Het is vooralsnog niet duidelijk of de verschillende uitvoeringen van olfactometers bij beide beoordelingsmethodes leiden tot verschillen in stabilisatie en hieruit resulterende verschillen in geurconcentraties.

Met deze achtergrond hebben het Ministerie van Infrastructuur en Milieu en het Ministerie van Economische Zaken aan Wageningen Livestock Research (WLR) gevraagd om aanvullende geurmetingen uit te voeren aan twee type combi-wassers bij varkensstallen in Nederland, waarbij de metingen zowel door een Nederlands als een Duits geurlaboratorium worden verricht. Het doel van deze metingen is te verkennen of er daarbij systematische verschillen in de gemeten geurconcentraties en geurrendementen optreden tussen beide laboratoria, en vast te stellen of de in de praktijkstallen gemeten geurrendementen van beide laboratoria overeenkomen met de in de Rgv opgenomen geurreductiepercentages van beide type combi-wassers.

2 Materiaal en Methoden

2.1 Typen luchtwassers

Het onderzoek richt zich op twee veel voorkomende typen combi-wassers, namelijk BWL 2009.12 en BWL 2006.14. In het onderzoek zijn deze twee typen combi-wassers bemeaten op elk twee locaties, dus het onderzoek omvat in totaal vier meetlocaties.

Luchtwasser BWL 2009.12 betreft een "gecombineerd luchtwassysteem 85% ammoniakemissiereductie met watergordijn en biologische wasser" en heeft daarnaast een toegekend geurverwijderingsrendement van 85%. Dit type luchtwasser is geïnstalleerd op 'locatie 1' en 'locatie 2'.

Luchtwasser BWL 2006.14 betreft een "gecombineerd luchtwassysteem 85 % ammoniakemissiereductie met chemische wasser (lamellenfilter) en waterwasser" en heeft daarnaast een toegekend geurverwijderingsrendement van 70%. Dit type luchtwasser is geïnstalleerd op 'locatie 3' en 'locatie 4'.

In Bijlage 1 en Bijlage 2 zijn de systeembeschrijvingen van deze wassers opgenomen, zoals die destijds zijn gepubliceerd op de website van Infomil. Intussen zijn deze systeembeschrijvingen vervangen door nieuwere versies (BWL 2009.12V2 en BWL 2006.14V4), waaraan nieuw vergunde wassers dienen te voldoen.

2.2 Meetprogramma

Aantal metingen en datum

Op elke locatie is een meetprogramma uitgevoerd van 6 meetbezoeken, in de maanden juli en augustus 2016; tussen de bezoeken lag telkens 1 of 2 weken. In Tabel 1 wordt aangegeven op welke datum de metingen zijn uitgevoerd.

Tabel 1: Datum waarop de metingen bij de verschillende combi-wassers zijn uitgevoerd.

		Week#	Datum
LOCATIE 1	Meting 1	Week 27	5 juli 2016
BWL2009.12	Meting 2	Week 28	12 juli 2016
Combi-wasser 85% NH3 en 85% geur met biowasser en watergordijn (1 wasstap met 1 type waswater)	Meting 3	Week 29	19 juli 2016
	Meting 4	Week 30	26 juli 2016
	Meting 5	Week 32	9 augustus 2016
	Meting 6	Week 33	16 augustus 2016
LOCATIE 2	Meting 1	Week 27	7 juli 2016
BWL2009.12	Meting 2	Week 28	14 juli 2016
Combi-wasser 85% NH3 en 85% geur met biowasser en watergordijn (1 wasstap met 1 type waswater)	Meting 3	Week 29	21 juli 2016
	Meting 4	Week 30	28 juli 2016
	Meting 5	Week 32	11 augustus 2016
	Meting 6	Week 33	18 augustus 2016
LOCATIE 3	Meting 1	Week 27	5 juli 2016
BWL2006.14	Meting 2	Week 28	12 juli 2016
Combi-wasser 85% NH3 en 70% geur met chemische wasser en waterwasser (2 wasstappen met 2 types waswater)	Meting 3	Week 29	19 juli 2016
	Meting 4	Week 30	26 juli 2016
	Meting 5	Week 32	9 augustus 2016
	Meting 6	Week 33	16 augustus 2016
LOCATIE 4	Meting 1	Week 27	7 juli 2016
BWL2006.14	Meting 2	Week 28	14 juli 2016
Combi-wasser 85% NH3 en 70% geur met chemische wasser en waterwasser (2 wasstappen met 2 types waswater)	Meting 3	Week 29	21 juli 2016
	Meting 4	Week 30	28 juli 2016
	Meting 5	Week 32	11 augustus 2016
	Meting 6	Week 33	18 augustus 2016

Geurmetingen

Tijdens elk bezoek zijn tegelijkertijd twee sets geurmonsters genomen, elke set bestaande uit een monster van de ingaande en een monster van de uitgaande lucht. De monsters werden genomen tussen 9:00 en 14:00, de monsternamen duurde 30 minuten, conform het VERA protocol. Eén set werd door WLR genomen en op dezelfde dag geanalyseerd door het geurlaboratorium van Buro Blauw te Wageningen. Daarnaast werd (tegelijkertijd) een set van geurmonsters genomen door personeel van LUFA Nord-West (Oldenburg, Duitsland), en op dezelfde dag geanalyseerd door het geurlaboratorium van LUFA. In alle gevallen werd gebruik gemaakt van nalophaan-folie (PET) geurzakken. Beide laboratoria werken conform de geurnorm NEN-EN-13725 en rapporteren de resultaten in Europese geureenheden (OU_E/m^3). De gevoeligheid van de panelleden wordt voor de metingen getest met n-butanol. De monsters werden niet voorverdund. Het geurlaboratorium van Buro Blauw werkt binnen deze geurnorm volgens de bij Nederlandse labs gangbare 'gedwongen keuze' analysemethode, en het laboratorium van LUFA Nord-West volgens de in de Duitse labs gangbare 'ja/nee' analysemethode.

Het geurrendement van de wasser werd voor elke meting als volgt berekend:

$$\text{Rendement (\%)} = 100 \times [1 - (C_{in} - C_{uit}) / C_{in}]$$

waarbij:

C_{in} = ingaande geurconcentratie, OU_E/m^3 ;

C_{uit} = uitgaande geurconcentratie, OU_E/m^3 ;

Vervolgens werd het gemiddelde geurrendement per locatie berekend door het gemiddelde te nemen van de geurrendementen van de 6 metingen.

Ammoniakmetingen (indicatief)

Naast de geurmetingen zijn ter plaatse indicatieve ammoniakmetingen uitgevoerd door personeel van WLR met behulp van gasdetectiebuisjes (Kitagawa, type 105SC: 5 - 260 ppm en type 105SD: 0,2 - 20 ppm). Zowel de ingaande als de uitgaande luchtstroom van de luchtwassers is bemonsterd tussen 9:00 en 14:00. Dit type metingen betreft een momentopname en is niet gebaseerd op een voor het vaststellen van emissiefactoren erkende meetmethode. De methode is echter wel geschikt om een indicatie te geven van concentratieniveaus, zij het dat uit eerder onderzoek blijkt dat de verwijderingsrendementen enigszins kunnen worden overschat doordat de gasdetectiebuisjes in de uitgaande lucht een lagere concentratie meten dan met de nat-chemische referentiemethode (Melse et al., 2012).

Metingen waswater (pH en EC)

Tenslotte zijn door personeel van WLR monsters van het waswater genomen en is ter plaatse de pH en de EC bepaald van deze monsters (pH meter: WTW, type pH 3110, EC meter: WTW, type Cond 3110). Bij combi-wasser BWL 2009.12 is sprake van één biologische wasstap en dus sprake van één type waswatermonster; bij combi-wasser BWL 2006.14 is sprake van twee wasstappen, een biologische en een chemische, en is dus sprake van twee types waswatermonsters die beide zijn gemeten.

De pH staat voor de 'zuurgraad', waarbij een waarde van ca. 6 - 8 wordt beschouwd als 'neutraal', een waarde lager dan ca. 6 als 'zuur', en een waarde hoger dan ca. 8 als 'basisch' of 'alkalisch'. In de biologische wasstappen behoort de pH waarde zich in het bereik van 6,5 - 7,5 te bevinden; in de chemische (of 'zure') wasstap behoort de pH lager te zijn dan 4.

De EC staat voor de 'elektrische geleidbaarheid', wat een maat is voor de totale hoeveelheid opgeloste zouten, waaronder NH_4^+ , NO_2^- en NO_3^- . In een normaal functionerende biologische wasstap zal de EC waarde maximaal ca. 18 mS/cm bedragen en in een normaal functionerende chemische wasstap maximaal ca. 250 mS/cm.

Statistische toetsing gemeten waarden

Per bedrijfslocatie is door middel van een t-toets vastgesteld of het gemiddelde geurrendement over 6 metingen overeenkwam met het voor die combi-wasser vastgestelde geurrendement in de regelgeving (nul-hypothese) of dat deze lager was dan het gemeten rendement (alternatieve hypothese). Het betreft hier een eenzijdige toetsing met een verwerping van de nul-hypothese bij overschrijdingskans

$P < 0,05$. De toets per bedrijfslocatie is voor het gemiddelde geurrendement van beide laboratoria uitgevoerd.

Per bedrijfslocatie is getoetst of er sprake was van een significant ($P < 0,05$) verschil in geurrendement tussen beide labs door middel van een gepaarde t-toets op de geurrendementen van de opeenvolgende meetdagen, en is de correlatie tussen de gelijktijdig gemeten geurrendementen van beide laboratoria bepaald.

Voor de totale dataset van gemeten geurconcentraties (in- en uitgaand, $n=48$) zijn de correlaties berekend tussen de metingen van beide laboratoria aan dezelfde luchtstroom, zowel op normale lineaire schaal als op natuurlijk logaritmische schaal (ln-waarden). Tevens is onderzocht of tussen beide laboratoria een systematisch verschil in geurconcentratie-niveau bestaat door een gepaarde t-toets op de ln-waarden van de waarnemingen.

3 Resultaten

3.1 Geurmetingen

In Tabel 2a worden de resultaten van de geurmetingen weergegeven voor elke locatie, zoals deze zijn gemeten door het Nederlandse geurlaboratorium ("NL-lab") en het Duitse geurlaboratorium ("DE-lab"). Voor elke meting is het rendement uitgerekend en tenslotte is voor elke locatie het gemiddelde rendement berekend op basis van de 6 uitgevoerde metingen. In Tabel 2b worden de gemiddelde geurconcentraties en rendementen nog eens samengevat.

Tabel 2a: Resultaten van geurmetingen uitgevoerd bij 4 verschillende combi-wassers die de ventilatielucht van varkensstallen behandelen ⁽¹⁾ ⁽²⁾.

		NL lab			DE lab		
		in	uit	Rendement	in	uit	Rendement
		OU-E/m ³	OU-E/m ³	%	OU-E/m ³	OU-E/m ³	%
LOCATIE 1 BWL2009.12 Combi-wasser 85% NH3 en 85% geur met biowasser en watergordijn (1 wasstap met 1 type waswater)	Meting 1	8667	4088	53	2435	1625	33
	Meting 2	7697	5782	25	1149	1625	-41
	Meting 3	3197	3839	-20	645	384	40
	Meting 4	2751	1684	39	456	861	-89
	Meting 5	11524	3315	71	431	342	21
	Meting 6	5992	4329	28	483	315	35
	<i>Gemiddelde:</i>		6638	3840	33	933	859
	<i>SEM:</i>	1372	548	13	320	256	22
	<i>SD:</i>			27			45
LOCATIE 2 BWL2009.12 Combi-wasser 85% NH3 en 85% geur met biowasser en watergordijn (1 wasstap met 1 type waswater)	Meting 1	2419	1280	47	724	215	70
	Meting 2	2393	1147	52	1448	542	63
	Meting 3	950	378	60	304	342	-13
	Meting 4	1434	625	56	861	342	60
	Meting 5	3158	1216	61	609	362	41
	Meting 6	1859	3137	-69	609	1024	-68
	<i>Gemiddelde:</i>		2036	1297	35	759	471
	<i>SEM:</i>	322	396	21	157	119	22
	<i>SD:</i>			43			46
LOCATIE 3 BWL2006.14 Combi-wasser 85% NH3 en 70% geur met chemische wasser en waterwässer (2 wasstappen met 2 types waswater)	Meting 1	4837	2605	46	1933	1534	21
	Meting 2	6208	5782	7	1085	1218	-12
	Meting 3	3137	2934	6	976	976	0
	Meting 4	2412	2106	13	1148	256	78
	Meting 5	8403	7352	13	512	287	44
	Meting 6	7223	4668	35	483	228	53
	<i>Gemiddelde:</i>		5370	4241	20	1023	750
	<i>SEM:</i>	955	840	7	216	232	14
	<i>SD:</i>			15			29
LOCATIE 4 BWL2006.14 Combi-wasser 85% NH3 en 70% geur met chemische wasser en waterwässer (2 wasstappen met 2 types waswater)	Meting 1	5807	4684	19	1085	271	75
	Meting 2	5450	4378	20	3649	2435	33
	Meting 3	1827	1983	-9	813	1085	-33
	Meting 4	1558	1684	-8	861	512	41
	Meting 5	3235	3460	-7	609	542	11
	Meting 6	3828	4725	-23	512	724	-41
	<i>Gemiddelde:</i>		3618	3486	-1	1255	928
	<i>SEM:</i>	725	556	7	486	321	18
	<i>SD:</i>			15			38

(1) SEM = Standard Error of the Mean; SD = standaarddeviatie

(2) Als gevolg van technische storingen is in twee gevallen afgeweken van het protocol:

- tijdens meting 3 op locatie 1 is de geurzak voor het DE-lab gevuld in slechts 10 min i.p.v. 30 min;
- tijdens meting 4 op locatie 2 zijn de geurzakken voor het NL-lab en DE-lab niet tegelijkertijd maar na elkaar gevuld.

Tabel 2b: Samenvatting van geurconcentraties en geurrendementen die gemeten zijn bij 4 verschillende combi-wassers die de ventilatielucht van varkensstallen behandelen ⁽¹⁾.

GEMIDDELDEN PER LOCATIE EN PER LAB	NL lab				DE lab			
	in		uit		Rendement		Rendement	
	OU-E/m ³	OU-E/m ³	%	SEM	OU-E/m ³	OU-E/m ³	%	SEM
LOCATIE 1 - BWL 2009.12: 85% geur	6638	3840	33	13	933	859	0	22
LOCATIE 2 - BWL 2009.12: 85% geur	2036	1297	35	21	759	471	26	22
LOCATIE 3 - BWL 2006.14: 70% geur	5370	4241	20	7	1023	750	30	14
LOCATIE 4 - BWL 2006.14: 70% geur	3618	3486	-1	7	1255	928	14	18

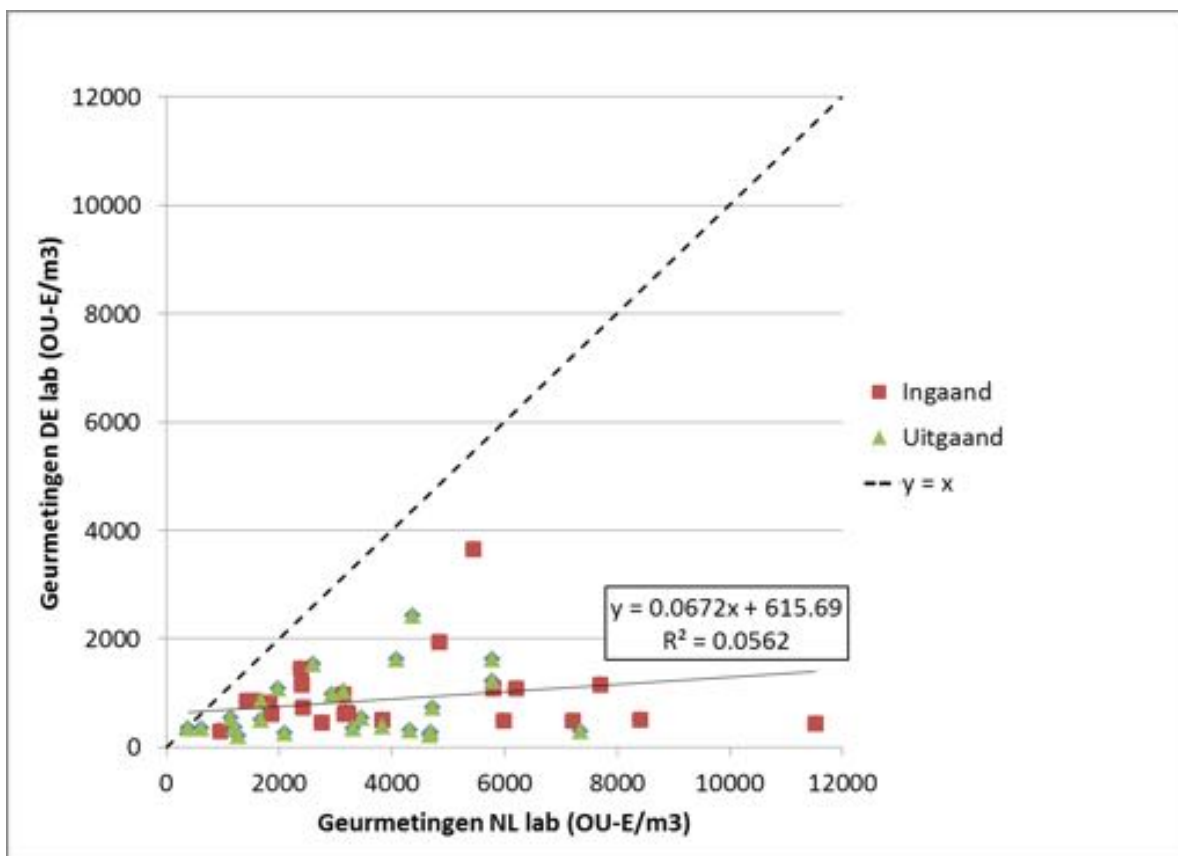
⁽¹⁾ SEM = Standard Error of the Mean.

Voor geen enkele van de vier praktijklocaties werd een significant verschil gevonden tussen het gemiddelde rendement van het Nederlandse en het Duitse laboratorium. Ook gegroepeerd over alle 24 rendementsmetingen was er geen significant verschil tussen de overall gemiddeldes van beide laboratoria. De correlatie tussen de rendementsmetingen van NL-lab en het DE-lab bedroeg 0,38 ($P < 0,10$).

De gemeten gemiddelde rendementen op de vier praktijklocaties waren in alle gevallen significant lager dan de in de Rav opgenomen geurrendementen van 85 en 70% (overschrijdingskansen variërend tussen $P < 0,05$ en $P < 0,001$). Dit gold zowel voor de rendementsmetingen van het NL-lab als het DE-lab.

Tevens werd getoetst of er überhaupt sprake was van aantoonbare geurverwijdering in de bemeten wassers, d.w.z. of het gemiddelde geurrendement van een praktijklocatie hoger lag dan 0. Het bleek dat voor locatie 2 en 4 door geen van beide laboratoria een significante geurverwijdering kon worden aangetoond. Voor locatie 1 stelde het NL-lab wel en het DE-lab geen significante geurverwijdering vast. Verder bleek dat grote verschillen in geurrendement optraden tussen verschillende metingen op één locatie. Binnen de praktijklocaties bedroeg de standaarddeviatie van het percentage verwijderingsrendement bij het NL-lab 32 en bij het DE-lab 47.

In Figuur 1 zijn de geurconcentratiemetingen van het NL-lab uitgezet tegen het DE-lab, en is de bijbehorende lineaire regressielijn weergegeven. De correlatie tussen de metingen van beide laboratoria aan dezelfde luchtstroom, uitgedrukt op normale schaal, was zwak significant 0,24 ($P < 0,10$). Op ln-schaal uitgedrukt was de correlatie iets sterker met een coëfficiënt van 0,30 ($P < 0,02$). Zoals uit Figuur 1 blijkt, was er sprake van een aanzienlijk niveauverschil tussen beide laboratoria in gemeten geurconcentraties van monsters uit dezelfde luchtstroom. Het overall gemiddelde van de 48 waarnemingen van het NL-lab bedroeg 3.815 OU_E/m³ tegen 872 OU_E/m³ in het DE-lab. Het over de 48 meetseries gemiddelde ln-verschil (NL-lab minus DE-lab) bedroef 1.50 en was sterk significant ($P < 0,001$). Door de exponent van dit ln-verschil te berekenen kan dit als een proportioneel verschil op normale schaal uitgedrukt worden. Aldus berekend lagen de geurconcentraties van het NL-lab 4,5 maal zo hoog als de waarden van het DE-lab.



Figuur 1: Gemeten geurconcentraties door DE-lab versus gemeten door NL-lab. Het betreft metingen aan de ingaande en uitgaande lucht van 4 verschillende combi-wassers die de ventilatielucht van varkensstallen behandelen.

3.2 Ammoniakmetingen (indicatief)

In Tabel 3a worden de resultaten van de indicatieve ammoniakmetingen weergegeven voor elke locatie, zoals deze ter plaatse zijn gemeten door WLR. Voor elke meting is het rendement uitgerekend en tenslotte is voor elke locatie het gemiddelde rendement berekend op basis van de 6 uitgevoerde metingen. In Tabel 3b worden de gemiddelde ammoniakconcentraties en rendementen nog eens samengevat.

Tabel 3a: Resultaten van indicatieve ammoniakmetingen uitgevoerd bij 4 verschillende combi-wassers die de ventilatielucht van varkensstallen behandelen ⁽¹⁾.

NH3 METINGEN (indicatief)		NH3-in	NH3-uit	Rendement
		ppm	ppm	%
LOCATIE 1	Meting 1	14	17.5	-25
BWL2009.12	Meting 2	14.5	15	-3
Combi-wasser 85% NH3 en 85% geur	Meting 3	14	14.5	-4
met biowasser en watergordijn	Meting 4	14	14.5	-4
(1 wasstap met 1 type waswater)	Meting 5	19	17	11
	Meting 6	18	12.5	31
	<i>Gemiddelde:</i>	16	15	1
	<i>SEM:</i>	0.9	0.7	7.5
	<i>SD:</i>			16
LOCATIE 2	Meting 1	19	16.5	13
BWL2009.12	Meting 2	19	6.5	66
Combi-wasser 85% NH3 en 85% geur	Meting 3	14.5	0	100
met biowasser en watergordijn	Meting 4	16.5	0	100
(1 wasstap met 1 type waswater)	Meting 5	20.5	1.5	93
	Meting 6	18	20.5	-14
	<i>Gemiddelde:</i>	18	8	60
	<i>SEM:</i>	0.9	3.6	20
	<i>SD:</i>			44
LOCATIE 3	Meting 1	40	2	95
BWL2006.14	Meting 2	42	1	98
Combi-wasser 85% NH3 en 70% geur	Meting 3	32	1	97
met chemische water en waterwasser	Meting 4	33	1	97
(2 wasstappen met 2 types waswater)	Meting 5	48	24.5	49
	Meting 6	42	5.5	87
	<i>Gemiddelde:</i>	40	6	87
	<i>SEM:</i>	2.5	3.8	7.8
	<i>SD:</i>			32
LOCATIE 4	Meting 1	16	1	94
BWL2006.14	Meting 2	15.5	0.5	97
Combi-wasser 85% NH3 en 70% geur	Meting 3	14.5	1	93
met chemische water en waterwasser	Meting 4	18	1	94
(2 wasstappen met 2 types waswater)	Meting 5	19.5	15.5	21
	Meting 6	19	8	58
	<i>Gemiddelde:</i>	17	5	76
	<i>SEM:</i>	0.8	2.5	13
	<i>SD:</i>			34

(¹) SEM = Standard Error of the Mean; SD = standaarddeviatie.

Tabel 3b: Samenvatting van ammoniakconcentraties en ammoniakrendementen die gemeten zijn bij 4 verschillende combi-wassers die de ventilatielucht van varkensstallen behandelen (indicatieve metingen) ⁽¹⁾.

GEMIDDELDEN PER LOCATIE (indicatieve metingen)	NH3-in	NH3-uit	Rendement	
	ppm	ppm	%	SEM
LOCATIE 1 - BWL 2009.12: 85% NH3	16	15	1	7.5
LOCATIE 2 - BWL 2009.12: 85% NH3	18	8	60	20
LOCATIE 3 - BWL 2006.14: 85% NH3	40	6	87	7.8
LOCATIE 4 - BWL 2006.14: 85% NH3	17	5	76	13

(¹) SEM = Standard Error of the Mean.

Het rendement van locatie 1 lag significant lager dan 85%. Het rendement van de andere drie locaties week niet significant af van 85% ($P > 0,10$).

3.3 Metingen van pH en EC

In Tabel 4 worden de resultaten van de pH en EC waarde van het waswater weergegeven voor elke locatie, zoals deze ter plaatse zijn gemeten door WLR.

Tabel 4: Gemeten pH en EC waarden van waswater van 4 verschillende combi-wassers die de ventilatielucht van varkensstallen behandelen ⁽¹⁾.

pH EN EC METINGEN		Waswater bio-stap		Waswater chem-stap	
		pH	EC	pH	EC
		-	mS/cm	-	mS/cm
LOCATIE 1	Meting 1	7.5	18	nvt	nvt
BWL2009.12	Meting 2	7.6	18	nvt	nvt
Combi-wasser 85% NH3 en 85% geur met biowasser en watergordijn (1 wasstap met 1 type waswater)	Meting 3	7.4	21	nvt	nvt
	Meting 4	7.5	18	nvt	nvt
	Meting 5	7.7	21	nvt	nvt
	Meting 6	7.5	23	nvt	nvt
	<i>Gemiddelde:</i>	7.5	20	nvt	nvt
	<i>SEM:</i>	0.0	0.9	nvt	nvt
LOCATIE 2	Meting 1	7.8	17	nvt	nvt
BWL2009.12	Meting 2	7.6	22	nvt	nvt
Combi-wasser 85% NH3 en 85% geur met biowasser en watergordijn (1 wasstap met 1 type waswater)	Meting 3	7.5	7	nvt	nvt
	Meting 4	7.7	6	nvt	nvt
	Meting 5	7.2	20	nvt	nvt
	Meting 6	7.8	18	nvt	nvt
	<i>Gemiddelde:</i>	7.6	15	nvt	nvt
	<i>SEM:</i>	0.1	2.8	nvt	nvt
LOCATIE 3	Meting 1	2.3	158	1.6	203
BWL2006.14	Meting 2	1.7	192	1.7	182
Combi-wasser 85% NH3 en 70% geur met chemische water en waterwaster (2 wasstappen met 2 types waswater)	Meting 3	1.7	194	1.6	187
	Meting 4	1.6	214	1.5	207
	Meting 5	2.7	174	1.7	205
	Meting 6	2.7	198	2.9	194
	<i>Gemiddelde:</i>	2.1	188	1.8	196
	<i>SEM:</i>	0.2	8.0	0.2	4.2
LOCATIE 4	Meting 1	5.8	33	2.0	142
BWL2006.14	Meting 2	3.9	31	1.8	191
Combi-wasser 85% NH3 en 70% geur met chemische water en waterwaster (2 wasstappen met 2 types waswater)	Meting 3	3.4	30	2.0	216
	Meting 4	3.4	38	2.3	195
	Meting 5	6.9	42	6.8	190
	Meting 6	5.4	37	4.2	161
	<i>Gemiddelde:</i>	4.8	35	3.2	183
	<i>SEM:</i>	0.6	1.9	0.8	11

(1) SEM = Standard Error of the Mean.

Daarnaast zijn de pH en EC waarden genoteerd zoals die door de procescomputer van de luchtwassers worden weergegeven, voor zover beschikbaar. In Tabel 5 is weergegeven in hoeverre deze afwijken van de metingen die in Tabel 4 worden weergegeven.

Tabel 5: Gemiddelde afwijking van pH en EC waarden waswater zoals weergegeven door de op de luchtwasser aanwezige procescomputer t.o.v. de gemeten waarden volgens Tabel 4. Het betreft metingen bij 4 verschillende combi-wassers die de ventilatielucht van varkensstallen behandelen.

	pH ⁽¹⁾ (absolute afwijking)	EC (% afwijking)	Betreffende wasstap
Locatie 1	+ 0,3	- 11,2	biologisch
Locatie 2	+ 0,2	- 10,7	biologisch
Locatie 3	+ 1,5	n.b.	chemisch
Locatie 4	- 0,1	- 10,5	chemische

(1) Een positieve waarde betekent dat de procescomputer hogere waarden aangeeft dan de meetwaarden in Tabel 4.

3.4 Storingen

Tijdens de bezoeken is een aantal malen geconstateerd dat er sprake was van technische storingen. Onderstaand worden deze opgesomd, en kort wordt aangegeven welk effect dit kan hebben op de gemeten verwijderingsrendementen.

*** Locatie 1:**

Geen opmerkingen.

*** Locatie 2:**

Voorafgaand aan meting 4 is een reparatie uitgevoerd (spuiklep vervangen); als gevolg hiervan ging hierna de EC weer toenemen (zie meting 5 en 6 in Tabel 4). Voorafgaand aan meting 6 is de wasser uitgeschakeld geweest als het gevolg van een stroomstoring, en vlak voor meting 6 weer ingeschakeld. Waarschijnlijk was dit de reden dat de NH₃ en geurrendementen van meting 6 veel lager waren dan eerdere metingen.

*** Locatie 3:**

Tijdens aankomst op het bedrijf bij meting 5 bleek de wasser in storing te zijn en uitgeschakeld. De wasser werd weer in bedrijf genomen en na 20 minuten werd alsnog gestart met het nemen van de geurmonsters. Hierdoor is de pH enige tijd te hoog geweest, waardoor het ammoniakrendement laag was (zie Tabel 3a). Bij vertrek werd nogmaals een NH₃ meting gedaan en bleek de concentratie in de lucht na de wasser te zijn gedaald van 25 naar 5.5 ppm. Tijdens meting 6 viel op dat er veel schuim aanwezig was in de recirculatietank van de biologische wasstap.

*** Locatie 4:**

Tijdens meting 5 bleek dat de pH meter van de installatie defect was. De pH van de chemische wasstap (zie Tabel 4) was dan ook veel te hoog, waardoor de NH₃ verwijdering ook laag was. Tijdens meting 6 bleek dat de pH meter was vervangen, maar de zuurdosering werkte nog niet goed (te hoge pH en lage NH₃ verwijdering).

4 Discussie

4.1 Geurrendementen

Uit de resultaten (Tabel 2a en 2b) blijkt dat het gemiddelde geurrendement per locatie, zowel volgens de meting van het NL-lab als het DE-lab, in alle gevallen lager was dan de ammoniakverwijdering. Zoals eerder weergegeven bij de resultaten zijn de gevonden geurrendementen aantoonbaar lager dan de in de systeembeschrijving vastgestelde geurrendementen van 85% voor BWL 2009.12 (locatie 1 en 2) en 70% voor BWL 2006.14 (locatie 3 en 4). Het hoogste locatie-gemiddelde in de meetseries met de zes rendementmetingen bedroeg slechts 35% (Tabel 2b). Voor twee van de vier praktijklocaties kon zelfs geen aantoonbare geurverwijdering vastgesteld worden.

De spreiding rond het gemiddelde geurrendementsniveau van een praktijklocatie bedroeg voor het NL-lab 32% en het DE-lab 47%. Deze spreiding kan toegeschreven worden aan de meetonzekerheid van de geurconcentraties in de in- en uitstromende lucht en aan variaties die het gevolg zijn van operationele variabiliteit van de luchtwasser zelf. Het hogere spreidingsniveau van het DE-lab kan duiden op een wat hogere meetonzekerheid aangezien de bijdrage van de operationele variabiliteit gelijk moet zijn voor beide labs.

Zoals eerder geconcludeerd bij de bespreking van het ammoniakrendement functioneerde de biologische wasstap bij geen enkele van de 4 wassers naar behoren. De geurverwijdering zal hoofdzakelijk door biologische afbraak moeten plaatsvinden. De verklaring van de lage geurrendementen en de ruime spreiding in geurverwijdering binnen de praktijklocaties moet daarom gezocht worden in het disfunctioneren van de biologische wasstap in de betreffende luchtwassers.

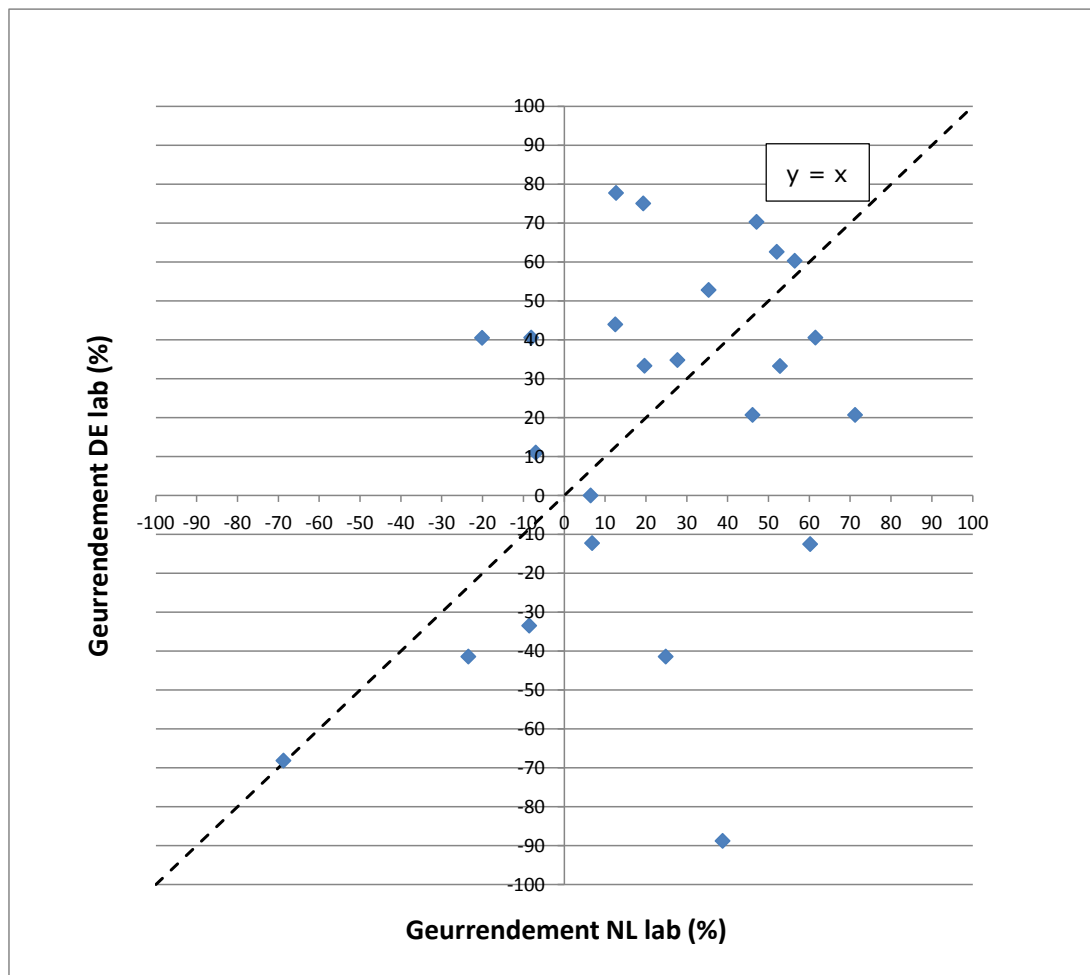
4.2 Vergelijking geurmetingen NL-lab en DE-lab

Uit Figuur 1 en Tabel 2a en 2b wordt duidelijk dat er grote verschillen waren in gemeten geurconcentraties tussen het NL-lab en DE-lab, die beide geaccrediteerd zijn voor de Europese standaard voor geurconcentraties (EN 13725). De geurconcentraties van de gelijktijdig genomen monsters verschillen sterk tussen beide labs, waarbij de metingen van het NL-lab overall 4,5 maal zo hoog liggen.

Zoals eerder in de inleiding uiteengezet blijkt uit recent onderzoek (Kasper et al., 2017) dat afhankelijk van de uitvoering van olfactometers, maar ook van type geurstoffen en stabilisatie-tijd voorafgaand aan aanbidding, te lage concentraties in de geurbekers worden gevonden. Bij het nameten in de geurbeker van verdunningen van bekende concentraties van aangeboden componenten blijkt dat de verwachte opbrengst van verdund gas (recovery) in veel gevallen ver onder de 100% ligt. Dit wordt veroorzaakt door adsorptie van componenten in het leidingsysteem van de olfactometer gecombineerd met onvoldoende doorstroom-tijd voor het bereiken van een evenwicht, d.w.z. onvoldoende tijd voor het bereiken van een stabiel signaal in de geurbeker. Daarnaast is de uitvoering van de olfactometers van het Nederlandse en Duitse laboratorium verschillend omdat ze een andere beoordelingsmethode ('gedwongen keuze'- respectievelijk 'ja/nee'-methode) toepassen. In de voorliggende luchtwasser-studie kunnen de verschillen in olfactometer en beoordelingsmethode een rol hebben gespeeld in het ontstaan van het grote systematische verschil tussen beide laboratoria. Omdat het hier om één laboratorium van beide types gaat kan niet op voorhand worden gesteld dat dit effect voor alle Nederlandse en Duitse laboratoria opgaat, hier kan sprake zijn van laboratorium-specifieke verschillen die niet methode-afhankelijk zijn. Dit vereist meer onderzoek. Niettemin is het gesignaleerde forse systematische verschil een duidelijk signaal dat gebruik van geurdata van verschillende type geurlaboratoria leidt tot risico's op inconsistente niveaus en onjuiste interpretaties.

Los van het gesignaleerde verschil in gemiddelde niveaus, blijkt verder dat de gepaarde meetresultaten van de labs zwak positief met elkaar waren gecorreleerd ($r=0,24$), met een wat hogere correlatie voor de ln-waarden ($r=0,30$). De R^2 horende bij de lineaire regressie in Figuur 1 bedraagt slechts 0,06, wat wil zeggen dat slechts 6% van de variatie van de meetgegevens van DE-lab verklaard kan worden door de resultaten van het NL-lab. Hieruit wordt geconcludeerd dat de reproduceerbaarheid van de variatie in concentratiemetingen tussen de beide laboratoria zeer beperkt is. Zowel het geconstateerde systematische verschil als de lage correlatie tussen de metingen van beide laboratoria roepen vraagtekens op wat betreft de doelmatigheid van de huidige evaluatiemethode voor geurverwijdering door luchtwassers in de veehouderij.

In Figuur 2 worden de berekende geurrendementen weergegeven van alle metingen, met op de x-as de rendementen op basis van het NL-lab en op de y-as op basis van het DE-lab. De rendementen van beide laboratoria waren positief gecorreleerd met een $r=0,38$, zij het dat het verband zwak significant was. De resultaten laten geen systematisch verschil tussen de labs qua verwijderingsrendement zien. Hoewel, zoals hiervoor besproken, er sprake was van een substantieel niveauverschil in de concentratiemetingen tussen beide labs vertaalt dit meetverschil zich niet in een effect op het verwijderingsrendement. Dit kan verklaard worden door het proportionele karakter van het niveauverschil. Wanneer over de gehele meetrange sprake is van een constant proportioneel verschil zal immers het verwijderingsrendement ongewijzigd blijven.



Figuur 2: Gemeten geurrendementen door het DE-lab versus gemeten door het NL-lab. Het betreft metingen aan de ingaande en uitgaande lucht van 4 verschillende combi-wassers die de ventilatielucht van varkensstallen behandelen.

Opgemerkt wordt dat daarmee nog niet zeker is of er daadwerkelijk geen laboratoria-verschillen kunnen optreden bij geurrendementsmetingen aan luchtwassers. De meetserie in dit onderzoek kende geen hoge verwijderingsrendementen waardoor er geen lage geurconcentratieniveaus in de

behandelde luchtstroom werden bereikt. Het is mogelijk dat bij veel lagere geurconcentratieniveaus wel systematische verschillen in geurrendement optreden. Zo bleek in de eerder uitgevoerde ringtest van 2011 met geurmonsters uit een luchtwasser (zie Bijlage 3) dat het laboratorium met het laagste niveau geurconcentraties gemiddeld het hoogste gemiddelde geurrendement rapporteerde.

4.3 Ammoniakrendementen

Uit Tabel 3a en 3b blijkt dat de biologische wasstap van de wasser op locatie 1 nauwelijks tot geen ammoniak verwijderde (gemiddeld rendement is 1%). De pH en EC waarde bevonden zich juist op of boven het maximum van het toegelaten bereik. Wanneer geen ammoniak wordt verwijderd, zal ook geen nitriet of nitraat in het waswater opgehoopt worden. Daarom zal deze wasser naar verwachting nauwelijks tot geen spuiwater afvoeren.

De ammoniakrendementen van de overige locaties waren beduidend hoger. Het gemiddelde rendement lag in 2 van de 3 gevallen lager dan de vereiste 85%, maar in geen van deze gevallen was sprake van een significante afwijking van 85%.

Verder blijkt uit Tabel 4 dat de biologische wasstap van locatie 3 niet functioneerde: het waswater was sterk zuur i.p.v. dat de pH zich tussen 6,5 en 7,5 bevond; dit werd waarschijnlijk veroorzaakt door doorslag van zuur waswater van de chemische wasstap naar de biologische wasstap. Ook voor locatie 4 gold dat de pH in de biologische wasstap te laag en de EC te hoog was; dit kan eveneens zijn veroorzaakt door doorslag van waswater uit de zure stap, anderzijds kan dit veroorzaakt zijn door ophoping van nitraat en nitriet als gevolg van een niet goed functionerende spuiwaterregeling.

Tenslotte valt op dat een aantal metingen qua ammoniakrendement sterk afweek van de andere metingen op dezelfde locatie (bijv. meting 1 en 6 bij locatie 2 en meting 5 bij locatie 3 en 4), wat duidt op processtoringen of calamiteiten.

Opgemerkt dient te worden dat de gebruikte meetmethode voor ammoniak (met Kitagawa gasdetectiebuisjes) wordt beschouwd als een indicatieve concentratiebepaling. In eerder onderzoek (Melse et al., 2012) waarbij deze gasdetectiebuisjes werden vergeleken met nat-chemische metingen, werd gevonden dat de gasdetectiebuisjes de concentratie van de ammoniak in de lucht na de wasser met gemiddeld 1,2 ppm onderschatten, zodat dit kan leiden tot een overschatting van het ammoniakverwijderingsrendement met enige procenten.

Geconcludeerd kan worden dat de biologische wasstap bij geen enkele van de 4 wassers normaal functioneerde wat betreft ammoniakverwijdering en/of procescondities (EC en pH).

5 Conclusie en aanbevelingen

Uit deze verkennende studie blijkt:

- 1) Dat de bemeten vier combi-wassers aanzienlijk lagere geurrendementen realiseerden dan de waarde van 85% resp. 70% waarvan uitgegaan wordt in de Rgv, met bedrijfsgemiddelde geurrendementen variërend tussen -1 en 35%. Op twee van de vier locaties was zelfs geen sprake van significante geurverwijdering. Daarnaast bleek dat de spreiding in geurrendementsmetingen binnen een luchtwasser met standaarddeviaties van 32% (NL-lab) en 48% (DE-lab) aanzienlijk was. Deze spreiding is het gevolg van meetonzekerheid en operationele variatie in verwijderingsrendement. De verklaring voor het lage niveau en grote spreiding in geurverwijderingsrendement moet gezocht worden in het disfunctioneren van de biologische wasstap in de betreffende luchtwassers.
- 2) Dat er systematische verschillen bestaan in geurconcentraties die door de beide verschillende geurlaboratoria in dit onderzoek zijn gemeten. De door het NL-lab gemeten geurconcentraties liggen gemiddeld 4,5 maal zo hoog als de waarden van het DE-lab.
- 3) Dat de correlatie tussen de geurconcentratie metingen van monsters die gelijktijdig zijn genomen van beide labs zwak was ($r=0,24$), wat evenals het grote systematische verschil duidt op een laag niveau van reproduceerbaarheid.
- 4) Dat het geconstateerde systematische verschil en de gebrekkige reproduceerbaarheid tussen beide laboratoria vraagtekens oproepen t.a.v. de doelmatigheid van de huidige evaluatiemethode voor geurverwijdering door luchtwassers in de veehouderij.
- 5) Dat de correlatie tussen de gemeten geurrendementen van beide labs eveneens zwak was ($r=0,38$), maar dat er geen sprake was van een systematisch verschil in geurrendement tussen beide laboratoria. Hierbij dient te worden opgemerkt dat bij hogere rendementsniveaus dan waargenomen in deze studie, systematische verschillen wel kunnen optreden, zoals in eerder onderzoek is gebleken.
- 6) Dat voor de bemeten combi-wassers geldt dat de biologische wasstap bij geen enkele van de vier wassers normaal functioneerde wat betreft ammoniakverwijdering en/of procescondities (EC en pH). Dit resulteerde in het algemeen in veel lagere ammoniak rendementen dan de waarde van 85% waarvan uitgegaan wordt in de Rav.

Op grond van deze verkennende studie wordt een aantal aanbevelingen gedaan:

- 1) Deze studie geeft voldoende reden om in de praktijk met een uitgebreide steekproef te verifiëren of de in de Rgv opgenomen geurverwijderingsrendementen van luchtwassers in de praktijk worden gehaald.
- 2) De reproduceerbaarheid van metingen tussen laboratoria is beperkt. Tevens blijkt dat er sprake is van een aanzienlijke spreiding in geurverwijdering binnen praktijklocaties. Aanbevolen wordt te evalueren op welke wijze de vastgestelde rendementen, die in de regelgeving worden toegepast, hierdoor worden beïnvloed.
- 3) Verder is er sprake van een substantieel niveauverschil tussen beide betrokken laboratoria. Hoewel het niveauverschil tussen laboratoria zich in deze studie niet vertaalt in significante geurrendementsverschillen zal dit voor hogere geurverwijderingsniveaus mogelijk wel optreden. Aanbevolen wordt dit in aanvullende studies met naar behoren functionerende luchtwassers te onderzoeken.

Referenties

CEN (2003). EN 13725: Air Quality – Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry. European Committee for Standardization (CEN), Brussels.

Jonassen, K.E.N., Pedersen, P., Riis, A.L., Sørensen, K. (2012). Does the choice of olfactometric laboratory affect the efficiency of odour abatement technologies?, Chem Eng Trans 30, 43-48.

Kasper, P.L., Mannebeck, M., Oxbøl, A., Nygaard, J.V., Hansen, M.J., Feilberg, A. (2017). Effects of Dilution Systems in Olfactometry on the Recovery of Typical Livestock Odorants Determined by PTR-MS. Sensors 2017, 17, 1859.

Melse, R.W., Ellen, H., Nijeboer, G.M., Ploegaert, J.P.M. (2012). Vergelijking rendementsmetingen bij luchtwassers - Natchemisch versus gasdetectiebuisjes. Livestock Research, Wageningen. Gepubliceerd als bijlage van rapport "Innovatieproject Doelmatig gebruik luchtwassers - Eindverslag. DLV Intensief Advies BV/DLV Rundvee Advies BV, 13 maart 2012".

Riis A.I. (2012). Odour and ammonia reduction in ventilation air from a unit with growing-finishing pigs using a 3-step air cleaner. Proceedings of The Ninth International Livestock Environment Symposium (ILES IX), Valencia ,Spain, July 2012.

Bijlage 1 - Beschrijving BWL 2009.12

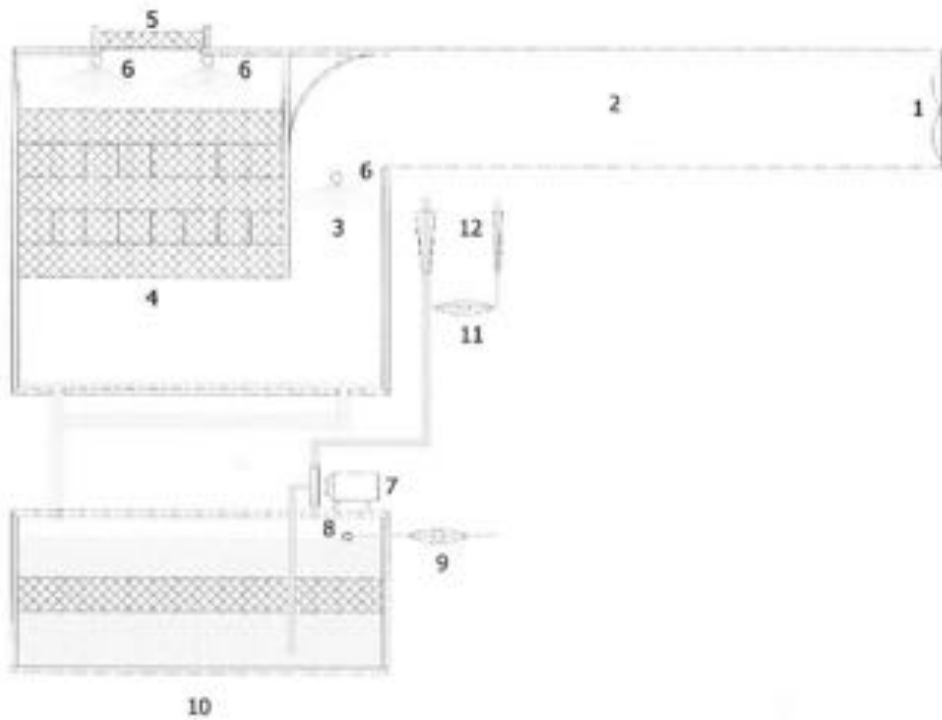
Nummer systeem	BWL 2009.12	
Naam systeem	Gecombineerd luchtwassysteem 85% ammoniakemissiereductie met watergordijn en biologische wasser	
Diercategorie	Kraamzeugen, gespeende biggen, guste en dragende zeugen, dekberen en vleesvarkens (inclusief opfokberen en opfokzeugen)	
Systeembeschrijving van	Oktober 2009	
Werkingsprincipe	<p>De ammoniakemissie (inclusief geur- en stofemissie) wordt beperkt door de ventilatielucht te behandelen in een gecombineerd luchtwassysteem. Dit is een installatie die is opgebouwd uit meerdere wassystemen. Bij het beschreven systeem bestaat de installatie uit een watergordijn (type gelijkstroom) met daaronder een biologische wasser. Het watergordijn is in de voornamte aanwezig waarin de lucht optimaal wordt verdeeld over het gehele aanstroomoppervlak van de wassectie. De biologische wasser is opgebouwd uit een filterelement van het type tegenstroom. Het betreft een kolom met vulmateriaal, waarover continu wasvloeistof wordt gesproeid. De gezuiverde lucht verlaat vervolgens via een druppelvanger de installatie.</p> <p>Bij passage van de ventilatielucht door het luchtwassysteem wordt de ammoniak opgevangen in de wasvloeistof. Bacteriën die zich op het vulmateriaal en in de wasvloeistof bevinden zetten de ammoniak om in nitriet en/of nitraat, waarna deze stoffen met het spuiwater worden afgevoerd. De verwijdering van stof en geurcomponenten gebeurt in het watergordijn en de biologische wasser.</p> <p>Spuiwater komt vrij uit de biologische wasser, het wordt opgevangen in de wateropvangbak onder de wasinstallatie. Ook het sproeiwater van het watergordijn wordt in deze bak opgevangen.</p>	
DE TECHNISCHE UITVOERING VAN HET SYSTEEM		
	Onderdeel	Uitvoeringseis
1	Ventilatie	aanvoer ventilatielucht naar luchtwassysteem, zie hiervoor de checklist ventilatie bij luchtwassysteem uit het technisch informatieboekje 'Luchtwassystemen voor de veehouderij'
2a	Dimensionering luchtwassysteem	gecombineerd luchtwassysteem opgebouwd uit een watergordijn van het type gelijkstroom en een biologische wasser van het type tegenstroom
2b		watergordijn voor de biologische wasser, de lengte van het watergordijn is gelijk aan de lengte van het filterpakket in de biologische wasser
2c		biologische wasser opgebouwd uit een kolom kunststof filtermateriaal (type FKP 312, contactoppervlak filtermateriaal is 240 m ² / m ³) met een hoogte van 1,5 meter
2d		via een druppelvanger (type TEP 130) verlaat de gereinigde lucht het systeem
2e		capaciteit maximaal 4 080 m ³ lucht per uur per m ² aanstroomoppervlak van filterpakket in de biologische wasser
2f		aan te tonen met dimensioneringsplan bij aanvraag vergunning, waaruit onder meer de relatie met het aantal dieren per diercategorie blijkt (maximale ventilatie)
3a	Registratie	continue registratie van het aantal draaiuren van de circulatiepomp van de biologische wasser met behulp van een urenteller
3b		continue registratie van het spuidebiet van de biologische wasser met een

		geijkte waterpulsometer
3c		de geregistreerde waarden moeten niet vrij toegankelijk worden opgeslagen
4	Spuregeling	het spuien van het waswater moet worden aangestuurd door een automatische regeling
HET GEBRUIK VAN HET SYSTEEM		
	Onderdeel	Gebruikseis
a1	Instelling parameters en	de pH van het waswater in de biologische wasser moet minimaal 6,5 en maximaal 7,5 bedragen
a2	controle	eik half jaar bemonstering van het waswater in de biologische wasser, zie hiervoor de checklist controle werking biologisch luchtwassysteem uit het technisch informatiedocument 'Luchtwassystemen voor de veehouderij'. Hierin zijn ook de eisen met betrekking tot de controle en de verslaglegging opgenomen.
b	Spuregeling	de opgegeven spulfrequentie moet bij de ingebruikname van de luchtwasser bekend zijn en moet bij de installatie worden bewaard
c	Opleveringsverklaring	opname belangrijkste gegevens (zoals controleparameters) en dimensioneringsgrondslagen in een opleveringsverklaring ¹ , door de leverancier na installatie van het luchtwassysteem te overhandigen aan de veehouder
d1	Reiniging	reiniging filterpakket in de biologische wasser minimaal éénmaal per jaar
d2		reiniging druppelvanger minimaal éénmaal per drie maanden
e1	Onderhoudscontract	het afsluiten van een onderhoudscontract met de leverancier of een andere deskundige partij wordt sterk aanbevolen ² . In het onderhoudscontract moet een jaarlijkse controle en onderhoud van het luchtwassysteem zijn opgenomen. Verder zijn in dit contract de taken van de leverancier/deskundige partij opgenomen. Informatie over de standaardinhoud van het onderhoudscontract is opgenomen in de checklist onderhoud biologisch luchtwassysteem uit het technisch informatiedocument 'Luchtwassystemen voor de veehouderij'
e2		de wekelijkse controle door de veehouder moet specifiek plaatsvinden op de volgende punten: <ul style="list-style-type: none"> • watergordijn: <ul style="list-style-type: none"> a. werking sproeiers; b. waswaterdebiet en verdeling; c. ventilatie (volgens voorschrift van de leverancier); • biologische wasser: <ul style="list-style-type: none"> d. pH van het waswater (bijvoorbeeld met een lakmoespapier); e. waswaterdebiet en verdeling over het pakket (noteren meterstand urenteller, volgens voorschrift van de leverancier); f. spuiwaterdebiet (noteren meterstand watermeter, volgens voorschrift van de leverancier); g. ventilatie (volgens voorschrift van de leverancier); De bandbreedte van de waarnemingen en bijbehorende acties zijn opgenomen in de bijlage controlepunten wekelijkse controle biologisch luchtwassysteem bij het technisch informatiedocument 'Luchtwassystemen voor de veehouderij'

¹ In de opleveringsverklaring moet worden aangetoond dat het luchtwassysteem volgens de systeembeschrijving is uitgevoerd en gedimensioneerd

² Een onderhoudscontract is een goed middel om te voorkomen dat de gebruiker problemen krijgt bij het afleggen van een verantwoording bij de handhaving.

f	Logboek	<p>moet worden bijgehouden met betrekking tot:</p> <ul style="list-style-type: none"> - de metingen, het onderhoud, de analyseresultaten van het wassysteem en de optredende storingen; - de wekelijkse controle werkzaamheden. <p>Zie hiervoor de checklist onderhoud biologisch luchtwassysteem uit het technisch informatiedocument 'Luchtwassystemen voor de veehouderij'</p>
g1	Rendementsmeting	moet worden uitgevoerd in de periode van 3 tot 9 maanden na installatie van het luchtwassysteem
g2		een herhaling van de meting in de zomerperiode van het derde jaar waarin de installatie in gebruik is, vervolgens een periodieke herhaling om de 2 jaar
g3		elke meting bestaat zowel uit een rendementsmeting voor ammoniak als een rendementsmeting voor geur
g4		de overige eisen voor de rendementsmeting zijn opgenomen in de checklist rendementsmeting luchtwassysteem uit het technisch informatiedocument 'Luchtwassystemen voor de veehouderij'
Werkingsresultaat		<p>ammoniakverwijderingsrendement: 85 procent</p> <p>geurverwijderingsrendement: 85 procent</p>
Emissiefactor		<p>Gespeende biggen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0,09 kg NH₃ per dierplaats per jaar, hokoppervlak maximaal 0,35 m² - 0,11 kg NH₃ per dierplaats per jaar, hokoppervlak groter dan 0,35 m² <p>Kraamzeugen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1,25 kg NH₃ per dierplaats per jaar <p>Guste en dragende zeugen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0,63 kg NH₃ per dierplaats per jaar, individuele huisvesting - 0,63 kg NH₃ per dierplaats per jaar, groepshuisvesting <p>Dekberen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0,83 kg NH₃ per dierplaats per jaar. <p>Vleesvarkens (inclusief opfokberen en opfokzeugen):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0,38 kg NH₃ per dierplaats per jaar, hokoppervlak maximaal 0,8 m² - 0,53 kg NH₃ per dierplaats per jaar, hokoppervlak groter dan 0,8 m²
Verwijzing meetrapport		Ortlinghaus, O., 2008. Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen an einem Blowäscher mit Vorentstaubung in der Tierhaltung, 31-12-2008, Berichtsnummer: Uniqfill Bio-Combi-Wäscher, Fachhochschule Münster



Legenda:

- 1 ventilator
- 2 centraal luchtkanaal
- 3 watergordijn voor stofafvang
- 4 filterpakket biologische wasser
- 5 druppelvanger
- 6 sproeiers met sproeileiding
- 7 circulatiepomp
- 8 watervlotter
- 9 watermeter schoon water
- 10 waterbuffer
- 11 spuiwatermeter
- 12 doorstroommeters

<p>NAAM: Gecombineerd luchtwassysteem 85 % ammoniakemissiereductie met watergordijn en biologische wasser, voor kraamzeugen, gespeende biggen, gaste en dragende zeugen, dekberen en vleesvarkens (inclusief opfokberen en opfokzeugen)</p>	<p>NUMMER: BWL 2009.12 Systeembeschrijving oktober 2009</p>
---	--

Bijlage 2 - Beschrijving BWL 2006.14

Systeemnummer:	BWL 2006.14
Rav-nummer:	D 1.1.15.1.1; D 1.1.15.1.2; D 1.2.17.1; D 1.3.12.1; D 2.4.1; D 3.2.15.1.1 en D 3.2.15.1.2
Naam van het systeem:	Gecombineerd luchtwassysteem 85 % ammoniakemissiereductie met chemische wasser (lamellenfilter) en waterwasser
Diercategorie:	Kraamzeugen, gespeende biggen, gaste en dragende zeugen, dekberen en vleesvarkens (inclusief opfokberen en opfokzeugen)
Stalbeschrijving van:	Oktober 2006

Korte omschrijving van het stalsysteem:

De ammoniakemissie wordt beperkt door de ventilatielucht te behandelen in een gecombineerd luchtwassysteem. Een gecombineerd luchtwassysteem is een installatie die is opgebouwd uit meerdere wassystemen. Bij het beschreven systeem bestaat de installatie uit twee achter elkaar geplaatste filterelementen van het type dwarsstroom. Het eerste element is een chemische wasser die bestaat uit een lamellenfilter. Om de 10 minuten wordt gedurende 1 minuut aangezuurde wasvloeistof over het filter gesproeid. Achter dit filter staat een waterwasser. Dit is een kolom vulmateriaal waarover continue water wordt gesproeid met behulp van sproeiers die zich voor en achter het filterelement bevinden. De gezuiverde lucht verlaat vervolgens via een druppelvanger de installatie. Spuwater komt vrij uit de chemische wasser. Het spuien van waswater vindt plaats nadat het waswater in de chemische wasser vijf keer achter elkaar op de ingestelde pH van 1,5 is gebracht (dit proces begint wanneer het waswater een pH van 4,0 heeft bereikt). Na spuien van het waswater in de chemische wasser wordt de opvangbak gevuld met het waswater uit de waterwasser. Vervolgens wordt ten behoeve van de waterwasser vers water aangevoerd tot het ingestelde vloeistofniveau in de opvangbak.

Bij passage van de ventilatielucht door het luchtwassysteem wordt de ammoniak opgevangen in de wasvloeistof. Middels toevoeging van zwavelzuur aan de wasvloeistof, wordt in de chemische wasstap de ammoniak gebonden als ammoniumsulfaat. De verwijdering van stof en geurcomponenten gebeurt in beide wassers.

Eisen aan de uitvoering:

- 1) Gecombineerd luchtwassysteem
 - a) het wassysteem is opgebouwd uit twee achter elkaar geplaatste filterelementen. Het eerste element is een chemische wasser van het type lamellenfilter, dikte is 0,50 m. Dit filter is opgebouwd uit carbonsaat vezels die in speciale banen zijn aangebracht tussen kunststof platen. Het tweede element is een waterwasser met een dikte van 0,24 m. Het is een filterpakket dat is opgebouwd uit kunststof filtermateriaal (contactoppervlak is 240 m² per m³). Voordat de gezuiverde lucht het wassysteem verlaat wordt het in een druppelvanger van waterdruppels ontdaan.
 - b) per m² aanstroomoppervlak van zowel de chemische wasser als de waterwasser wordt maximaal 5.000 m³ lucht aangevoerd. Voor de chemische wasser gaat het hierbij niet om het specifieke oppervlak van de lamellen, maar gaat het om het aanstroomoppervlak van het element waarin het lamellenfilter is geplaatst. Het lamellenfilter zelf heeft een capaciteit van maximaal 75 m³ lucht per uur per m² oppervlak van het lamel.
 - c) het gecombineerd luchtwassysteem kan de ventilatielucht van één of meerdere afdelingen behandelen. Op de situatieschets van het totale bedrijf dient dit duidelijk te worden aangegeven.
- 2) Ventilatielucht
 - a) van elke afdeling waarvoor de lagere emissiewaarde van kracht is, dient alle ventilatielucht via het gecombineerd luchtwassysteem de stal te verlaten.
 - b) bij het gebruik van een centraal afzuigkanaal moet het doorstroomoppervlak van dit kanaal tenminste 1 cm² per m² per uur maximale ventilatiecapaciteit bedragen. Voorts moeten de door het Klimaatplatform Varkenshouderij vastgestelde normen voor maximale ventilatie in acht worden genomen.
- 3) Registratie instrumenten

Ten behoeve van de wettelijke controle (zie bijlage 2) moeten zowel ten behoeve van de chemische wasser als de waterwasser een urenteller en een geijkte waterpulsometer worden aangebracht. De urenteller is nodig voor het registreren van de draaiuren van de circulatiepomp. Door de watermeter wordt de hoeveelheid spuwater van de chemische wasstap geregistreerd. Deze waarden moeten continue worden geregistreerd en niet vrij toegankelijk worden opgeslagen.

- 4) Zuuropslag
De inhoud van de opslag moet snel en accuraat kunnen worden afgelezen.
- 5) Afvoer spuiwater
Het spuiwater van de chemische wasser mag niet worden afgevoerd naar een mestkelder die in open verbinding staat met de dieren. Aanbevolen wordt om dit spuiwater af te voeren naar een aparte opslag.

Eisen aan het gebruik:

- 1) Conform het monstername protocol (zie bijlage 1) dient elk half jaar een monster van het waswater van de chemische wasser (de eerste filterwand) te worden genomen. De analysesresultaten dienen binnen de aangegeven grenzen te liggen. Indien deze buiten de grenzen liggen dient de gebruiker, in overleg met de leverancier, actie te ondernemen. Monstername, vervoer en analyse van het waswater en de rapportage daarvan dienen door een STERINSTERLAB gecertificeerde instelling te worden uitgevoerd.
- 2) Door vervuiling van het filterpakket zal de ventilatielucht een hogere weerstand ondervinden. Om deze reden dient het filterpakket van de chemische wasser en de waterwasser minimaal elk jaar te worden gereinigd. De druppelvangervanger moet om de drie maanden worden gereinigd.
- 3) Er dient een logboek te worden bijgehouden met betrekking tot enerzijds metingen, onderhoud, analysesresultaten van het wassysteem en optredende storingen en anderzijds de wekelijkse controle werkzaamheden (zie bijlage 2).
- 4) Er dient een onderhoudscontract en een adviescontract afgesloten te zijn met de leverancier. In het onderhoudscontract moet een jaarlijkse controle en onderhoud van het luchtwassysteem zijn opgenomen. Voorts zijn in dit contract taken van de leverancier opgenomen. Bijlage 2 geeft informatie over de standaardinhoud van het onderhoudscontract. Het adviescontract biedt steun bij vragen over de procesvoering van het luchtwassysteem.
- 5) In de periode van 3 tot 9 maanden nadat het systeem is geïnstalleerd moet een rendementmeting van het gecombineerd luchtwassysteem worden uitgevoerd. Deze meting moet zowel betrekking hebben op het ammoniakverwijderingsrendement als het geurverwijderingsrendement. Om deze rendementen op langere termijn aan te tonen moet deze rendementmeting worden herhaald in de zomerperiode van het derde jaar waarin de installatie in gebruik is. Vervolgens moet deze meting elke 2 jaar worden herhaald. In bijlage 3 is een omschrijving opgenomen van de wijze waarop de rendementmeting moet worden uitgevoerd.

Werkingsresultaat:

- 1) Dit gecombineerd luchtwassysteem met een waterwasser, chemische wasser en biofilter moet een ammoniakverwijderingsrendement hebben van minimaal 85 %.
- 2) De geuremissie wordt door dit gecombineerd luchtwassysteem met 70 % verminderd (voorlopige waarde).
- 3) Voor de verwijdering van fijn stof door dit gecombineerd luchtwassysteem is op basis van het meetrapport geen waarde vast te stellen.

Nadere bijzonderheden:

- 1) Bij de vergunningsaanvraag dient het dimensioneringsplan van het gecombineerd luchtwassysteem en het monsternameprotocol te worden overlegd. Uit het dimensioneringsplan moet onder meer de relatie met het aantal dieren per diercategorie blijken.
- 2) Het monsternameprotocol en de bedieningshandleiding dienen op een centrale plaats bij de installatie te worden bewaard.
- 3) De bestemming van het spuiwater van het gecombineerd luchtwassysteem moet duidelijk worden aangegeven. De verwijdering en afzet van het spuiwater dient binnen de vigerende regelgeving plaats te vinden. De luchtwasserproducent / leverancier dient de veehouder hier expliciet op te wijzen.
- 4) Het gehalte aan ammoniumsulfaat in het spuiwater van de chemische wasser moet minimaal 1,2 mol per liter bedragen.
- 5) De pH van het waswater in de chemische wasstap mag voordat het wordt verversd maximaal 4,0 zijn en na verversing maximaal 1,5.
- 6) Voor de opslag en het omgaan met zwavelzuur zijn door de arbeidsinspectie en de Adviesraad Gevaarlijke Stoffen richtlijnen opgesteld (P-blad 134.4 en PGS 15).
- 7) De aanvrager noemt dit gecombineerd luchtwassysteem: "Lamellenfilter Plus".
- 8) De beslissing over de emissiefactor is mede gebaseerd op de door de aanvrager overgelegde meetrapporten (rapport 1: Zwoll, M., 2004. Bericht über die Durchführung von

Emissionsmessungen, Berichtsnummer 2004_10. Fachhochschule Münster; rapport 2: Lorenz, Broer, L., Zechelius, M., 2005. Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen, projekt-Nr: 220605-534. LUFA Nord-West).

De herleide ammoniakemissie bedraagt:

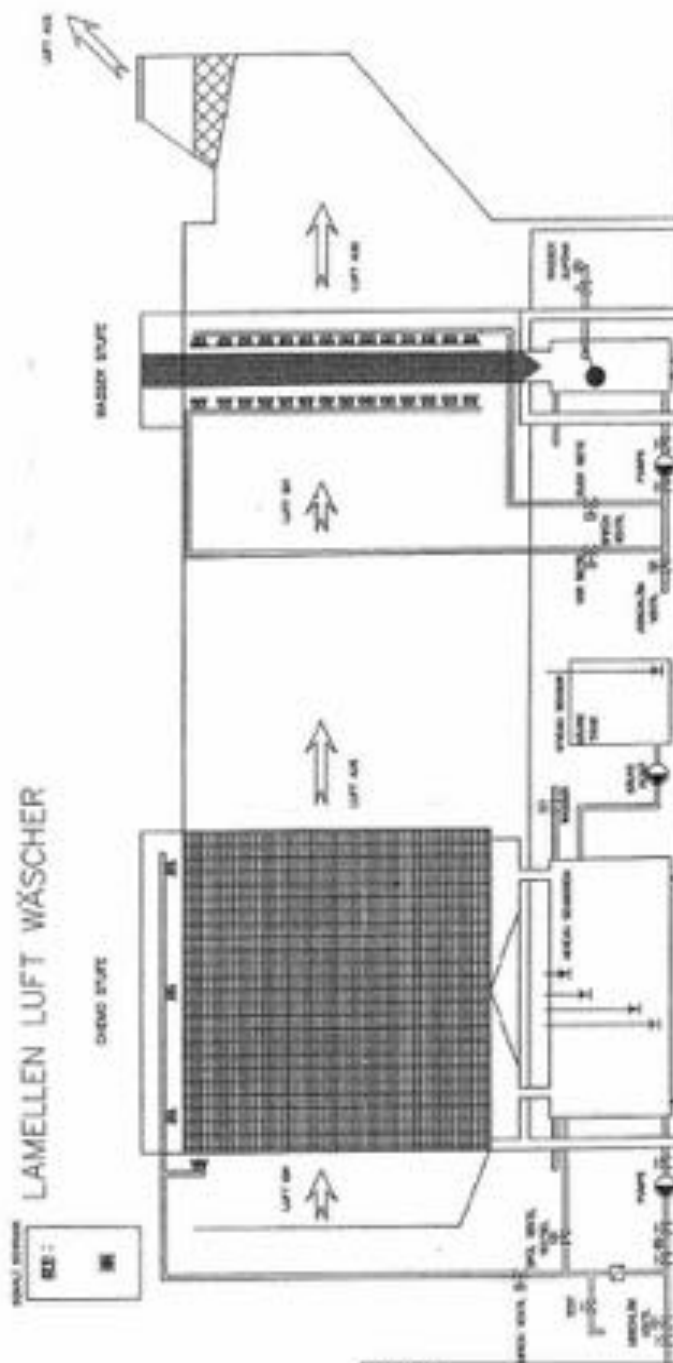
- a) Gespeende biggen
 - 0,09 kg NH₃ per dierplaats per jaar bij een hokoppervlak van maximaal 0,35 m² per dier;
 - 0,11 kg NH₃ per dierplaats per jaar bij een hokoppervlak van groter dan 0,35 m² per dier.
 - b) Kraamzeugen
 - 1,25 kg NH₃ per dierplaats per jaar
 - c) Gaste en dragende zeugen
 - 0,63 kg NH₃ per dierplaats per jaar bij individuele huisvesting;
 - 0,63 kg NH₃ per dierplaats per jaar bij groepshuisvesting.
 - d) Dekberen
 - 0,83 kg NH₃ per dierplaats per jaar.
 - e) Vleesvarkens (inclusief opfokberen en opfokzeugen)
 - 0,38 kg NH₃ per dierplaats per jaar bij een hokoppervlak van maximaal 0,8 m² per dier;
 - 0,53 kg NH₃ per dierplaats per jaar bij een hokoppervlak van groter dan 0,8 m² per dier.
- 8) De bovengenoemde bijlagen 1,2 en 3 zijn opgenomen in de bijlagen behorende bij het gecombineerd luchtwassysteem met chemische wasser en waterwasser. Deze zijn te vinden op www.infomil.nl.

Tekeningen:

Een schematisch overzicht van het gecombineerd luchtwassysteem en de integratie van dit luchtwassysteem is bijgevoegd.

Informatie bij:

- Infomil (www.infomil.nl)
- Unigfil Air BV (www.unigfil.nl)



NAAM	NUMMER
Gecombineerd luchtwassersysteem 85% emissiereductie met chemische wasser (lamellenfilter) en waterwasser, voor kraamzeugen, gespeende biggen, guste en dragende zeugen, dekberen en vleesvarkens (inclusief opfokberen en opfokzeugen)	BWL 2006.14
	Systeembeschrijving oktober 2006

Bijlage 3 - Ringtest geurlaboratoria 2011

Ringtest geurlaboratoria: meting aan ingaande en uitgaande luchtstroom van een biologische luchtwasser bij een varkensstal

Notitie opgesteld voor de VERA-werkgroep Huisvestingssystemen, oktober 2011

N.W.M. Ogink, Livestock Research (Wageningen UR)

Inleiding

De Nederlandse geurlaboratoria die geaccrediteerd zijn voor de analyse van geurconcentraties volgens de Europese norm EN13725¹, dienen binnen deze accreditatie deel te nemen aan ringtestonderzoek voor kwaliteitscontrole. De controle bestaat uit het tweejaarlijks deelnemen aan een ringtest met verschillende geurbronnen waaronder in ieder geval het referentiegas n-butanol. De ringtest wordt in opdracht van de betrokken geurlaboratoria, opgezet, begeleid en gerapporteerd door een onafhankelijk onderzoeksbureau, en de resultaten worden voorgelegd aan de RvA als accrediterende organisatie.

In april 2011 is binnen het genoemde kader een ringtest uitgevoerd met als onderdeel de analyse van luchtmonsters van de ingaande en uitgaande luchtstroom van een biologische luchtwasser. De luchtwasser was gekoppeld aan een varkensstal. Naast de vier deelnemende Nederlands geurlaboratoria nam ook een Duits geurlaboratorium deel aan de test. De achtergrond van deze uitbreiding in deelnemende laboratoria was inzage te krijgen in mogelijke verschillen tussen de analyses van Nederlandse en Duitse laboratoria. Signalen² binnen werkgroepen van het VERA-samenwerkingsverband³ wezen op het optreden van mogelijk aanzienlijke verschillen tussen gerapporteerde geurconcentraties en verwijderingsrendementen van luchtwassers in de veehouderij tussen Duitse, Nederlandse en Deense laboratoria die allen met de Europese norm werken. Dit bemoeilijkt internationale uitwisseling en erkenning van gemeten prestaties aan geurverwijderingstechnieken in de veehouderij binnen VERA-kader. De extra geurmetingen en analyse van resultaten werden gefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur & Milieu als onderdeel van een opdracht aan Livestock Research om de ontwikkeling van VERA-meetprotocollen te ondersteunen. De betreffende aanvullende werkzaamheden binnen de ringtest werden uitgevoerd door Livestock Research van Wageningen UR in samenwerking met de ringtest-coördinator Klarenbeek Kwaliteitszorg. Een Engelstalige samenvatting van de resultaten, inhoudelijk overeenkomend met deze notitie, werd door Livestock Research gerapporteerd aan het VERA-samenwerkingsverband.

Doelstelling

Het doel van dit onderzoek was met behulp van een ringtest, gebaseerd op luchtmonsters van de ingaande en uitgaande luchtstroom van een biologische luchtwasser, inzicht te krijgen in de variabiliteit van geurconcentraties en geurverwijderingsrendementen, binnen en tussen geurlaboratoria.

Materiaal en methode

De geurmonsters werden betrokken van een biologische luchtwasser gekoppeld aan een stal van een varkensbedrijf in het noorden van Nederland. Vijf monsters van de ingaande onbehandelde luchtstroom en 5 monsters van de behandelde uitgaande luchtstroom werden gelijktijdig genomen gedurende een periode van 30 minuten. Deze procedure werd driemaal herhaald, waardoor in totaal $3 \times (5+5) = 30$ geurmonsters werden verzameld. Elk deelnemend laboratorium (Nederlandse laboratoria A,B,C,D en het Duitse laboratorium E) ontving van elk van de drie bemonsteringsperiodes een monster van de ingaande en uitgaande lucht, totaal $3 \times 2 = 6$ geurmonster. Bemonstering vond plaats tussen 10.30 en 13.30 op 27 april 2011.

De inlaat van de 5 monsternamen leidingen voor ingaande lucht waren vlak bij elkaar geplaatst in goed gemengde lucht in de drukkamer van de wasser om zo identiek mogelijke monsters te verkrijgen. De uitgaande lucht werd verzameld in een langwerpige koker die aan de uitstroomzijde van het waspakket was geplaatst, met de inname-punten eveneens vlak bij elkaar gelegen. Er was geen stoffilter bij de innamepunten geplaatst. De geur werd met behulp van de longmethode opgeslagen in nalofaan zakken met 30 liter inhoud. Geurzakken waren voor gebruik gespoeld met geurvrije lucht, getest op lekkage en de afwezigheid van achtergrondsgneur. Direct na bemonstering werden de zakken in kartonnen dozen opgeslagen voor transport naar de geurlaboratoria, met uitzondering voor laboratorium A waar de monsterzakken in luchtdichte containers waren opgeslagen en vervoerd. Alle monsters werden binnen 30 uur na monsternamen geanalyseerd volgens de standaard EN13725.

De variabiliteit van de gemeten geurconcentraties (uitgedrukt op In-schaal) en geurverwijderingsrendementen (uitgedrukt als percentage van de geurconcentratie van de ingaande lucht) werden geanalyseerd met de ANOVA procedure van het statistisch pakket Genstat (versie 2011). Tevens werd herhaalbaarheid berekend per laboratorium volgens de berekeningswijze van de EN13725 waarbij binnen een geurlaboratorium de serie van drie ingaande en de serie van uitgaande luchtmonsters als herhaalde waarnemingen zijn beschouwd.

Resultaten

Tabel 1 bevat de resultaten per geurlaboratorium en bemonsteringsronde voor de in- en uitgaande lucht. De variabiliteit tussen geurlaboratoria komt binnen de kolommen van de tabel tot uiting omdat het hier om monsters gaat die gelijktijdig op hetzelfde innamepunt zijn verzameld. In de ideale situatie zonder meetonzekerheid horen de waarden in de kolom gelijk te zijn. De resultaten tonen een patroon waarin de waarden van laboratorium A consistent hoger zijn dan die van de andere laboratoria, en waarin de laboratoria D en E voortdurende lagere concentraties rapporteren dan de andere drie laboratoria. De verschillen tussen A en E waren het grootst en varieerden een factor 13 tot 78.

Tabel 1: Gerapporteerde geurconcentraties ($OU_E m^{-3}$): resultaten van de in- en uitgaande lucht per bemonsteringsperiode (1,2,3) voor elk van de geurlaboratoria (A t/m E).

Lab/periode	Ingaande lucht			Uitgaande lucht		
	1	2	3	1	2	3
A	9737	7173	7605	4426	4068	5370
B	4294	3449	2718	3358	3339	2454
C	2260	2820	1570	1500	980	980
D	488	443	569	459	443	382
E	530	530	595	240	52	95

Uit de statistische analyse van de variabiliteit in geurconcentraties (In-waarden) bleek dat er een significant laboratorium effect aanwezig was ($P < 0.001$), waarbij alle laboratoria onderling van elkaar verschilden (gebaseerd op lsd-waarden⁴, $P < 0.05$).

Tabel 2 geeft de verwijderingspercentages (%) die per bemonsteringsinterval voor elk van de betrokken laboratoria kon worden berekend. De over de intervallen gemiddelde laboratoriumrendementen (meest rechtse kolom) laten zien dat twee laboratoria (B,D) op lage rendementen (12-13%) en dat twee laboratoria (A,C) op hogere rendementen (42-45%) uitkomen. Laboratorium E scoort het hoogst van allen met 76% rendement.

Uit de statistische analyse bleek dat de lage verwijderingsrendementen (12-13%) van B en E significant afweken van de overige laboratoria, de wat hogere rendementen (42-45%) van lab A en C afweken van de overige, en daarmee het hoogste verwijderingsrendement van lab E van alle andere afweek ($P < 0.05$).

De berekende herhaalbaarheden van de laboratoria voldeden allen aan het criterium van de EN13725.

Tabel 2: Geurverwijderingsrendement (%) per bemonsteringsperiode (1,2,3) en het over de periodes gemiddelde rendement voor elk van de geurlaboratoria (A t/m E).

Lab/periode	1	2	3	Gemiddeld
A	55	43	29	42
B	22	3	10	12
C	34	65	38	45
D	6	0	33	13
E	55	90	84	76

Discussie

Op basis van de meetopzet en de gerapporteerde resultaten kan het volgende worden vastgesteld:

- Alle laboratoria waren geaccrediteerd voor de EN13725 en voldeden in de ringtest aan de criteria voor herhaalbaarheid. Niettemin verschilden het gemiddelde meetniveau van de geanalyseerde serie geurmonsters significant tussen de laboratoria. In de berekende geurrendementen konden drie laboratorium-groepen worden onderscheiden die significant verschillende geurrendementen rapporteerden. Het Duitse laboratorium (E) bevond zich op het laagste gemiddelde meetniveau qua geurconcentraties en rapporteerde het hoogste verwijderingsrendement.
- De systematische verschillen kunnen enkel het resultaat zijn van factoren die de meetonzekerheid na bemonstering beïnvloeden. Factoren die hierbij een rol kunnen spelen zijn: verschil in tijd tussen monsternamen en analyse in het laboratorium, opslagcondities van de monsters tijdens het transport en in het laboratorium, laboratorium-management in het lab, verschillen tussen de olfactometers (verdunningsapparaten), panelsamenstelling en panel-management tijdens de metingen.
- De ringtest is gebaseerd op een 1-daagse analyse. Verschillen tussen laboratoria zijn het gevolg van lab-specifieke factoren en panelsamenstelling. Panelsamenstelling van laboratoria variëren normaliter in de tijd. Het is mogelijk dat laboratoria-verschillen kleiner worden wanneer de ringtest over een langere periode met meerdere geurbronnen en variabele panelsamenstelling wordt uitgevoerd. In de eerdere Nederlandse meetstandaard voor geurconcentratie (NVN2820, sinds 2003 opgevolgd door de EN13725) was een criterium voor reproduceerbaarheid van metingen tussen laboratoria opgenomen ($R < 4$). Dit hield in dat identieke geurmonsters geanalyseerd door twee geurlaboratoria niet meer dan een factor 4 van elkaar mogen verschillen in 95% van voorkomende gevallen. Merk hier op dat in deze ringtest laboratorium A in elk van de drie bemonsteringsperiodes voor zowel ingaande als uitgaande lucht geurconcentraties rapporteerde die meer dan een factor 4 bedroegen van de waarden van D en E.
- De EN13725 bevat geen criterium voor het niveau van reproduceerbaarheid tussen laboratoria. Deze norm is gebaseerd op de aanname dat de selectie van panelleden op hun gevoeligheid voor het referentiegas n-butanol binnen de bandbreedte 20-80 ppb, en de overdraagbaarheid van deze gevoeligheid naar praktijkgeuren, de reproduceerbaarheid veiligstelt.

Conclusies

- De waargenomen verschillen in deze ringtest tonen aan dat de huidige EN13725 verbetering behoeft voordat het kan worden gebruikt voor VERA-doeleinden
- Er is voldoende aanleiding voor zorg over de reproduceerbaarheid van de EN13725 voor zowel geurbronnen in de veehouderij als andere. Een uitgebreide serie ringtesten gericht

op zowel de binnen- als tussenlaboratoriumverschillen is noodzakelijk om hier inzicht in te krijgen.

- Er is een duidelijke behoefte voor de opname van een reproduceerbaarheids criterium in de EN13725.
- Naast een uitgebreide ringtest, is ondersteunend onderzoek noodzakelijk voor het verbeteren van de nauwkeurigheid van olfactometrisch metingen en voor het vaststellen van alternatieve beoordelingsmethoden voor geurconcentratie en geurverwijderingsrendementen van luchtwassers.

Eindnoten:

- ¹ CEN-norm uitgebracht in 2003. Deze methode is gebaseerd op zogenoemde dynamische olfactometrie. Hierbij wordt de geurconcentratie in een luchtmonster bepaald door een laboratorium-panel aan de hand van de beoordeling van een verdunningsreeks van het monster. Het hierbij gebruikte verdunningsapparaat wordt de olfactometer genoemd.
- ² Persoonlijke mededeling in 2010 van Deense onderzoekers van de resultaten van een Deense ringtest met Deense en Duitse laboratoria gebaseerd op waarnemingen aan een luchtwasser. *De resultaten van dit onderzoek zijn in 2012 na het opstellen van de voorliggende notitie gepubliceerd door Jonassen et al. in 'Chemical Engineering Transactions Vol. 30, 43-48'.*
- ³ VERA is een internationale samenwerking tussen Nederland, Duitsland en Denemarken voor het testen en verifiëren van milieutechnologieën in de landbouwsector. Het test- en verificatiekader is gebaseerd op testprotocollen die reeds zijn ontwikkeld of nog in ontwikkeling zijn. Technologieën die zijn getest volgens een van de VERA-testprotocollen kunnen een VERA Verification Statement krijgen. Zie ook: <http://www.vera-verification.eu/nl/>
- ⁴ Lsd- methode: gebaseerd op berekening 'least significant differences' tussen de niveaus binnen een factor.

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



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

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

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

