

Effect van snijmaissilage als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen op de emissies van ammoniak, geur en fijnstof

Jan van Harn, Guus Nijeboer en Nico Ogink

LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Effect van snijmaissilage als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen op de emissies van ammoniak, geur en fijnstof

Jan van Harn, Guus Nijeboer en Nico Ogink

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema "Agro - Programma Stikstof" (projectnummer BO-20-004-022)

Wageningen UR Livestock Research
Wageningen, april 2015

Livestock Research Rapport 845

LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Jan van Harn, Guus Nijeboer en Nico Ogink, 2015. *Effect van snijmaissilage als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen op de emissies van ammoniak, geur, fijnstof, methaan en lachgas (Effect of silage maize as bedding material in broiler houses on the emissions of ammonia, odour, PM10, methane and nitrous oxide).* Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 845, 49 blz.

Samenvatting NL
Dit rapport beschrijft de resultaten van emissiemetingen van ammoniak, geur, fijnstof (PM10), methaan en lachgas uit vleeskuikenstallen ingestrooid met witte houtkrullen, verse snijmaissilage en voorgedroogde snijmaissilage.

Summary UK
This report describes the results of emission measurements of ammonia, odour, PM10, methane and nitrous oxide from broiler houses bedded with white wood shavings (=control), fresh silage maize or pre-dried silage maize.

© 2015 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

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 gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Livestock Research Rapport 845

Inhoud

Woord vooraf 5

Samenvatting 7

Summary 9

1 Inleiding 11

2 Materiaal en methoden 13

2.1 Stal- en bedrijfssituatie 13
2.1.1 Huisvesting en bedrijfsvoering 13
2.1.2 Proefbehandelingen 14
2.2 Metingen 15
2.2.1 Meetstrategie 15
2.2.2 Ammoniakconcentratie 15
2.2.3 Geurconcentratie 16
2.2.4 Fijnstofconcentratie 16
2.2.5 Concentratie overige broeikasgassen 16
2.2.6 Ventilatiedebiet 16
2.2.7 Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid 17
2.2.8 Productiegegevens 17
2.3 Verwerking gegevens 17
2.4 Statistische toetsing behandelingseffecten 18

3 Resultaten en Discussie 20

3.1 Algemeen 20
3.2 Productieresultaten 21
3.3 Emissies van ammoniak, geur en fijnstof (PM10) 21
3.4 Broeikasgasemissies 23
3.5 Gemiddeld effect snijmaissilage op emissies van ammoniak, geur, PM10, methaan en lachgas 24

4 Conclusies 25

5 Literatuur 26

Bijlage 1A Bedrijfssituatie en stallen 27

Bijlage 1B Inrichting meetstallen 28

Bijlage 2 Beschrijving meetmethoden en praktische uitvoering 29

Bijlage 3A Meetopstelling 31

Bijlage 3B Meetopstelling (vervolg) 32

Bijlage 4 Labelinformatie verstrekte voeders 33

Bijlage 4 Labelinformatie verstrekte voeders (vervolg) 34

Bijlage 4 Labelinformatie verstrekte voeders (vervolg) 35

Bijlage 4 Labelinformatie verstrekte voeders (vervolg) 36

Bijlage 5 Gegevens per meetronde voor ammoniak, geur en PM10 37

Bijlage 6 Emissies van ammoniak, geur en PM10 per meetdag 41

Bijlage 7	**Relatieve emissies van ammoniak, geur en PM10 t.o.v. houtkrullen (=100) per meting**	**43**
Bijlage 8	**Emissies van ammoniak, geur en PM10 per tijdvak**	**44**
Bijlage 9A	**Broeikasgasemissies per meetronde (gedroogde snijmaïs)**	**45**
Bijlage 9B	**Broeikasgasemissies per meetronde (verse snijmaïs)**	**46**
Bijlage 9C	**Broeikasgasemissies per meetronde (houtkrullen)**	**47**
Bijlage 10	**Relatieve emissies van methaan en lachgas t.o.v. houtkrullen (=100) per meting**	**48**
Bijlage 11	**Overzicht van P-waarden o.b.v. gepaarde t-toets**	**49**

Woord vooraf

In het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) is er behoefte om voer- en managementmaatregelen op te nemen als opties voor ammoniakreductie op veehouderijbedrijven. Het gaat hierbij om maatregelen die leiden tot minder ammoniakemissie uit de veehouderij via emissiearm voer of aanvullende managementmaatregelen. Aanvullende managementmaatregelen betreffen maatregelen die niet gebonden zijn aan de uitvoering van een stalsysteem, zoals een aangepast lichtregime of de inzet van toevoegmiddelen aan mest. Belanghebbende partijen kunnen voorstellen doen voor opname van deze maatregelen in het overzicht PAS-maatregelen, op een wijze die vergelijkbaar is met de aanvraag en opname van stalsystemen in de 'Rav-lijst'. Een mogelijke managementmaatregel is het gebruik van snijmaissilage als strooiselmateriaal bij vleeskuikens. In dit rapport worden de resultaten van de ammoniakemissiemetingen aan dit strooiselmateriaal, zowel in gedroogde als in verse vorm, beschreven. Metingen aan witte houtkrullen dienden hierbij als controle.

Jan van Harn
Projectleider

Samenvatting

In het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) is er behoefte om voer- en managementmaatregelen op te nemen als opties voor ammoniakreductie op veehouderijbedrijven. Eén van deze managementmaatregelen in de vleeskuikenhouderij zou het toepassen van snijmaissilage als strooiselmateriaal kunnen zijn. In verhouding tot normaal strooiselmateriaal heeft snijmaissilage namelijk een lage pH waardoor de vorming en emissie van ammoniak wordt geremd. In dit rapport worden de resultaten van de emissiemetingen van ammoniak, geur, fijnstof, methaan en lachgas die zijn uitgevoerd aan zowel gedroogde als verse snijmaissilage gerapporteerd. Als referentie strooiselmateriaal werden houtkrullen gebruikt. De metingen vonden plaats in de periode oktober 2012 – mei 2014 en werden uitgevoerd in drie identieke stallen op het vleeskuikenbedrijf van de familie Hannink te Manderveen. Het onderzoek omvatte in totaal 7 meetronden. Elke meetronde werd één stal met witte houtkrullen (=controle; 0,8 kg/m^2), één stal met verse snijmaissilage (1,75 kg/m^2) en één stal met gedroogde snijmaissilage (0,8 kg/m^2) gelijktijdig bemeten. Elke meetronde werden de strooiselmaterialen gewisseld tussen de stallen, zodat een eventueel staleffect kon worden uitgesloten.

De emissiemetingen van ammoniak, geur, methaan en lachgas zijn uitgevoerd conform de protocollen zoals beschreven in respectievelijk Ogink e.a. (2013), Ogink (2011), Groenestein e.a. (2011) en Mosquera e.a. (2011). Deze protocollen schrijven minimaal zes emissiemetingen verspreid over het jaar voor. In dit onderzoek werden zeven emissiemetingen uitgevoerd. Voor ammoniak, methaan en lachgas betreffen het 24-uurs metingen, voor geur betreft het een 2-uursmeting. Daarnaast werd met een optische meetmethode de PM10-emissie gemeten. Ook dit bedroeg een 24-uurs meting. De emissiemetingen in dit rapport zijn op één bedrijfslocatie uitgevoerd. Voor het vaststellen van emissiefactoren volgens de 'case-control' opzet van het meetprotocol, zoals toegepast in dit onderzoek, zijn metingen aan een tweede bedrijfslocatie benodigd.

Op basis van de metingen zijn de volgende gemiddelde emissies (met standaardafwijking) voor gedroogde snijmaissilage, verse snijmaissilage en houtkrullen bepaald:

	Gedroogde snijmaissilage*	Verse snijmaissilage*	Houtkrullen*
Ammoniak (g per dierplaats per jaar)	22,4±19,3	40,0±61,5	49,6±51,7
Geur (OU_E per dierplaats per s)	0,61±0,19	0,36±0,22	0,53±0,30
PM10 (g per dierplaats per jaar)	8,7±8,5	8,9±10,1	9,7±4,3
CH_4 emissie (g per dierplaats per jaar)	7,9±9,5	8,0±4,4	2,3±1,2
N_2O emissie (g per dierplaats per jaar)	0,49±0,39	0,33±0,79	0,34±0,94

*gewogen gemiddelde berekend volgens werkwijze meetprotocol, zonder leegstandcorrectie

Uit dit onderzoek bleek dat er geen verschillen waren in de emissies van ammoniak, geur, PM10, methaan en lachgas tussen verse en gedroogde snijmaissilage. Om deze reden zijn de gemiddelde emissies van (verse en gedroogde) snijmaissilage tezamen vergeleken met die van houtkrullen. Het bleek dat het gebruik van snijmaissilage als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen de ammoniakemissie met 37 procent reduceerde (P=0,026). Het gebruik van snijmaissilage als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen tendeerde naar een lagere geuremissie (P=0,093) en een hogere methaanemissie (P=0,052). Het gebruik van snijmaissilage als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen had geen significante invloed op de emissies van PM10 en lachgas.

Summary

Within the framework of the Programmatic Approach Nitrogen (in Dutch: Programmatische Aanpak Stikstof or PAS) there is a need to include feeding and management measures as options for ammonia reduction in livestock farms. A possible management measures in the broiler industry could be the application of silage maize as bedding material in broiler houses. Compared to conventional bedding material silage maize has a low pH, which inhibits the formation and emission of ammonia. This report describes the results of emission measurements of broiler houses bedded with white wood shavings (=control), fresh silage maize or dried silage maize. The measurements were performed in three identical houses at the broiler farm of family Hannink, Manderveen, the Netherlands. The emission measurements were performed in seven cycles between October 2012 and May 2014. In every cycle one house was bedded with white wood shavings (0.8 kg/m^2), one with fresh silage maize (1.75 kg/m^2) and one with dried silage maize (0.8 kg/m^2). To rule out a possible housing effect, the different bedding materials were exchanged between the houses in the different cycles.

Emission measurements of ammonia, odour, methane and nitrous oxide were performed according to protocols described in Ogink et al. (2013), Ogink (2011), Groenestein et al. (2011) and Mosquera et al. (2011). This implies performing six 24-h measurements (for odour two h), spread over the year. PM10 emission was measured by using an optical measurement technique. This measurement was also a 24h measurement. Measurements were performed at one farm location. For the assignment of emission factors based on the control-case approach additional measurements on another farm location are required. In this study not six but seven emission measurements were performed due to an outlier in one of the measurements.

Based on this study the following average yearly emissions from the broiler house per bedding material have been determined:

	'Pre-dried' silage maize*	'Fresh' silage maize*	White wood shavings*
Ammonia (g per animal place per year)	22.4±19.3	40.0±61.5	49.6±51.7
Odour (OU_E per animal place per s)	0.61±0.19	0.36±0.22	0.53±0.30
PM10 (g per animal place per year)	8.7±8.5	8.9±10.1	9.7±4.3
Methane (g per animal place per year)	7.9±9.5	8.0±4.4	2.3±1.2
Nitrous oxide (g per animal place per year)	0.49±0.39	0.33±0.79	0.34±0.94

* weighed means based on calculation rules measurement protocol, not corrected for cleaning/empty period

This study showed that there were no significant differences in the emissions of ammonia, odor, PM10, methane and nitrous oxide between broiler houses bedded with fresh and pre-dried silage maize. For this reason, the emissions of fresh and pre-dried silage maize were combined and average emissions of silage maize were compared with wood shavings. On average silage maize reduces the ammonia emission with 37 percent (P=0.026). Furthermore a tendency was found that on average the use of silage maize as bedding material in broiler houses reduces the odor emissions (P=0.093) and increases methane emissions (P=0.052). Silage maize as bedding material in broiler houses had no significant influence on the emissions of PM10 and nitrous oxide.

1 Inleiding

In het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) is er behoefte om voer- en (aanvullende) managementmaatregelen op te nemen in een overzicht, zodat deze maatregelen kunnen worden toegepast om de uitstoot van ammoniak te verminderen. Het gaat hierbij om maatregelen die leiden tot minder ammoniakemissie uit de veehouderij via voer- en/of aanvullende managementmaatregelen. Aanvullende managementmaatregelen betreffen maatregelen die niet gebonden zijn aan de uitvoering van een stalsysteem, zoals een aangepast lichtregime of de inzet van toevoegmiddelen aan mest/strooisel. Belanghebbende partijen kunnen voorstellen doen voor opname van deze maatregelen in het overzicht PAS-maatregelen, op een wijze die vergelijkbaar is met de aanvraag en opname van stalsystemen via de Technische Adviescommissie Regeling ammoniak en veehouderij (TacRav).

Binnen genoemd kader bestaat er behoefte aan het vaststellen van het ammoniakemissie reducerende effect van (gedroogde) snijmaissilage als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen. In een eerder onderzoek naar effecten van strooiselmaterialen op emissies bleek in een vergelijkende opzet met continue ammoniakemissiemetingen over twee vleeskuikenronden dat de afdelingen met snijmaissilage als strooiselmateriaal een gemiddeld 40% lagere ammoniakemissie hadden dan afdelingen met houtkrullen als strooiselmateriaal (Van Harn e.a., 2012). De metingen in dit onderzoek zijn uitgevoerd binnen de randvoorwaarden van het oude meetprotocol voor emissiearme stallen, de zogenaamde Beoordelingsrichtlijn (1996). In het vernieuwde meetprotocol voor ammoniak (Ogink e.a., 2013) is een nieuwe meetstrategie toegevoegd, gebaseerd op een vergelijkende meetopzet (control-case). Voor het bepalen van een emissiefactor dient de control-case opzet op minimaal twee bedrijfslocaties te worden uitgevoerd. Dit betekent dat, naast het al uitgevoerde vergelijkende onderzoek uit 2012, een aanvullende vergelijkende meting naar het effect van snijmaissilage op een andere bedrijfslocatie de voorwaarden schept voor het vaststellen van een emissiefactor.

Ook uit onderzoek in Duitsland blijkt dat het gebruik van snijmaissilage als strooiselmateriaal resulteerde in een duidelijke lagere ammoniakconcentratie en –emissie (Wisman, 2007; oorspronkelijk *DGS-Magazins*, 07/2007). Het ammoniak reducerend effect van snijmaissilage wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de organische (melk-)zuren die aanwezig zijn in snijmaissilage en de pH van het strooiselmateriaal verlagen. Een lagere pH zorgt er voor dat ammoniak minder snel vervluchtigt uit de mest (Van Harn, e.a., 2009).

Op dit moment is niet duidelijk of met voorgedroogde snijmaissilage vergelijkbare effecten op de ammoniakemissie worden verkregen als bij verse snijmaissilage. Er zijn aanwijzingen dat het vooraf (extern) drogen van de snijmaissilage een geringere ammoniakreductie geeft (Van Harn en De Jong, 2012). Hiernaar is nader onderzoek wenselijk.

Het ministerie van EZ heeft Wageningen UR Livestock Research opdracht gegeven voor het bemeten van een bedrijfslocatie met snijmaisstrooisel met als doel deze maatregel voor toepassing in het kader van PAS geschikt te maken. Hiertoe werd in een case-control studie, waarbij witte houtkrullen als controle fungeerde, zowel verse als voorgedroogde snijmaissilage als strooiselmateriaal voor vleeskuikens bemeten. Door deze tweede control-case meting, naast de eerder uitgevoerde studie van Van Harn e.a. (2012), wordt het mogelijk gemaakt een emissiefactor vast te stellen voor deze managementmaatregel.

Doelstelling(en) van het onderzoek:

De doelstelling van dit onderzoek was:

1. Bepalen of gedroogde snijmaissilage een vergelijkbare ammoniakreductie geeft als verse snijmaissilage.
2. Als 1 het geval is, bepalen wat het effect is van snijmaissilage ten opzichte van houtkrullen op de ammoniakemissie en de emissies van geur, PM10, lachgas en methaan.
3. Als 1 niet het geval is, bepalen wat de afzonderlijke effecten zijn van gedroogde en verse snijmaissilage op de ammoniakemissie en de emissies van geur, PM10, lachgas en methaan.

Om bovenstaande doelstellingen te realiseren werd een case-control meting uitgevoerd op een vleeskuikenbedrijf met drie identieke stallen.

2 Materiaal en methoden

In de hierna volgende paragrafen en in de bijlagen wordt een beschrijving gegeven van de stallen en de bedrijfssituatie (2.1; Bijlage 1A en 1B), van de metingen (2.2; Bijlage 2, 3A en 3B) en van de wijze van verwerking van de gegevens (2.3).

2.1 Stal- en bedrijfssituatie

2.1.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De emissiemetingen werden uitgevoerd op het vleeskuikenbedrijf van de familie Hannink te Manderveen (Overijssel). Dit bedrijf omvat in totaal 5 vleeskuikenstallen, met in totaal 152.000 vleeskuikenplaatsen. De metingen vonden plaats in drie volledig identieke stallen (stal 3, 4 en 5). Deze stallen zijn in 2004 gebouwd en elke stal is 60 m lang en 20 m breed (netto staloppervlak: 1200 m^2). Op dit bedrijf worden 28 dieren per m^2 opgezet. Tussentijds wordt er twee keer uitgeladen[1], de eerste keer uitladen is rond 30 dagen leeftijd en de tweede keer rond 36 dagen leeftijd. In totaal wordt er circa 30% van de dieren uitgeladen. Op 42 dagen worden de kuikens weggeladen (= alle nog aanwezige kuikens worden afgeleverd aan de slachterij). Het eindgewicht op 42 dagen is ca. 2,5 kg. Het bedrijf hanteert een cyclus van 6,5 week, dit betekent dat iedere 6,5 week een nieuwe koppel wordt opgezet. Tussen de rondes worden de stallen gereinigd en ontsmet. De stallen zijn volledig traditioneel ingericht (grondhuisvesting met strooisel) en worden mechanisch geventileerd via lengteventilatie (geïnstalleerde capaciteit/stal: 338.500 m^3/uur). De luchtinlaat geschiedt via inlaatventielen (Skov: 120 stuks). De verwarming van de stallen geschiedt via heteluchtkanonnen en vloerverwarming. Het voer wordt verstrekt via Roxell Minimax voerpannen (5 voerlijnen per stal: ca. 90 kuikens per pan) en het water via Lubing drinknippels met opvangschoteltjes (6 drinklijnen per stal: ca. 15 kuikens/nippel). Zowel voer als water waren altijd onbeperkt beschikbaar voor de dieren. De stallen worden verlicht met behulp van zes Natrium hogedruk lampen (150W) per stal. Er werd een lichtschema gehanteerd van 18 uur licht en 6 uur donker (licht uit van 01:00u-07:00u).



Figuur 2.1 Overzichtsfoto vleeskuikenbedrijf, met de drie meetstallen (3, 4 en 5) op de voorgrond (bron: Google Maps)

[1] Uitladen: een deel van de kuikens wordt tussentijds afgeleverd aan de slachterij.

In de stallen waar de metingen zijn uitgevoerd wordt geen emissiearme techniek toegepast. In Bijlage 1B zijn foto's van de stalinrichting weergegeven. In Tabel 2.1 worden de belangrijkste kenmerken van de stallen van dit bedrijf nog eens schematisch weergegeven.

Tabel 2.1
Belangrijkste kenmerken van de vleeskuikenstallen in dit onderzoek.

Kenmerk	
Bouwjaar	2004
Grondoppervlak stal, netto [m2]	1200
Bezetting bij opzet [dieren per m2]	28
Max. bezetting [kg per m2]	42
Aantal dierplaatsen	34.000
Vloerverwarming	Ja
Ruimteverwarming	Heteluchtkanon (2 per stal)
Geïnstalleerde ventilatiecapaciteit [m3/uur]	338.500
Aantal ventilatoren	9 (2*13.000, 1*24.500 en 6*48.000 m3/uur)
Luchtinlaat	Inlaatventielen
Verlichting	Natrium hogedruk
Voervoorziening	Voerpannen
Drinkwatervoorziening	Drinknippels met opvangschoteltjes

2.1.2 Proefbehandelingen

In dit onderzoek werd het effect van snijmaissilage (vers en voorgedroogd) als strooiselmateriaal op de emissies van ammoniak, geur en PM10 onderzocht. Dit gebeurde in een zogenaamde case-contol opzet. Bij een case-control meting wordt op één bedrijf alle strooiselmaterialen gelijktijdig bemeten. Als controle diende een stal met witte houtkrullen. In totaal werden er dus drie strooiselmaterialen onderzocht:

1. Witte houtkrullen: 0,8 kg /m^2 (±1000 kg/1200 m^2), drogestofgehalte bij inbrengen ca. 90%.
2. Verse snijmaissilage: 1,75 kg/m^2 (±2100 kg/1200 m^2), drogestofgehalte bij inbrengen ca. 35-40%
3. Voorgedroogde snijmaissilage: 0,8 kg /m^2 (±1000 kg/1200 m^2), drogestofgehalte bij inbrengen ca. 90%

De locatie van de strooiselmaterialen was telkens verschillend, dit om een eventueel staleffect te ondervangen (Tabel 2.2).

Tabel 2.2
Locatie strooiselmaterialen in de verschillende meetronden.

Meting	Opzetdatum	Houtkrullen	Verse snijmaissilage	Gedroogde snijmaissilage
1	28-09-2012	Stal 3	Stal 4	Stal 5
2	13-11-2012	Stal 4	Stal 5	Stal 3
3	28-12-2012	Stal 5	Stal 3	Stal 4
4	02-07-2013	Stal 3	Stal 4	Stal 5
5	01-10-2013	Stal 3	Stal 5	Stal 4
6	06-01-2014	Stal 5	Stal 3	Stal 4
7*	15-04-2014	Stal 4	Stal 5	Stal 3

* Deze meting is toegevoegd aan de oorspronkelijk zes geplande metingen omdat de spreiding in de controleafdeling aan het eind van de ronde groot was en meer informatie over deze fase wenselijk werd geacht.

2.2 Metingen

2.2.1 Meetstrategie

De metingen zijn in de periode oktober 2012 – mei 2014 uitgevoerd. De emissiemetingen voor ammoniak (NH_3), geur, methaan (CH_4) en lachgas (N_2O) zijn uitgevoerd volgens de protocollen zoals beschreven in respectievelijk Ogink e.a. (2013), Ogink (2011), Groenestein e.a. (2011) en Mosquera e.a. (2011). De emissiemeting voor fijn stof (PM10) zijn niet volgens het protocol (Ogink e.a., 2011b) uitgevoerd, aangezien er optische meetmethode werd gebruikt in plaats van de in het protocol vermelde gravimetrische methode met voorafscheiding geschikt voor toepassing in stofrijke stalomgeving[2]. De genoemde meetprotocollen geven aan dat er zesmaal verdeeld over het jaar 24-uurs metingen (m.u.v. geur, meetduur: 2 uur) moeten worden uitgevoerd.
Naast dat de metingen verspreid over een jaar moeten worden uitgevoerd geldt aanvullend de volgende voorwaarde voor de verdeling van de metingen over de productieronde (Ogink e.a., 2013): "*eerst wordt de productieronde onderverdeeld in drie opeenvolgende gelijke tijdvakken. In het eerste tijdvak dient een meting plaats te vinden, in het tweede tijdvak twee metingen, en in het derde tijdvak drie metingen. De metingen in het derde tijdvak van de productieronde dienen gelijkmatig over de jaarkwartalen te worden verdeeld*". Tijdens een emissiemeting werden de concentraties bepaald van NH_3, geur, CH_4 en N_2O, zowel in de ingaande (achtergrond) als uitgaande stallucht. De PM10 concentratie werd alleen in de uitgaande lucht bepaald. Daarnaast moet de meetlocatie aan een aantal landbouwkundige randvoorwaarden voldoen (Ogink e.a., 2011a; Ogink e.a., 2013).

In dit onderzoek zijn niet zes maar zeven emissiemetingen uitgevoerd. De reden dat er zeven emissiemetingen hebben plaatsgevonden was een sterk afwijkende ammoniakemissie waarde bij de controle (=houtkrullen) bij de derde meting.

Tabel 2.3
Opzetdatum, datum meting, meetkwartaal en leeftijd kuikens in de verschillende meetronden.

Meting	Opzetdatum	Datum meting	Kwartaal	Leeftijd (in dgn.)	Leeftijdstraject (in dgn.)
1	28-09-2012	30-10-2012	4	32	29 – 42
2	14-11-2012	10-12-2012	4	26	15 – 28
3	31-12-2012	06-02-2013	1	37	29 – 42
4	02-07-2013	07-08-2013	3	36	29 – 42
5	03-10-2013	17-10-2013	4	14	0 – 14
6	06-01-2014	29-01-2014	1	23	15 – 28
7	15-04-2014	22-05-2014	2	37	29 – 42

2.2.2 Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie van zowel de ingaande stallucht (achtergrond) als de uitgaande stallucht werd volgens de nat-chemische methode voor NH_3 (Wintjes, 1993) bepaald. Met deze methode wordt een gemiddelde concentratie over de 24-uurs meetperiode bepaald en geeft daardoor geen inzicht in het verloop van de NH_3 concentraties tijdens de metingen. In Bijlage 2 wordt het meetprincipe en praktische uitvoering van de toegepaste meetmethode weergegeven. In Bijlage 3A en 3B wordt de meetopstelling weergeven.

[2] In eerder onderzoek werd geen effect van snijmaissilage op de PM10 emissie waargenomen (Van Harn e.a., 2009). In dit onderzoek is uit kostenoverweging daarom niet, zoals het protocol voorschrijft, met de gravimetrische meetmethode maar met een optische meetmethode voor PM10 gewerkt.

2.2.3 Geurconcentratie

Geurconcentraties werden alleen in de uitgaande stallucht bepaald. Hierbij werd gebruik gemaakt van de zogenaamde longmethode. Bij elke meting werd voor beide meetpunten tussen 10:00 en 12:00 uur lucht aangezogen en verzameld in een 40 L Nalofaan monsterzak. Beide monsters werden direct na bemonstering naar een geurlaboratorium (Buro Blauw B.V. te Wageningen) vervoerd om binnen 30 uur te worden geanalyseerd via dynamische olfactometrie volgens EN 13725:2003. Deze methode geeft een gemiddelde geurconcentratie over de 2-uurs meetperiode. In Bijlage 2 wordt het meetprincipe en de praktische uitvoering van deze methode weergegeven. In Bijlage 3A en 3B wordt de meetopstelling weergeven.

2.2.4 Fijnstofconcentratie

De PM10 concentratie (mg/m3) in de uitgaande stallucht werd verricht met een optische techniek (DustTrak TM Aerosol Monitor, model 8520, TSI Incorporated, Shoreview, USA). PM10 concentraties werden elke seconde gemeten en minuutgemiddelden werden gelogd in het geheugen van de DustTrak. Op basis van de minuutgemiddelden werd een 24-uurs gemiddelde bepaald.



Figuur 2.2 DustTrak model 8520

2.2.5 Concentratie overige broeikasgassen

Voor de bepaling van de CH_4- en N_2O-concentraties in de ingaande (buitenlucht) en uitgaande stallucht werd, zoals bij geur het geval was, de longmethode toegepast. Bij alle meetpunten werd lucht gedurende 24 uur aangezogen en in 40 liter Nalofaan monsterzakken verzameld. De concentraties van CH_4 en N_2O in de bemonsterde lucht werden bepaald d.m.v. gaschromatografie. Deze methode geeft een gemiddelde CH_4- en N_2O-concentratie over de 24-uurs meetperiode. In Bijlage 2 wordt het meetprincipe en praktische uitvoering van deze methode weergegeven.

2.2.6 Ventilatiedebiet

Het ventilatiedebiet (m^3/uur) uit de stal werd met behulp van de CO_2-massabalansmethode bepaald. De CO_2-massabalansmethode maakt gebruik van de gemeten CO_2-concentraties van de uit- en ingaande stallucht (respectievelijk $[CO_2]_{stal}$ en $[CO_2]_{buiten}$; ppm) en de CO_2-productie van de dieren (m^3 CO_2/dag per dier) in de stal. Aan de hand van CIGR rekenregels (CIGR, 2002; Pedersen e.a., 2008) wordt de CO_2-productie van de dieren bepaald op basis van het gemiddelde gewicht van de dieren (kg). Door de CO_2-productie per dier te vermenigvuldigen met het aantal aanwezige dieren (n) in de stal kan de totale CO_2-productie worden berekend. Het ventilatiedebiet V (m^3/dag) wordt dan bepaald op basis van:

$$V = \frac{CO_2 - productie}{[CO_2]_{stal} - [CO_2]_{buiten}} \cdot 10^6$$

Voor de bepaling van de CO_2-concentratie in de in- en uitgaande stallucht werd deze lucht bemonsterd d.m.v. de longmethode (zie 2.2.5) en geanalyseerd d.m.v. gaschromatografie.

2.2.7 Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

Tijdens de metingen werden temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%) van de ingaande (buitenlucht) en uitgaande stallucht continu gemeten met behulp van temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic; ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS; zie Bijlage 2), met een nauwkeurigheid van respectievelijk ± 1,0 °C en ± 2%. De data werden in een datalogsysteem (Campbell Scientific Inc., Logan, VS) opgeslagen.

2.2.8 Productiegegevens

Gedurende de meetperioden werden de volgende gegevens geregistreerd:

- Aantal geplaatste dieren
- Aantal aanwezige dieren
- De productiedag in de ronde
- Gemiddeld gewicht van de dieren [kg]
- Gemiddelde voeropname per dier [kg]
- Uitval [%]

Van elke meetronde werden de kenmerken per stal opgevraagd: aantal afgeleverde kuikens, totaal aflevergewicht, totaal voerverbruik (voer + tarwe) en uitval.

2.3 Verwerking gegevens

Emissiegegevens
Per meetdag (i=1, 2, …, 7) werden de emissies (E_i) van NH_3, fijn stof (PM10), CH_4 en N_2O uit de stal bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet over de gehele meetperiode (24-uursgemiddelde; V_i) en de gemiddelde concentratie (24-uursgemiddelde) in de uitgaande stallucht (C_uit_i) en in de ingaande buitenlucht (C_in_i) van NH_3, fijn stof[3] (PM10), CH_4 en N_2O:

$$E_i = V_i \times (C_uit_i - C_in_i)$$

Per meetdag (i=1, 2, …, 7) werden de emissies (E_i) van geur uit de stal bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet over de gehele meetperiode (24-uursgemiddelde; V_i) en de gemiddelde concentratie (2-uursgemiddelde) in de uitgaande lucht (C_uit_i) van geur:

$$E_i = V_i \times C_uit_i$$

Zoals beschreven in hoofdstuk 2.2.1 bevat de productieronde van vleeskuikens drie gelijke tijdvakken. Op basis van de binnen ieder tijdvak beschikbare meetresultaten werd de gemiddelde dagemissie (E_k) voor elk tijdvak afzonderlijk bepaald. De emissie (E) op jaarbasis per dierplaats werd vervolgens bepaald door het gemiddelde van de tijdvakgemiddelden te berekenen, en dit te vermenigvuldigen met 365 dagen en de leegstandsfactor:

$$E = \frac{\overline{E_k} * 365 * (100 - \frac{\text{leegstandspercentage}}{100})}{\text{dierplaatsen}_i}$$

Voor geur werd de mediane emissie bepaald door het gemiddelde op natuurlijke log-schaal terug te transformeren naar normale schaal.

[3] PM10 concentratie werd alleen in de uitgaande lucht bepaald. Voor de ingaande lucht werd PM10 concentratie aangehouden van 0,02 mg/m^3.

In deze rekenregels zijn voor NH_3, fijn stof (PM10), CH_4 en N_2O de volgende eenheden gebruikt:

- concentraties in de in- en uitgaande lucht: g/m^3
- ventilatiedebiet per dag (m^3/dag)
- emissies per dag (g/dag)
- emissies op jaarbasis per dierplaats (g per dierplaats per jaar voor NH_3, CH_4, N_2O en PM10)

In deze rekenregels zijn voor geur de volgende eenheden gebruikt:

- concentraties in de uitgaande lucht: OUE/m^3
- ventilatiedebiet per seconde (m^3/s). Het ventilatiedebiet per dag (Vi; m^3/dag) wordt omgerekend naar m^3/s door het te vermenigvuldigen met "1/(24*60*60) dag/s"
- emissies per seconde (OUE/s)
- emissies op jaarbasis per dierplaats (OUE per dierplaats per s)

Verwerking technische gegevens
Op basis van de het totaal afgeleverd gewicht (in kg), aantallen afgeleverde kuikens, totaal voer- en tarweverbruik (in kg) en uitval (aantallen) konden de volgende (technische) kengetallen per stal worden berekend:

Gemiddeld aflevergewicht
Het gemiddeld aflevergewicht (g) werd als volgt berekend:

$$\frac{\text{Totaal afgeleverd gewicht aan slachterij (= totaal gewicht uitladers + wegladers) [kg]}}{\text{Totaal aantal afgevoerd naar slachterij (= totaal aantal uitladers + wegladers) [kg]}} \times 1000$$

Voerconversie
De voerconversie is berekend als het quotiënt van de deling van de totale hoeveelheid verstrekt voer en tarwe door het totaal afgeleverd netto gewicht aan vleeskuikens.

Voerconversie bij 1500 gram (VC1500g)
De VC 1500g is een in de praktijk veel gebruikt kengetal. Dit is de voerconversie teruggerekend naar een gewicht van 1500 gram. De toegepaste correctie is 0,01 per 25 gram gewichtsverschil. In formule:
VC 1500g = Voerconversie - ((gemiddeld gewicht in grammen – 1500 gram) / (25 x 100))

Uitval
Het uitvalspercentage is als volgt berekend:
Aantal uitval (hoklijst) / Aantal opgezette kuikens * 100%

2.4 Statistische toetsing behandelingseffecten

De verkregen emissieresultaten van ammoniak, geur, PM10 (fijn stof), methaan en lachgas zijn statistisch geanalyseerd met behulp van het statistische pakket Genstat 16th Edition.

Allereerst werd getoetst of er een verschil was in ammoniakemissie tussen verse en gedroogde snijmaissilage. Omdat vooraf niet duidelijk was of en in welke richting de emissies bij verse snijmaissilage afwijken van die van gedroogde snijmaissilage werd een tweezijdige toetsing gebruikt. Bij het ontbreken van een aantoonbaar verschil in ammoniakemissie tussen verse en gedroogde snijmaissilage kunnen beide snijmaisbehandelingen worden samengevoegd en zal niet alleen voor de ammoniakemissie, maar ook de emissies van geur, PM10 (fijn stof), methaan en lachgas de volgende nulhypothese (H_0) tegen het alternatief (H_a) worden getoetst:

H_0: het toepassen van snijmaissilage als strooiselmateriaal heeft geen effect op de emissie t.o.v. houtkrullen
H_a: het toepassen van snijmaissilage als strooiselmateriaal heeft een effect op de emissie t.o.v. houtkrullen.

Hierbij werd voor de ammoniakemissie een eenzijdige toetsing en voor de overige emissies (geur, PM10, methaan en lachgas) een tweezijdige toetsing gebruikt. Voor de ammoniakemissie werd een eenzijdige toetsing gebruikt omdat de verwachting was dat de ammoniakemissie bij gebruik van snijmaissilage in plaats van houtkrullen als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen zal verminderen. Bij de toetsing van geur-, PM10-, methaan- en lachgasemissies werd een tweezijdige toetsing gebruikt omdat vooraf niet duidelijk was welk effect het strooiselmateriaal had op de richting van deze emissies.

In het geval dat er een aantoonbaar verschil in ammoniakemissie tussen verse en gedroogde snijmaissilage aanwezig is kunnen de emissies van ammoniak, geur, PM10 (fijn stof), methaan en lachgas van zowel verse als gedroogde snijmaissilage worden vergeleken met die van houtkrullen. De behandelingseffecten voor ammoniak zijn onderzocht door de volgende nulhypothese (H_0) te toetsen tegen het alternatief (H_a):

H_0: het toepassen van verse of gedroogde snijmaissilage als strooiselmateriaal levert geen emissieverlaging op t.o.v. houtkrullen
H_a: het toepassen van verse of gedroogde snijmaissilage als strooiselmateriaal verlaagt de emissie t.o.v. houtkrullen.

Ook hier werd voor de ammoniakemissie een eenzijdige toetsing en voor de overige emissies (geur, PM10, methaan en lachgas) een tweezijdige toetsing gebruikt.

Er werd gebruikt gemaakt van een gepaarde t-toets. Omdat de variaties niet normaal verdeeld zijn werden de analyses uitgevoerd op de log-getransformeerde emissies. In verband met negatieve emissies werden de analyses van lachgas uitgevoerd op originele schaal. De in de tabellen vermelde emissies zijn de gemeten / berekende emissiewaarden.

De verkregen productieresultaten (aflevergewicht, voerconversie en uitval) zijn statistisch geanalyseerd met behulp van een variantieanalyse (ANOVA), met strooiselmateriaal als verklarende factor en productieronde en stal als blok. Ook deze analyses werden uitgevoerd met het statistische pakket Genstat 16th Edition.

Verschillen tussen behandelingen (strooiselmaterialen) werden significant beschouwd bij $P<0,05$ en er was sprake van een tendens bij $0,05 \leq P<0,10$).

3 Resultaten en Discussie

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens algemene zaken aangaande de metingen (paragraaf 3.1), de productieresultaten (paragraaf 3.2), de emissies van ammoniak, geur, PM10 (paragraaf 3.3), de emissies van methaan en lachgas beschreven (paragraaf 3.4) en tot slot wordt het gemiddelde effect van snijmaissilage op de verschillende emissies beschreven (paragraaf 3.5).

3.1 Algemeen

De doorlooptijd van dit onderzoek was wat langer dan gebruikelijk. Reden hiervoor was dat het niet altijd mogelijk was om een vergelijkbare uitgangsituatie (lees: kuikenmateriaal) te realiseren in alle stallen. Ook zijn metingen uitgesteld vanwege calamiteiten zoals hoge uitval in één van de meetstallen. Het betreffende vleeskuikenbedrijf gebruikt 'bijproducten' uit de vleeskuikenouderdierensector, dit wil zeggen dat dit bedrijf de hanen van de hennenlijn opzet. Vanwege de beperkte beschikbaarheid van deze 'bijproducten' was het niet altijd mogelijk de kuikens in de drie proefstallen gelijktijdig op te zetten. Dit was het geval bij meting 4, 5, 6 en 7. Aangezien de meting wel altijd op dezelfde dag plaatsvond, verschilde de leeftijd van de kuikens ten tijde van de meting bij de laatste vier metingen. Ten opzichte van de controle (= stal met houtkrullen) week de leeftijd bij meting 4 t/m 7 bij de voorgedroogde snijmaissilage, respectievelijk -2, -2, +3 en 0 dagen af. Bij verse snijmaissilage was dit respectievelijk -1, -2, +1 en +4 dagen (zie ook Bijlage 5). Aangezien er geen structurele verschillen betreft tussen de behandelingen, is het niet aannemelijk dat dit effect heeft gehad op de meetresultaten.
Het meetprotocol schrijft zes emissiemetingen voor verdeeld over het jaar en leeftijd van de dieren. In deze studie zijn echter zeven emissiemetingen gedaan. Deze meting is toegevoegd aan de oorspronkelijk zes geplande metingen omdat de spreiding van de ammoniakemissie bij de controle aan het eind van de productieperiode groot was en meer informatie over deze eindfase wenselijk werd geacht.

Tabel 3.1
Berekende ruw eiwitgehalten (in g/kg) en eiwit/energie (g ruw eiwit/omzetbare energie vleeskuiken - OEvlk in MJ/kg) verhouding van de rantsoenen in de verschillende voerfasen.

Voerfase	Verstrekking-periode	Meting1 29-10-`12	Meting 2 10-12-`12	Meting 3 06-03-`13	Meting 4 07-08-`13	Meting 5 17-10-`13	Meting 6 29-01-`14	Meting 7 15-04-`14
					Ruw eiwitgehalten (g/kg)			
Startvoer	0–10 dagen	204	204	210	207	204	205	205
Groei I voer	10–21 dagen	197	198	199	198	199	199	198
Groei II voer	21–28 dagen	191	191	--	193	194	--	189
Afmestvoer	28–afleveren	188	188	189	187	188	187	187
					Eiwit/energie			
Startvoer	0–10 dagen	16,7	16,7	17,2	16,8	16,5	16,7	16,7
Groei I voer	10–21 dagen	16,2	16,3	16,4	16,2	16,3	16,3	16,3
Groei II voer	21–28 dagen	15,6	15,6	--	16,0	16,1	--	15,5
Afmestvoer	28–afleveren	14,7	14,7	14,8	14,7	14,8	14,7	14,7

De kuikens kregen een standaard drie- of vierfasen voerprogramma. De voeders werden geleverd door Coöp. De Valk Wekerom. Het verstrekte voerprogramma was niet in alle ronden gelijk (zie Bijlage 4), maar binnen een productieronde werd in alle stallen hetzelfde voerprogramma verstrekt. In tabel 3.1 worden de berekende ruw eiwitgehalten en de energie/eiwit verhoudingen van de verstrekte voeders/rantsoenen weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat de voeders/rantsoenen voldeden aan de landbouwkundige randvoorwaarden beschreven in het meetprotocol voor het bepalen van een

ammoniakemissiefactor (Ogink e.a., 2011a). In Bijlage 4 wordt per meetronde de berekende gehalten van de verstrekte (kern)voeders en tarwe vermeld.

3.2 Productieresultaten

In deze paragraaf worden de gerealiseerde productieresultaten in de meetronden beschreven. In Bijlage 5 worden de productieresultaten per meting vermeld.

In tabel 3.2 zijn de gemiddeld behaalde productieresultaten vermeld. Uit deze tabel blijkt dat het gebruikte strooiselmateriaal geen significante invloed heeft op het aflevergewicht, de voerconversie en de uitval. De behaalde productieresultaten liggen onder het gemiddelde zoals vermeld in KWIN 2013/2014. Aangezien het bedrijf haantjes (bijproduct van vleeskuikenouderdieren – haantjes van de hennenlijn) gebruikt, zou op basis van de grotere (genetische) potentie van hanen een betere groei en voerconversie verwacht mogen dan de KWIN cijfers. De KWIN cijfers zijn immers gebaseerd op gemengde koppels. Anderzijds is het zo dat het mesten van haantjes vaak gepaard gaat met een iets hogere uitval. De hoge bezetting welke op dit bedrijf wordt gehanteerd (28 kuikens/m^2 bij opzet) zou een mogelijke verklaring kunnen zijn voor de mindere productieresultaten t.o.v. de KWIN cijfers. Het is immers bekend dat een hogere bezetting gepaard gaat met een verminderde groei en voerefficiëntie (Van Harn, 1995).

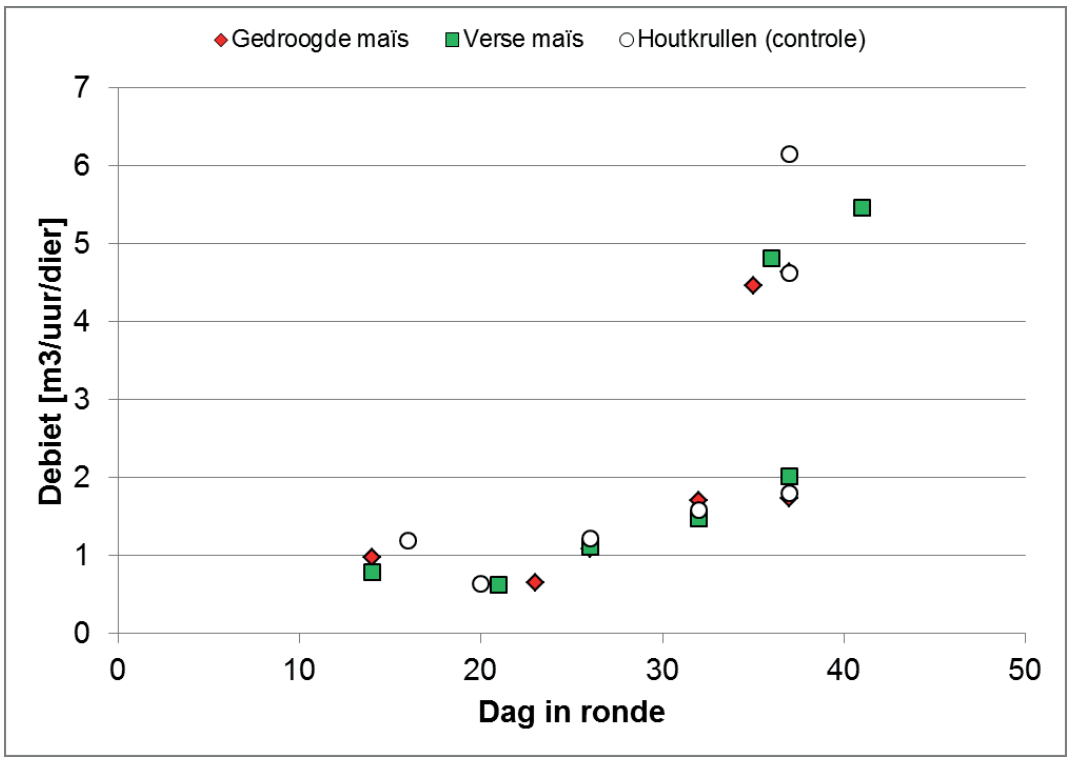
Tabel 3.2.
Gemiddeld aflevergewicht, voerconversie, voerconversie bij 1500 gram en uitval per strooiselmateriaal.

Kenmerk	Gedroogde snijmaissilage	Verse snijmaissilage	Houtkrullen	KWIN 2013/2014
Gem. aflevergewicht (g)	2079	2104	2103	2250
Voerconversie	1,69	1,66	1,70	1,68
VC 1500g	1,45	1,42	1,46	1,38
Uitval (%)	3,7	3,5	3,8	3,2

3.3 Emissies van ammoniak, geur en fijnstof (PM10)

In deze paragraaf worden de gemeten emissies van ammoniak, geur en fijnstof (PM10) beschreven. In Bijlage 5 en 6 worden respectievelijk de meetgegevens per meetronde en de emissies per strooiselmateriaal per meetdag weergegeven. In Bijlage 7 worden de relatieve emissies van ammoniak, geur en PM10 ten opzichte van houtkrullen weergegeven. Aangezien voor het berekenen van de emissies de ventilatiedebieten nodig zijn, worden deze als eerste gerapporteerd (Figuur 3.1).

In figuur 3.1 worden de gevonden ventilatiedebieten voor alle meetdagen weergegeven. Gemiddeld over alle metingen was het ventilatiedebiet 2,32±1,82 m^3/uur per dier en varieerde tussen 0,6 en 6,1 m^3/uur per dier. Het ventilatiedebiet in deze studie is redelijk vergelijkbaar met het gemiddelde ventilatiedebiet (2,1 m^3/uur per dier; debiet varieerde tussen 0,1 en 9,6 m^3/uur per dier) gerapporteerd in Winkel e.a. (2009) bij metingen aan vier vleeskuikenstallen met traditionele inrichting. Het ventilatiedebiet was laag aan het begin van de productieronde en nam toe naarmate de vleeskuikens ouder werden.



Figuur 3.1 Gemiddelde ventilatiedebieten (m^3/uur per dier) per strooiselmateriaal op de verschillende meetdagen

In tabel 3.3 worden de emissies van ammoniak, geur en PM10 weergegeven, berekend volgens een gelijke weging van 3 tijdvakken in de ronde (zie 2.2 en Bijlage 8). De ammoniakemissie bij gedroogde snijmaissilage, verse snijmaissilage en houtkrullen bedroegen respectievelijk 18,1, 32,4 en 40,2 gram per dierplaats per jaar (gecorrigeerd voor 19 % leegstand; Ogink e.a., 2013).

Tabel 3.3
Emissies van ammoniak, fijn stof en geur per strooiselmateriaal.

	Gedroogde snijmaissilage	Verse snijmaissilage	Houtkrullen
Niet gecorrigeerd voor leegstand			
Ammoniak (g per dierplaats per jaar)	22,4	40,0	49,6
Geur (OU_E per dierplaats per s)	0,61	0,36	0,53
PM10 (g per dierplaats per jaar)	8,7	8,9	9,7
Gecorrigeerd voor leegstand[1]			
Ammoniak (g per dierplaats per jaar)	18,1	32,4	40,2
Geur (OU_E per dierplaats per s)[2]	0,61	0,36	0,53
PM10 (g per dierplaats per jaar) - optisch	7,0	7,2	7,9
Relatieve emissies (Houtkrullen = 100)			
Ammoniak	45	81	100
Geur	116	69	100
PM10	89	92	100

[1] Ogink e.a., 2013: 19% leegstand; [2] Geur wordt niet gecorrigeerd voor leegstand

De gevonden ammoniakemissie bij houtkrullen (= controle) in deze proef bedroeg 40,2 g per dierplaats per jaar (gecorrigeerd voor 19% leegstand). Deze emissie is beduidend lager dan de emissiefactor in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) voor overige huisvestingssystemen (80 g per dierplaats per jaar) en de ammoniakemissie gerapporteerd in Winkel e.a. (2009) bij metingen aan vier vleeskuikenstallen met traditionele inrichting (overige huisvestingssystemen; 72 ± 25 g per dierplaats per jaar). Mogelijk dat de hoge bezetting (28 kuikens/m^2) en het gebruik van haantjes een verklaring kunnen zijn voor de gevonden (lagere) ammoniakemissie.

De berekende geuremissie bij gedroogde snijmaissilage, verse snijmaissilage en houtkrullen bedroegen respectievelijk 0,61, 0,36 en 0,53 OU_E per dierplaats per s. De in dit onderzoek gevonden geuremissies waren allen hoger dan de huidige emissiefactor voor overige huisvestingssystemen (0,24 OU_E per dierplaats per s). De geuremissies waren ook, met uitzondering van die van verse snijmaissilage, ook hoger dan die gerapporteerd in Winkel e.a. (2009;0,39 ± 0,04 OU_E per dierplaats per s). Het is niet duidelijk waarom in dit onderzoek de gemeten geuremissies hoger liggen.

De PM10 emissie bij gedroogde snijmaissilage, verse snijmaissilage en houtkrullen bedroegen respectievelijk 7,0, 7,2 en 7,9 g per dierplaats per jaar (gecorrigeerd voor 19% leegstand). De gevonden PM10-emissies op dit bedrijf waren bij alle strooiselmaterialen beduidend lager dan de huidige emissiefactor voor overige huisvestingssystemen (22 g per dierplaats per jaar) en de PM10-emissie gerapporteerd in Winkel e.a. (2009) bij metingen aan vier vleeskuikenstallen met traditionele inrichting (overige huisvestingssystemen; 21,9 g per dierplaats per jaar). Het is bekend dat het gebruik van deze optische meettechniek in vergelijking met de in het protocol voorgeschreven gravimetrische meetmethode voor PM10 een onderschatting van de PM10 concentratie geeft. Winkel e.a. (2014) vonden, in vergelijking met de gravimetrische methode, bij deze optische meetmethode een circa 45 procent lagere PM10 concentratie. Wanneer we de in dit onderzoek gevonden concentraties hiervoor corrigeren, zijn niettemin de PM10-emissies nog steeds lager dan de huidige emissiefactor.

3.4 Broeikasgasemissies

In deze paragraaf worden de gemeten broeikasgasemissies (methaan en lachgas) beschreven. In Bijlage 9 (A t/m C) en 10 worden respectievelijk de meetgegevens per meetronde en de relatieve emissies van methaan en lachgas ten opzichte van houtkrullen weergegeven.

In tabel 3.5 worden de methaan- en lachgasemissies weergegeven. Als gevolg van een probleem met de CH_4-detector in de gaschromatograaf waren de eerste vier methaan metingen niet betrouwbaar. Om deze reden is de berekening van de methaanemissie slechts gebaseerd op 3 metingen (één in elk leeftijdstraject).
De methaanemissie bij snijmaissilage, zowel gedroogd als vers, was circa 3,5 keer zo hoog in vergelijking met die bij houtkrullen. Het numerieke verschil in methaanemissie tussen houtkrullen en beide snijmaissilages komt vooral door verschillen in het eerste leeftijdstraject (0 – 14 dagen). In deze fase was de methaanemissie bij snijmaissilage tot 7 – 10 keer hoger. Na correctie voor 19% leegstand bedroegen de methaanemissies bij gedroogde snijmaissilage, verse snijmaissilage en houtkrullen respectievelijk 6,4, 6,5 en 1,8 gram per dierplaats per jaar. De op dit bedrijf gevonden methaanemissies bij snijmaissilage zijn hoger dan gerapporteerd in Winkel e.a. (2009) voor traditionele vleeskuikenstallen (overige huisvestingssystemen; 3,6 ± 2,5 g per dierplaats per jaar) en Mosquera e.a. (2012; 2,8 ± 0,8 g). De methaanemissie bij houtkrullen was vergelijkbaar met Winkel e.a. (2009) en Mosquera e.a. (2012).

Tabel 3.5
Methaan- en lachgasemissie per periode en gemiddeld.

Periode	CH_4 emissie (g/dpl/jaar; n=3)[1]			N_2O emissie (g/dpl/jaar; n=7)[1]		
	Gedroogde snijmais silage	Verse snijmais silage	Houtkrullen (controle)	Gedroogde snijmais silage	Verse snijmais silage	Houtkrullen (controle)
0-14 dagen	18,9	13,1	1,9	0,20	0,14	0,26
15-28 dagen	2,2	5,9	3,6	0,63	0,25	0,46
29 dagen-afleveren	2,6	5,1	1,2	0,63	0,59	0,31
Gem±std.afw2	7,9±9,5	8,0±4,4	2,3±1,2	0,49±0,39	0,33±0,79	0,34±0,94

[1] niet gecorrigeerd voor leegstand
[2] standaard afwijking is berekend over alle metingen

Na correctie voor 19% leegstand bedroegen de lachgasemissies bij gedroogde snijmaissilage, verse snijmaissilage en houtkrullen respectievelijk 0,4, 0,3 en 0,3 gram per dierplaats per jaar. De lachgasemissies in dit onderzoek waren veel lager dan gerapporteerd in Winkel e.a. (2009; 8,9 ± 7,8 g per dierplaats per jaar) en Mosquera e.a. (2012; 2,1 ± 1,6 g per dierplaats per jaar).

3.5 Gemiddeld effect snijmaissilage op emissies van ammoniak, geur, PM10, methaan en lachgas

Paarsgewijze vergelijking toonde aan dat er geen aantoonbaar verschil was in ammoniakemissie tussen verse en gedroogde snijmaissilage (Bijlage 11). Om deze reden werden de gevonden emissies van geur, PM10, lachgas en methaan bij verse en (voor)gedroogde snijmaissilage samengevoegd en gemiddeld, waarna deze gemiddelden werden getoetst tegen houtkrullen (zie 2.4). In tabel 3.6 worden de emissies van verse en gedroogde snijmaissilage tezamen afgezet tegen die van houtkrullen.

Tabel 3.6
Emissies van ammoniak, geur en PM10 van snijmaissilage (gedroogd + vers) en houtkrullen.

	Snijmaissilage	Houtkrullen
Niet gecorrigeerd voor leegstand		
Ammoniak (g per dierplaats per jaar)	31,2 [a]	49,6 [b]
Geur (OU_E per dierplaats per s)	0,41 [(a)]	0,53 [(b)]
PM10 (g per dierplaats per jaar)	9,0	9,7
Methaan (g per dierplaats per jaar; n=3)	7,9 [(b)]	2,3 [(a)]
Lachgas (g per dierplaats per jaar; n=7)	0,41	0,34
Gecorrigeerd voor leegstand [1]		
Ammoniak (g per dierplaats per jaar)	25,3 [a]	40,2 [b]
Geur (OU_E per dierplaats per s) [2]	0,41 [(a)]	0,53 [(b)]
PM10 (g per dierplaats per jaar) – optisch	7,3	7,9
Methaan (g per dierplaats per jaar; n=3)	6,4 [(b)]	1,8 [(a)]
Lachgas (g per dierplaats per jaar; n=7)	0,33	0,28
Relatieve emissies (Houtkrullen = 100)		
Ammoniak	63	100
Geur	78	100
PM10	92	100
Methaan	352	100
Lachgas	119	100

[1] Ogink e.a., 2013: 19% leegstand; [2] Geur wordt niet gecorrigeerd voor leegstand
Verschillende letters in een rij geven significante verschillen aan (P<0,05)
Verschillende letters in een rij tussen () geven een tendens weer (0,05≤P<0,10)

Uit deze tabel blijkt dat, in vergelijking met houtkrullen, het toepassen van snijmaissilage als strooiselmateriaal de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen met gemiddeld 37 procent verminderde (P=0,026). Dit resultaat komt goed overeen met de gevonden reductie van 40 procent bij een eerder onderzoek (van Harn e.a., 2009). Uit tabel 3.6 blijkt verder dat het gebruik van snijmaissilage in plaats van houtkrullen als strooiselmateriaal tendeert naar een lagere geuremissie (P=0,093). Gemiddeld was de geuremissie bij snijmaissilage 22 procent lager. De methaanemissie daarentegen lijkt juist toe te nemen bij snijmaissilage (P=0,052). Gemiddeld was de methaanemissie bij snijmaissilage 3,5 keer zo hoog als bij houtkrullen.
In een eerdere studie werd eveneens geen verschil gevonden in de PM10 emissie tussen stallen ingestrooid met houtkrullen en stallen met verse snijmaissilage (Van Harn e.a., 2012).

4 Conclusies

Uit dit onderzoek waarbij de emissies van ammoniak, geur, PM10, methaan en lachgas uit vleeskuikenstallen ingestrooid met (voor)gedroogde snijmaissilage, verse snijmaissilage en houtkrullen (=controle/referentie) werden gemeten, bleek dat er geen significante verschillen waren in deze emissies tussen verse en gedroogde snijmaissilage. Om deze reden worden hieronder enkel de verschillen tussen snijmaissilage (vers en gedroogd tezamen) en houtkrullen weergegeven.

- Snijmaissilage als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen geeft, in verse of in gedroogde vorm, een gemiddelde ammoniakemissiereductie van 37%.
- Snijmaissilage, in verse of in gedroogde vorm, als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen tendeerde naar een lagere geuremissie.
- Snijmaissilage, in verse of in gedroogde vorm, als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen tendeerde naar een hogere methaanemissie.
- Het gebruik van snijmaissilage, in verse en gedroogde vorm, als strooiselmateriaal in vleeskuikenstalen had geen significante invloed op de emissies van PM10 en lachgas.

5 Literatuur

CEN 13725. 2003. Air quality - determination of odour concentration by dynamic olfactometry, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

CIGR. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S.; K. Sällvik).

Groenestein, C.M., J. Mosquera en N.W.M. Ogink. 2011. Protocol voor meting van methaanemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 493, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.

CVB, Veevoedertabel 2007. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, The Netherlands.

Harn, van J. 1995. Het berekenen van de optimale bezetting voor vleeskuikens. Een voorbeeld. Praktijkonderzoek voor de Pluimveehouderij, Vol. 6, No. 4, p.19-23. ISSN 0924-9087.

Harn, J. van, J. Mosquera Losada en A.J.A. Aarnink. 2009. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; Invloed strooiselmateriaal op fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. Rapport / Animal Sciences Group, nr 218.

Harn, van J., A. J. A. Aarnink, J. Mosquera, J. W. van Riel, N. W. M. Ogink. 2012. Effect of Bedding Material on Dust and Ammonia Emission from Broiler Houses. Transactions of the ASABE Vol. 55(1): 219-226.

Harn, J. van; Jong, I.C. de. 2012. Geen effect op laesies. Pluimveehouderij 2 maart 2012, p. 24 - 25.

KWIN-Veehouderij 2013-2014 (2013). Kwantitatieve informatie veehouderij 2013-2014. ISSN 1570-8594.

Mosquera, J., C.M. Groenestein en N.W.M. Ogink. 2011. Protocol voor meting van lachgasemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 494, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.

Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.P.M. Ploegaert, T. van Hattum, E. Lovink en N.W.M. Ogink. 2012. Emissies uit een vleeskuikenstal met geconditioneerd luchtinlaat, biologische wasser en denitrificatie-unit. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Rapport 611 Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.

Ogink, N.W.M., G. Mol. 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57, 31 pp.

Ogink, N.W.M.. 2011. Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 491, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.

Ogink, N.W.M., J. Mosquera en J.M.G. Hol. 2011a. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 454, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.

Ogink, N.W.M., P. Hofschreuder en A.J.A. Aarnink. 2011b. Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Wageningen UR Livestock Research Rapport 492.

Ogink, N.W.M., J. Mosquera en J.M.G. Hol. 2013. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013. Rapport 726, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.

Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, M.J.W. Heetkamp, en A.J.A. Aarnink. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.

Winkel, A., J. Mosquera, R.K. Kwikkel, F.A. Gerrits, N.W.M. Ogink en A.J.A. Aarnink. 2009. Fijnstofemissie uit stallen: vleeskuikens. Rapport 275, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, The Netherlands.

Winkel, Albert, Jorge Llorens Rubio, Jos W.H.Huis in 't Veld, Jan Vonk and Nico W.M. Ogink, 2014. Equivalence testing of filter-based, beta-attenuation, TEOM, and light-scattering devices for measurement of PM10 concentration in animal houses. Journal of Aerosol Science Vol 80 (2015) 11–26

Wintjens, Y. 1993. Gaswasfles. In Meetmethoden NH_3-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniak- problematiek in de veehouderij 16 (eds E.N.J. van Ouwerkerk), pp. 38-40. DLO, Wageningen.

Wisman, W. 2007. Maïskuil als strooisel (Samenvatting artikel van dr. Andreas Wilms-Schulze Kump in julinummer DGS). Pluimveehouderij september 2007, p.33.

Bijlage 1A Bedrijfssituatie en stallen



Overzicht erf met de meetlocaties op de voorgrond



Achterzijde stallen (links) en ruimte tussen stal 3 en 4 (rechts)

Bijlage 1B Inrichting meetstallen







Binnenzijde stal (boven), inlaatventiel (links onder), achtergevel stal met ventilatoren (rechts onder)

Bijlage 2 Beschrijving meetmethoden en praktische uitvoering

Natchemisch met wasflessen en impingers (NH_3)

Bij de nat-chemische methode (Wintjes, 1993) wordt de lucht via een monsternameleiding met een constante luchtstroom (~1,0 L/min) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van ~1,0 L/min. Alle lucht wordt door een impinger (geplaatst in een wasfles met 100 ml 0,05 M salpeterzuur) geleid, waarbij de NH_3 chemisch wordt gebonden. Om rekening te houden met eventuele doorslag wordt een tweede fles in serie geplaatst. Om doorslag naar de pomp te voorkomen wordt de lucht na de impingers door een vochtvanger (impinger zonder vloeistof) geleid (zie foto hieronder). Na de bemonsteringstijd wordt de concentratie gebonden NH_3 spectrofotometrisch bepaald. Voor en na de meting werd de exacte luchtstroom bepaald met behulp van een flowmeter (Defender 510-m, Bios Int. Corp, USA; zie foto hieronder). Door de bemonsteringsduur, de bemonsteringsflow, het NH_4^+ gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen kan de NH_3-concentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald.



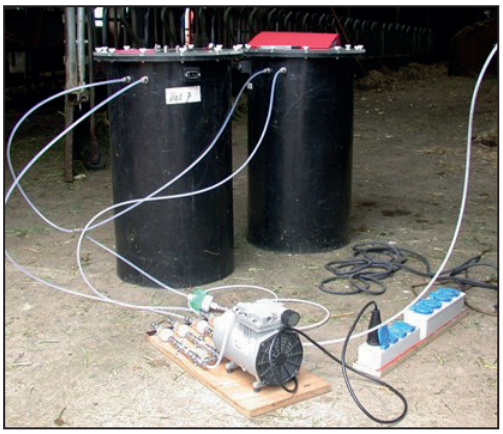
Meetopstelling nat-chemische methode voor ammoniakemissiemetingen. Links: impingers. Midden: Flowmeter. Rechts: pomp

Longmethode (geur en broeikasgassen)

Bij de toepassing van de zogenaamde longmethode (Ogink en Mol, 2002) werd een 40 L Nalophan monsterzak in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) via een teflon slang te zuigen, ontstaat in het vat onderdruk en wordt de te bemonsteren lucht aangezogen in de zak.

Bij de bepaling van de geurconcentratie werd gedurende twee uur (tussen 10:00 en 12:00 uur) stallucht aangezogen met een flow van ca. 0,4 L/min. Voordat de lucht in een geurvrije zak werd verzameld werd deze door een stoffilter geleid (type #1130, diameter: 50 mm, 1-2 µm, Savillex® Corp., Minnetonka, VS). De geuranalyses werden uitgevoerd volgens de Europese norm EN 13725 (CEN, 2003). Het geurlaboratorium is onder nummer L400 geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van geuranalyses.

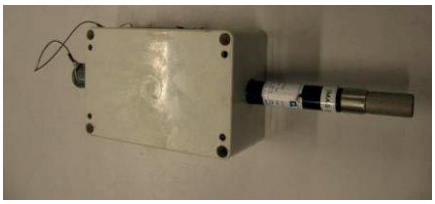
Bij de bepaling van de concentratie broeikasgassen werd de monsterzak gedurende 24 uur continu gevuld met een vaste luchtstroom van 0,02 L/min. Op deze wijze werd een 24-uurs monster verkregen. Het gehalte aan broeikasgassen in het monster werd bepaald met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A (CH_4, CO_2), Haysep Q (N_2O); detector: CH_4: FID, N_2O: ECD, CO_2: HWD).



Meetopstelling voor het meten van de geur- en broeikasgas- (CH4, N2O) concentraties

Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

Voor de meting van temperatuur en relatieve wordt gebruik gemaakt van Rotronic T en RV sensoren (ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS; zie foto hieronder), met een nauwkeurigheid van respectievelijk ± 1,0 °C en ± 2%. Per meetpunt wordt een Rotronic opgehangen. De data wordt eenmaal per uur gelogd als gemiddelde over dat uur.



ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS

Bijlage 3A Meetopstelling



Opstelling meetappatuur in aanhanger



Meetapparatuur in aanhanger

Bijlage 3B Meetopstelling (vervolg)



Meetpunt ammoniak, geur en fijnstof



Stalgegevens (aantal geplaatste kuikens, gewicht kuikens, aantal uitval) worden overgenomen in het logboek

Bijlage 4 Labelinformatie verstrekte voeders

Labelinformatie verstrekte voeders meting 7 (Opzetdatum: 15-04-2014)

	Startvoer (Volledig voer – code 1502)	Groei I (Aanv. voer +10% tarwe – code 1532)	Groei I (Volledig voer – code 1553)	Afmest (Aanv. voer + 30% tarwe - code 1590)
Verstrekkingsperiode	0 – 10 dgn.	11 – 21 dgn.	22 – 28 dgn.	29 - afleveren
OEvlk (MJ/kg)	12,25	12,15	12,2	13,0
Ruw eiwit (g.kg)	205	208	198	219
Lysine (g/kg)	12,8	13,9	12,8	14,3
Methionine (g/kg)	5,9	6,2	5,8	6,0
Ruw vet (g/kg)	62	62	57	99
Ruw as (g/kg)	49	58	54	55
Ruwe celstof (g/kg)	34	39	37	31
Calcium (g/kg)	7,5	8,0	7,4	8,2
Fosfor (g/kg)	5,2	5,3	5,1	5,2
Natrium (g/kg)	1,5	1,4	1,3	1,7

Labelinformatie verstrekte voeders meting 6 (Opzetdatum: 08-01-2014)

	Startvoer (Volledig voer – code 1502)	Groei I (Volledig voer – code 1553)	Afmest (Aanv. voer + 30% tarwe - code 1590)
Verstrekkingsperiode	0 – 10 dgn.	11 – 26 dgn.	27 dgn. – afl.
OEvlk (MJ/kg)	12,25	12,2	13,0
Ruw eiwit (g.kg)	205	199	220
Lysine (g/kg)	12,8	12,4	14,3
Methionine (g/kg)	5,9	5,7	6,0
Ruw vet (g/kg)	62	56	99
Ruw as (g/kg)	49	50	54
Ruwe celstof (g/kg)	34	36	32
Calcium (g/kg)	7,5	6,3	8,0
Fosfor (g/kg)	5,2	4,7	5,0
Natrium (g/kg)	1,5	1,3	1,7

Bijlage 4 Labelinformatie verstrekte voeders (vervolg)

Labelinformatie verstrekte voeders meting 5 (Opzetdatum: 03-10-2013)

	Startvoer (Volledig voer – code 1502)	Groei I (Volledig voer – code 1553)	Groei II (Aanv. voer + 20%T code 1572	Afmest (Aanv. voer + 30% tarwe - code 1590)
Verstrekkingsperiode	0 – 10 dgn.	11 – 24 dgn.	25 – 28 dgn.	29 dgn. – afl.
OEvlk (MJ/kg)	12,35	12,2	12,1	13,0
Ruw eiwit (g.kg)	204	199	222	221
Lysine (g/kg)	12,7	12,4	14,3	14,4
Methionine (g/kg)	5,9	5,6	6,5	6,0
Ruw vet (g/kg)	63	53	68	98
Ruw as (g/kg)	48	49	60	53
Ruwe celstof (g/kg)	34	36	39	32
Calcium (g/kg)	6,9	5,8	7,9	7,6
Fosfor (g/kg)	5,0	4,4	5,3	4,9
Natrium (g/kg)	1,6	1,3	1,7	1,8

Labelinformatie verstrekte voeders meting 4 (Opzetdatum: 01-07-2013)

	Startvoer (Volledig voer – code 1502)	Groei I (Volledig voer – code 1551)	Groei II (Kern + 20%T – code 1572)	Afmest (Aanv. voer + 30% tarwe - code 1590)
Verstrekkingsperiode	0 – 10 dgn.	11 – 23 dgn.	24 – 28 dgn.	29 dgn. – afl.
OEvlk (MJ/kg)	12,35	12,2	12,1	13,0
Ruw eiwit (g.kg)	207	198	220	220
Lysine (g/kg)	12,7	12,3	14,6	14,3
Methionine (g/kg)	6,0	5,5	6,5	6,0
Ruw vet (g/kg)	60	56	63	99
Ruw as (g/kg)	51	51	60	54
Ruwe celstof (g/kg)	33	34	38	31
Calcium (g/kg)	7,4	6,3	7,6	7,7
Fosfor (g/kg)	5,3	4,6	5,1	4,9
Natrium (g/kg)	1,5	1,3	1,6	1,8

Bijlage 4 Labelinformatie verstrekte voeders (vervolg)

Labelinformatie verstrekte voeders meting 3 (Opzetdatum: 31-12-2012)

	Startvoer Code 1515	Groei I (Kern + 20%T) Code 1571	Afmest (kern + 30% tarwe) Code 1589
Verstrekkingsperiode	0 – 10 dgn.	11 – 26 dgn.	27 dgn. – afl.
OEvlk (MJ/kg)	12,2	12,2	13,1
Ruw eiwit (g.kg)	210	221	222
Lysine (g/kg)	12,6	13,7	13,8
Methionine (g/kg)	5,9	6,4	6,1
Ruw vet (g/kg)	62	74	102
Ruw as (g/kg)	53	64	55
Ruwe celstof (g/kg)	32	38	33
Calcium (g/kg)	7,9	8,5	7,9
Fosfor (g/kg)	5,7	5,6	5,2
Natrium (g/kg)	1,6	1,7	1,9

Labelinformatie verstrekte voeders meting 2 (Opzetdatum: 13-11-2012)

	Startvoer Code 1515	Groei I (Kern + 20%T) Code 1545	Groei II (Kern + 25%T) Code 1578	Afmest (kern + 30% tarwe) Code 1589
Verstrekkingsperiode	0 – 10 dgn.	11 – 23 dgn.	24 – 28 dgn.	29 dgn. – afl.
OEvlk (MJ/kg)	12,2	12,2	12,3	13,1
Ruw eiwit (g.kg)	204	220	218	221
Lysine (g/kg)	12,1	13,6	13,7	13,7
Methionine (g/kg)	5,6	6,4	6,5	6,1
Ruw vet (g/kg)	59	74	91	103
Ruw as (g/kg)	55	64	63	56
Ruwe celstof (g/kg)	30	36	33	33
Calcium (g/kg)	8,2	8,5	8,4	7,9
Fosfor (g/kg)	5,7	5,6	5,3	5,2
Natrium (g/kg)	1,5	1,7	1,8	1,8

Bijlage 4 Labelinformatie verstrekte voeders (vervolg)

Labelinformatie verstrekte voeders meting 1 (Opzetdatum: 28-09-2012)

	Startvoer Code 1515	Groei I (Kern + 20%T) Code 1545	Groei II (Kern + 25%T) Code 1578	Afmest (kern + 30% tarwe) Code 1589
Verstrekkingsperiode	0 – 10 dgn.	11 – 23 dgn.	24 – 28 dgn.	29 dgn. – afl.
OEvlk (MJ/kg)	12,2	12,2	12,3	13,1
Ruw eiwit (g.kg)	204	219	217	221
Lysine (g/kg)	12,1	13,4	13,6	13,7
Methionine (g/kg)	5,6	6,4	6,5	6,1
Ruw vet (g/kg)	59	72	92	103
Ruw as (g/kg)	55	64	64	56
Ruwe celstof (g/kg)	30	34	33	33
Calcium (g/kg)	8,2	8,3	8,4	7,9
Fosfor (g/kg)	5,7	5,5	5,3	5,2
Natrium (g/kg)	1,5	1,7	1,8	1,8

Nutriëntenwaarde tarwe (CVB, 2007)

	Tarwe
OEvlk (MJ/kg)	12
Ruw eiwit (g.kg)	111
Lysine (g/kg)	3,1
Methionine (g/kg)	1,8
Ruw vet (g/kg)	13
Ruw as (g/kg)	15
Ruwe celstof (g/kg)	24
Calcium (g/kg)	0,4
Fosfor (g/kg)	3,1
Natrium (g/kg)	0,1

Bijlage 5 Gegevens per meetronde voor ammoniak, geur en PM10

1. **Voorgedroogde snijmaissilage**
2. **Verse snijmaissilage**
3. **Houtkrullen**

1. Voorgedroogde snijmaissilage

Meting	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Datum	30-okt-12	10-dec-12	06-feb-13	07-aug-13	17-okt-13	29-jan-14	22-mei-14
Dag in het jaar	303	344	36	218	289	28	141
T-buiten [^{o}C]	7,9	0,9	3,6	16,0	11,6		18,9
RV-buiten [%]	91,9	98,9	82,4	97,7	84,0		69,3
T in stal [^{o}C]	22,1	21,5	22,4	22,7	24,4		24,0
RV in stal [%]	74,8	75,7	70,0	75,4	65,9		69,9
Dag in de ronde	32	26	37	35	14	23	37
Periode	29-42	15-28	29-42	29-42	0-14	15-28	29-42
Aantal geplaatste dieren	29700	30400	34000	35200	34500	34500	33000
Aantal aanwezige dieren	28799	28807	26000	23397	32810	34008	21788
Gewicht dieren [g]	1650	1220	1700	1815	445	950	1728
Merk kuiken							
Debiet [m^3/uur per aanwezig dier]	1,71	1,09	1,73	4,46	0,98	0,65	4,64
NH_3 concentratie in stal [ppm]	3,89	2,06	3,60	0,87	0,74	10,49	3,18
NH_3 buiten [ppm]	0,04	0,03	0,02	0,05	0,03	0,14	0,09
NH_3 emissie stal [g per dierplaats per jaar]	39,65	13,02	29,34	15,07	4,16	41,37	58,86
Geur concentratie [OU_E/m^3]	1045	1876	2036	335	917	3851	685
Geur emissie stal [OU_E per dierplaats per s]	0,48	0,54	0,75	0,28	0,24	0,69	0,58
PM10 concentratie in stal [mg/m^3]	1,88	0,37	0,84	0,61	0,36	1,63	0,63
PM10 buiten [mg/m^3]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
PM10 emissie stal [g per dierplaats per jaar]	27,02	3,19	9,54	15,43	2,76	9,06	16,38
Gem. aflevergewicht [g]	2156	2115	1894	1882	2148	2242	2116
Voerconversie	1,71	1,71	1,77	1,62	1,61	1,68	1,83
VC 1500 g	1,44	1,47	1,62	1,47	1,35	1,38	1,59
Uitval [%]	3,46	4,76	3,18	2,07	6,70	2,19	3,79

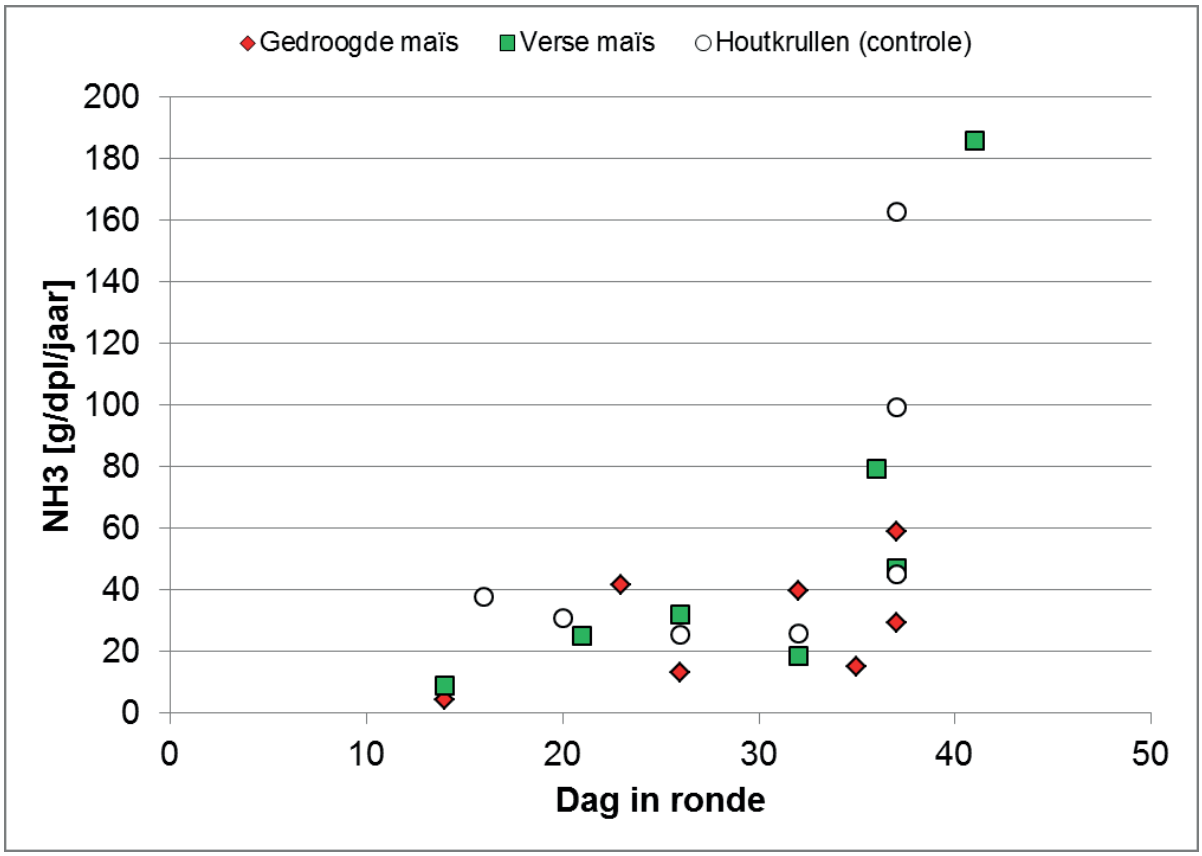
2. Verse snijmaissilage

Meting	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Datum	30-okt-12	10-dec-12	06-feb-13	07-aug-13	17-okt-13	29-jan-14	22-mei-14
Dag in het jaar	303	344	36	218	289	28	141
T-buiten [^{o}C]	7,9	0,9	3,6	16,0	11,6		18,9
RV-buiten [%]	91,9	98,9	82,4	97,7	84,0		69,3
T in stal [^{o}C]	24,4	21,5	21,2	22,6	26,0		23,9
RV in stal [%]	76,1	87,6	89,1	76,0	64,9		63,9
Dag in de ronde	32	26	37	36	14	21	41
Periode	29-42	15-28	29-42	29-42	0-14	15-28	29-42
Aantal geplaatste dieren	34000	34020	34000	35250	34500	34540	34500
Aantal aanwezige dieren	27000	33313	26000	23554	33810	33303	20290
Gewicht dieren [g]	1400	1180	1800	1815	445	852	2350
Merk kuiken							
Debiet [m^3/uur per aanwezig dier]	1,48	1,12	2,01	4,81	0,79	0,63	5,46
NH_3 concentratie in stal [ppm]	2,59	4,70	4,95	4,02	1,85	6,83	9,42
NH_3 buiten [ppm]	0,04	0,03	0,02	0,05	0,03	0,14	0,09
NH_3 emissie stal [g per dierplaats per jaar]	18,58	31,76	47,06	79,08	8,80	25,13	186,00
Geur concentratie [OU_E/m^3]	698	1043	1781	313	866	3254	685
Geur emissie stal [OU_E per dierplaats per s]	0,23	0,32	0,76	0,28	0,19	0,55	0,61
PM10 concentratie in stal [mg/m^3]	2,44	0,37	1,81	0,50	0,41		0,76
PM10 buiten [mg/m^3]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
PM10 emissie stal [g per dierplaats per jaar]	24,88	3,38	24,14	13,44	2,62		20,93
Gem. aflevergewicht [g]	1987	2062	2103	1969	2150	2206	2250
Voerconversie	1,72	1,64	1,74	1,61	1,60	1,69	1,71
VC 1500 g	1,53	1,41	1,50	1,42	1,34	1,40	1,41
Uitval [%]	1,81	2,37	2,97	6,61	2,93	4,58	3,50

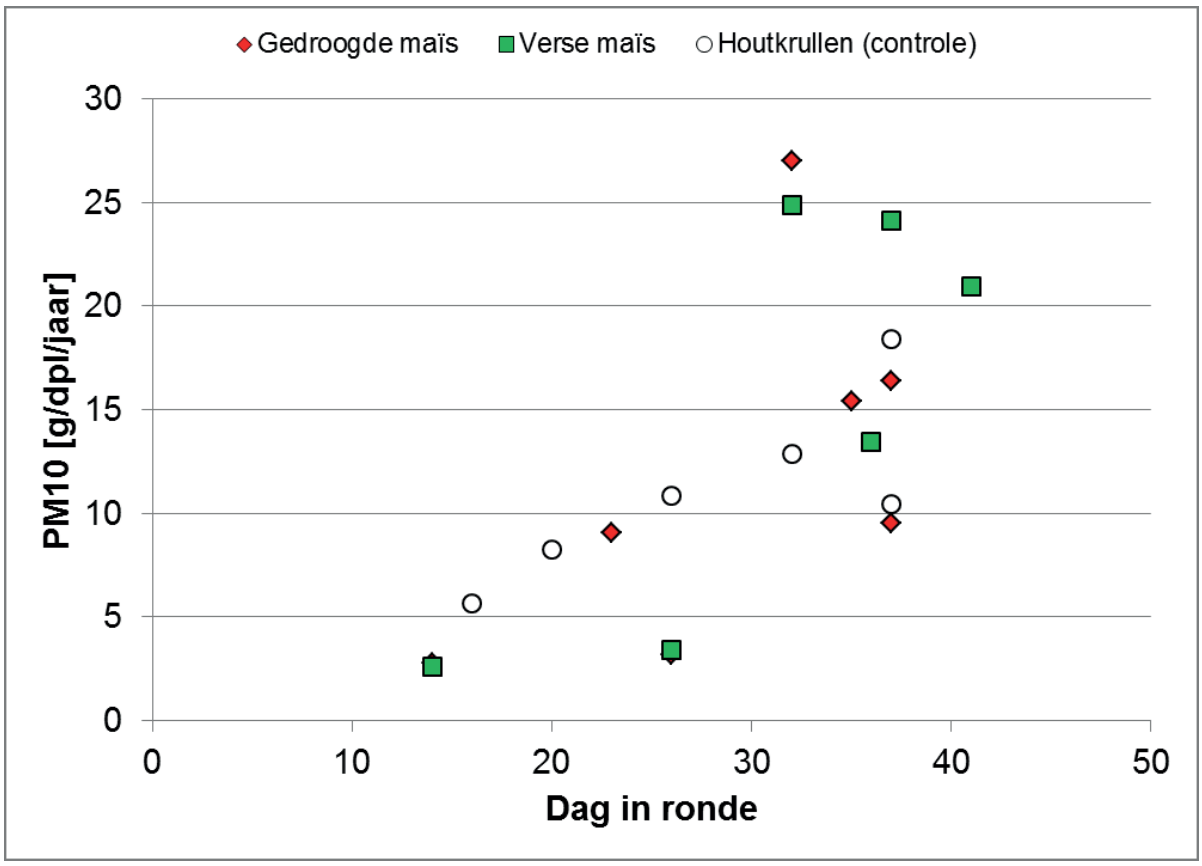
3. Houtkrullen

Meting	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Datum	30-okt-12	10-dec-12	06-feb-13	07-aug-13	17-okt-13	29-jan-14	22-mei-14
Dag in het jaar	303	344	36	218	289	28	141
T-buiten [°C]	7,9	0,9	3,6	16,0	11,6		18,9
RV-buiten [%]	91,9	98,9	82,4	97,7	84,0		69,3
T in stal [°C]	24,4	21,5	21,2	22,6	26,0		23,9
RV in stal [%]	76,1	87,6	89,1	76,0	64,9		63,9
Dag in de ronde	32	26	37	37	16	20	37
Periode	29-42	15-28	29-42	29-42	0-14	15-28	29-42
Aantal geplaatste dieren	34000	34020	34000	35200	34500	33660	33000
Aantal aanwezige dieren	27000	33166	26000	23430	33908	32509	21333
Gewicht dieren [g]	1400	1135	1900	1815	549	853	1787
Merk kuiken							
Debiet [m^3/uur per aanwezig dier]	1,58	1,23	1,80	4,63	1,20	0,64	6,15
NH_3 concentratie in stal [ppm]	3,36	3,46	19,06	2,41	5,16	8,09	4,11
NH_3 buiten [ppm]	0,04	0,03	0,02	0,05	0,03	0,14	0,09
NH_3 emissie stal [g per dierplaats per jaar]	25,87	25,42	162,61	45,00	37,53	30,63	99,16
Geur concentratie [OU_E/m^3]	746	2391	1781	298	716	5423	650
Geur emissie stal [OU_E per dierplaats per s]	0,26	0,79	0,68	0,26	0,23	0,93	0,72
PM10 concentratie in stal [mg/m^3]	1,19	1,06	0,89	0,70	0,57	1,54	
PM10 buiten [mg/m^3]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
PM10 emissie stal [g per dierplaats per jaar]	12,89	10,84	10,45	18,39	5,67	8,27	
Gem. aflevergewicht [g]	2022	2062	2101	1996	2156	2241	2141
Voerconversie	1,62	1,61	1,78	1,63	1,60	1,69	1,81
VC 1500 g	1,42	1,39	1,54	1,43	1,34	1,39	1,55
Uitval [%]	2,64	2,95	4,70	5,57	2,46	5,56	2,50

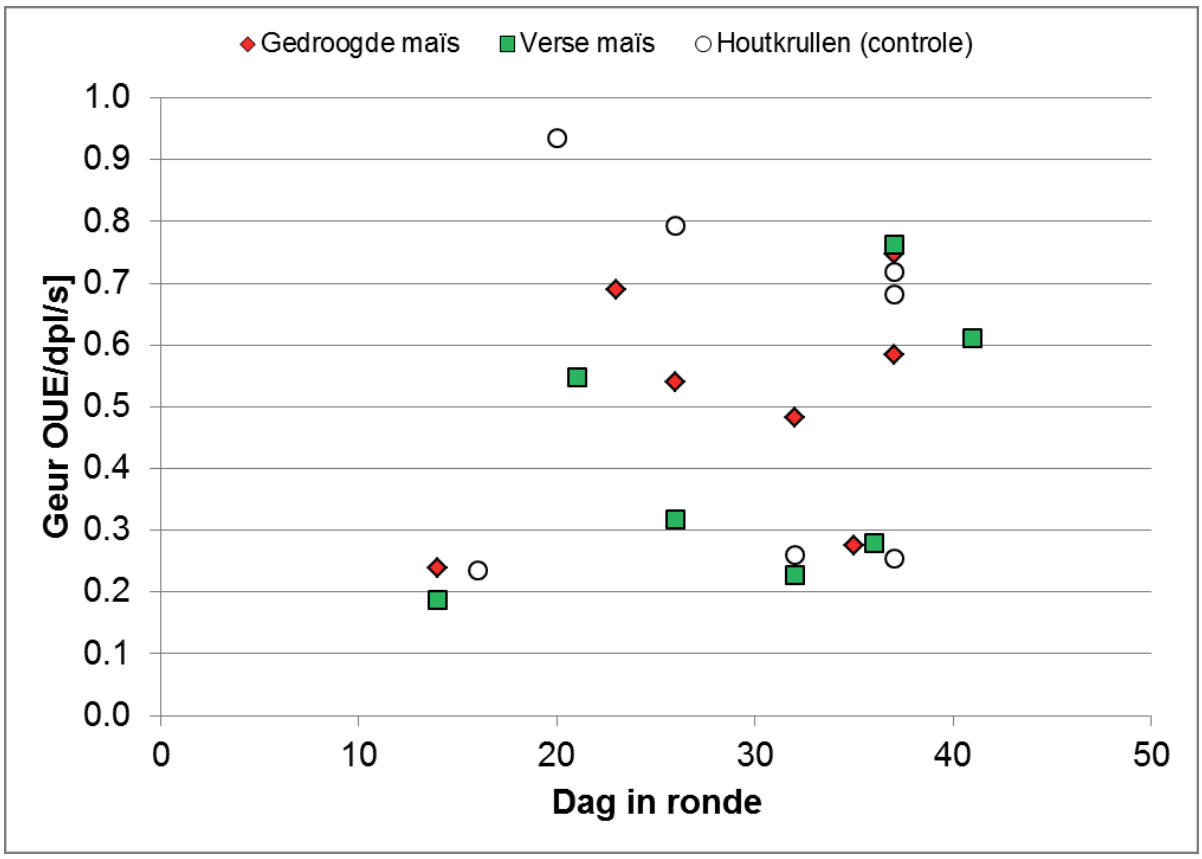
Bijlage 6 Emissies van ammoniak, geur en PM10 per meetdag



Gemiddelde ammoniak [in g/dpl/jaar] per strooiselmateriaal op alle verschillende meetdagen



Gemiddelde PM10-emissie [in g/dpl/jaar] per strooiselmateriaal op alle verschillende meetdagen



Gemiddelde geuremissie [OUE/dpl/s] per strooiselmateriaal op alle verschillende meetdagen

Bijlage 7 Relatieve emissies van ammoniak, geur en PM10 t.o.v. houtkrullen (=100) per meting

Ammoniakemissie uitgedrukt t.o.v. houtkrullen (=100)

Meting	*Periode*	*Gedroogde snijmaissilage*	*Verse snijmaissilage*	*Houtkrullen (controle)*
1	29 – 42 dgn.	153	72	100
2	15 – 28 dgn.	51	125	100
3	29 – 42 dgn.	18	29	100
4	29 – 42 dgn.	33	176	100
5	0 – 14 dgn.	11	23	100
6	15 – 28 dgn.	135	82	100
7	29 – 42 dgn.	59	188	100

Geuremissie uitgedrukt t.o.v. houtkrullen (=100)

Meting	*Periode*	*Gedroogde snijmaissilage*	*Verse snijmaissilage*	*Houtkrullen (controle)*
1	29 – 42 dgn.	185	87	100
2	15 – 28 dgn.	68	40	100
3	29 – 42 dgn.	110	112	100
4	29 – 42 dgn.	108	110	100
5	0 – 14 dgn.	102	80	100
6	15 – 28 dgn.	74	59	100
7	29 – 42 dgn.	81	85	100

PM10-emissie uitgedrukt t.o.v. houtkrullen (= 100)

Meting	*Periode*	*Gedroogde snijmaissilage*	*Verse snijmaissilage*	*Houtkrullen (controle)*
1	29 – 42 dgn.	210	193	100
2	15 – 28 dgn.	29	31	100
3	29 – 42 dgn.	91	231	100
4	29 – 42 dgn.	84	73	100
5	0 – 14 dgn.	49	46	100
6	15 – 28 dgn.	110	[1]	100
7	29 – 42 dgn.	[2]	[2]	[1]

[1] geen waarde beschikbaar vanwege uitvallen bemonsteringspomp
[2] afwijking kan niet worden berekend vanwege ontbreken controlemeting

Bijlage 8 Emissies van ammoniak, geur en PM10 per tijdvak

Gemiddelde ammoniakemissies per periode en gemiddeld over de drie perioden per strooiselmateriaal (niet gecorrigeerd voor leegstand)

Periode	n metingen	*Ammoniakemissie (g/dpl/jaar)*		
		Gedroogde snijmaissilage	Verse snijmaissilage	Houtkrullen (controle)
0-14	1	4,2	8,8	37,5
15-28	2	27,2	28,4	28,0
29-afl.	4	35,7	82,7	83,2
Gem±std.afw.[1]		**22,4±19,3**	**40,0±61,5**	**49,6±51,7**

[1] standaard afwijking is berekend over alle metingen

Gemiddelde geuremissies per periode en gemiddeld over de drie perioden per strooiselmateriaal

Periode	n metingen	*Geuremissie (OUE/dpl/s)*		
		Gedroogde snijmaissilage	Verse snijmaissilage	Houtkrullen (controle)
0-14	1	0,69	0,19	0,23
15-28	2	0,61	0,43	0,86
29-afl.	4	0,52	0,47	0,48
Gem±std.afw.[1]		**0,61±0,19**	**0,36±0,22**	**0,53±0,30**

[1] standaard afwijking is berekend over alle metingen

Gemiddelde PM10-emissies per periode en gemiddeld over de drie perioden per strooiselmateriaal (niet gecorrigeerd voor leegstand)

Periode	n metingen	*PM10-emissie (g/dpl/jaar)*		
		Gedroogde snijmaissilage	Verse snijmaissilage	Houtkrullen (controle)
0-14	1	2,8	2,6	5,7
15-28	2	6,1	3,4	9,6
29-afl.	4	17,1	20,8	13,9
Gem±std.afw.[1]		**8,7±8,5**	**8,9±10,1**	**9,7±4,3**

[1] standaard afwijking is berekend over alle metingen

Bijlage 9A Broeikasgasemissies per meetronde (gedroogde snijmaïs)

Voorgedroogde snijmaissilage

Meting	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Datum	30-okt-12	10-dec-12	06-feb-13	07-aug-13	17-okt-13	29-jan-14	22-mei-14
Dag in het jaar	303	344	36	218	289	28	141
T-buiten [°C]	7,9	0,9	3,6	16,0	11,6		18,9
RV-buiten [%]	91,9	98,9	82,4	97,7	84,0		69,3
T in stal [°C]	22,1	21,5	22,4	22,7	24,4		24,0
RV in stal [%]	74,8	75,7	70,0	75,4	65,9		69,9
Dag in de ronde	32	26	37	35	14	23	37
Periode	29-42	15-28	29-42	29-42	0-14	15-28	29-42
Aantal geplaatste dieren	29700	30400	34000	35200	34500	34500	33000
Aantal aanwezige dieren	28799	28807	26000	23397	32810	34008	21788
Gewicht dieren [g]	1650	1220	1700	1815	445	950	1728
Merk kuiken							
Debiet [m^3/uur per aanwezig dier]	1,71	1,09	1,73	4,46	0,98	0,65	4,64
CH_4 (stal) [mg/m3]					4,07	2,18	1,69
CH_4 (buiten) [mg/m3]					1,88	1,81	1,63
CH_4 emissie [mg/uur/dier]					2,15	0,25	0,30
CH_4 emissie [mg/dpl/jaar]					15479	1768	2130
N_2O (stal) [mg/m3]	0,57	0,70	0,63	0,59	0,78	0,76	0,84
N_2O (buiten) [mg/m3]	0,52	0,64	0,63	0,57	0,75	0,64	0,82
N_2O emissie [mg/uur/dier]	0,10	0,07	-0,01	0,11	0,02	0,08	0,09
N_2O emissie [mg/dpl/jaar]	697	470	-85	813	167	568	630

Bijlage 9B Broeikasgasemissies per meetronde (verse snijmaïs)

Verse snijmaissilage

Meting	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Datum	30-okt-12	10-dec-12	06-feb-13	07-aug-13	17-okt-13	29-jan-14	22-mei-14
Dag in het jaar	303	344	36	218	289	28	141
T-buiten [°C]	7,9	0,9	3,6	16,0	11,6		18,9
RV-buiten [%]	91,9	98,9	82,4	97,7	84,0		69,3
T in stal [°C]	24,4	21,5	21,2	22,6	26,0		23,9
RV in stal [%]	76,1	87,6	89,1	76,0	64,9		63,9
Dag in de ronde	32	26	37	36	14	21	41
Periode	29-42	15-28	29-42	29-42	0-14	15-28	29-42
Aantal geplaatste dieren	34000	34020	34000	35250	34500	34540	34500
Aantal aanwezige dieren	27000	33313	26000	23554	33810	33303	20290
Gewicht dieren [g]	1400	1180	1800	1815	445	852	2350
Merk kuiken							
Debiet [m^3/uur per aanwezig dier]	1,48	1,12	2,01	4,81	0,79	0,63	5,46
CH_4 (stal) [mg/m3]					3,77	2,87	1,73
CH_4 (buiten) [mg/m3]					1,88	1,81	1,63
CH_4 emissie [mg/uur/dier]					1,49	0,67	0,58
CH_4 emissie [mg/dpl/jaar]					10722	4797	4169
N_2O (stal) [mg/m3]	0,56	0,64	0,58	0,59	0,77	0,73	0,85
N_2O (buiten) [mg/m3]	0,52	0,64	0,63	0,57	0,75	0,64	0,82
N_2O emissie [mg/uur/dier]	0,07	0,00	-0,10	0,12	0,02	0,06	0,18
N_2O emissie [mg/dpl/jaar]	496	-7	-718	827	114	418	1317

Bijlage 9C Broeikasgasemissies per meetronde (houtkrullen)

Houtkrullen

Meting	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Datum	30-okt-12	10-dec-12	06-feb-13	07-aug-13	17-okt-13	29-jan-14	22-mei-14
Dag in het jaar	303	344	36	218	289	28	141
T-buiten [°C]	7,9	0,9	3,6	16,0	11,6		18,9
RV-buiten [%]	91,9	98,9	82,4	97,7	84,0		69,3
T in stal [°C]	24,4	21,5	21,2	22,6	26,0		23,9
RV in stal [%]	76,1	87,6	89,1	76,0	64,9		63,9
Dag in de ronde	32	26	37	37	16	20	37
Periode	29-42	15-28	29-42	29-42	0-14	15-28	29-42
Aantal geplaatste dieren	34000	34020	34000	35200	34500	33660	33000
Aantal aanwezige dieren	27000	33166	26000	23430	33908	32509	21333
Gewicht dieren [g]	1400	1135	1900	1815	549	853	1787
Merk kuiken							
Debiet [m^3/uur per aanwezig dier]	1,58	1,23	1,80	4,63	1,20	0,64	6,15
CH_4 (stal) [mg/m3]					2,07	2,45	1,65
CH_4 (buiten) [mg/m3]					1,88	1,81	1,63
CH_4 emissie [mg/uur/dier]					0,22	0,41	0,14
CH_4 emissie [mg/dpl/jaar]					1597	2954	999
N_2O (stal) [mg/m3]	0,56	0,67	0,62	0,62	0,78	0,74	0,80
N_2O (buiten) [mg/m3]	0,52	0,64	0,63	0,57	0,75	0,64	0,82
N_2O emissie [mg/uur/dier]	0,07	0,04	-0,02	0,23	0,03	0,06	-0,13
N_2O emissie [mg/dpl/jaar]	482	285	-133	1619	216	461	-962

Bijlage 10 Relatieve emissies van methaan en lachgas t.o.v. houtkrullen (=100) per meting

Methaanemissie uitgedrukt t.o.v. houtkrullen (= 100)

Meting	*Periode*	*Gedroogde snijmaissilage*	*Verse snijmaissilage*	*Houtkrullen (controle)*
1	29 – 42 dgn.	532	110	100
2	15 – 28 dgn.	112	-652	100
3	29 – 42 dgn.	247	70	100
4	29 – 42 dgn.	-6	102	100
5	0 – 14 dgn.	969	671	100
6	15 – 28 dgn.	60	162	100
7	29 – 42 dgn.	213	418	100

Lachgasemissie uitgedrukt t.o.v. houtkrullen (= 100)

Meting	*Periode*	*Gedroogde snijmaissilage*	*Verse snijmaissilage*	*Houtkrullen (controle)*
1	29 – 42 dgn.	145	103	100
2	15 – 28 dgn.	165	-2	100
3	29 – 42 dgn.	64	539	100
4	29 – 42 dgn.	50	51	100
5	0 – 14 dgn.	77	53	100
6	15 – 28 dgn.	123	91	100
7	29 – 42 dgn.	-65	-137	100

Bijlage 11 Overzicht van P-waarden o.b.v. gepaarde t-toets

Overzicht van de P-waarden o.b.v. gepaarde t-toets

	Ammoniak	*Geur* [2]	*PM10* [2]	*Methaan* [2]	*Lachgas* [2]
Verse snijmaissilage vs. gedroogde snijmaissilage	0,163 [2]	0,083	0,373	0,402	0,495
V+G snijmaissilage vs. houtkrullen	0,026 [1]	0,093	0,200	0,052	0,586

[1] eenzijdige toetsing; [2] tweezijdige toetsing



Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 480 10 77
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Livestock Research Rapport 845

Wageningen UR 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 UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO 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, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.