

# Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 218

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; Invloed strooiselmate-  
riaal op fijnstof- en ammoniakemissie uit  
vleeskuikenstallen

April 2009



ANIMAL SCIENCES GROUP  
WAGENINGEN UR

## Colofon

### Uitgever

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

### Redactie

Communication Services

### Aansprakelijkheid

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

### Liability

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

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

## Abstract

The influence of bedding material on fine dust and ammonia emission from broiler houses was studied. Maize silage reduced PM2.5 and ammonia emissions. No differences in emissions were found between wood shavings, rapeseed straw and chopped wheat straw.

## Keywords

Broilers, bedding material, fine dust emission, ammonia emission.

## Referaat

ISSN 1570 - 8616

## Auteur(s)

Jan van Harn  
Julio Mosquera Losada  
Andre Aarnink

## Titel:

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; Invloed strooiselmateriaal op fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen

## Samenvatting

De effecten van strooiselmateriaal op de fijn stof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen zijn onderzocht. Snijmaissilage gaf lagere PM2.5 en ammoniakemissies. Er werden geen verschillen in emissies gevonden tussen houtkrullen, koolzaadstro en tarwestro.

## Trefwoorden:

Vleeskuikens, strooiselmateriaal, fijnstofemissie, ammoniakemissie.



Rapport 218

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; Invloed strooiselmate-  
riaal op fijnstof- en ammoniakemissie uit  
vleeskuikenstallen

Measures to reduce fine dust emissions from  
poultry housings; Influence bedding material on  
dust and ammonia emission from broiler houses

Jan van Harn

Julio Mosquera Losada

Andre Aarnink

April 2009

## Voorwoord

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijn stof concentraties in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijn stof uit belangrijke bronnen terugdringen. In dit kader heeft het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit de Animal Sciences Groep van Wageningen UR verzocht om het uitwerken van een plan van aanpak voor het ontwikkelen van praktijkrijpe bedrijfsoplossingen voor het terugdringen van de fijnstofemissie uit stallen in de pluimveehouderij. Het plan van aanpak is begin 2008 gereed gekomen en beschrijft een onderzoeksprogramma waarmee op zo kort mogelijke termijn oplossingen voor de praktijk beschikbaar komen via de ontwikkeling van verschillende reductietechnieken. Eén van de genoemde richtingen betreft het beïnvloeden van de fijnstofemissie in vleeskuikenstallen door het toepassen van andere strooiselmaterialen. Hierover is nog weinig bekend.

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij onderzocht ASG het effect van een viertal strooiselmaterialen, te weten: houtkrullen, gehakseld tarwestro, gemalen koolzaadstro en snijmaïssilage op de fijn stof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. Dit onderzoek is tot stand gekomen met medewerking van de ASG-proefaccommodatie 't Spelderholt te Lelystad. Alle betrokken onderzoekers en technische medewerkers worden bedankt voor hun nauwgezette en deskundige inbreng. Dit onderzoek is uitgevoerd en gefinancierd binnen het beleidsondersteunende onderzoek (BO-05 thema 5 Luchtkwaliteit) van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Dr.ir. N.W.M. Ogink  
ASG coördinator van het onderzoek naar stofreductie in de pluimveehouderij  
Animal Sciences Groep van Wageningen UR

## Samenvatting

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijn stof concentraties in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijn stof uit belangrijke bronnen terugdringen. In dit kader is door LNV verzocht om het uitwerken van een plan van aanpak voor het ontwikkelen van praktijkrijpe bedrijfsoplossingen voor het terugdringen van de fijn stof emissie uit de pluimveehouderij.

De keuze van het strooiselmateriaal kan mogelijk de fijnstofemissie uit pluimveestallen beïnvloeden. In dit onderzoek is het effect van het gebruik van verschillende strooiselmaterialen op de productie, de ammoniakemissie en de fijn stofemissie uit vleeskuikenstallen bestudeerd.

Het onderzoek werd uitgevoerd met 36.160 Ross 308 vleeskuikens in de mechanisch geventileerde vleeskuikenstal P1 van het Praktijkcentrum 'Het Spelderholt'. Deze stal bestaat uit acht klimaatgescheiden hoofdafdelingen. Elke hoofdafdeling was onderverdeeld in 4 subafdelingen. In elke subafdeling werden 565 kuikens opgezet. Het onderzoek omvatte twee volledige productieronden van 35 dagen welke werden uitgevoerd in juli/augustus en oktober/november 2008. Voer en water waren gedurende de gehele proefperiode onbeperkt beschikbaar voor de kuikens. In dit onderzoek werden de volgende vier strooiselmaterialen onderzocht:

1. Witte houtkrullen
2. Gehakseld tarwestro
3. Gemalen koolzaadstro
4. Snijmaissilage

Uit dit onderzoek kunnen we het volgende concluderen:

1. Het gebruik van snijmaissilage als strooiselmateriaal voor vleeskuikens resulteerde in een 19% lagere PM2.5 emissie in vergelijking met houtkrullen. De PM2.5 emissie bij snijmaissilage was ten opzichte van tarwe- en koolzaadstro niet aantoonbaar verschillend.
2. Het gebruikte strooiselmateriaal had geen aantoonbaar effect op de PM10 emissie.
3. De PM2.5 concentratie was gemiddeld over de productiecycclus 4,8% van de PM10 concentratie. Dit percentage was afhankelijk van de leeftijd: naarmate de kuikens ouder werden nam dit percentage toe.
4. Het gebruik van snijmaissilage als strooiselmateriaal voor vleeskuikens resulteerde in een lagere ammoniakemissie. De ammoniakemissie bij snijmaissilage was respectievelijk 49, 58 en 53 procent lager ten opzichte van houtkrullen, tarwestro en koolzaadstro. Er waren geen verschillen in ammoniakemissie tussen houtkrullen, tarwe- en koolzaadstro.
5. Technische resultaten (groei, voerconversie en uitval) van vleeskuikens werden niet beïnvloed door het gebruikte strooiselmateriaal.
6. Bij gebruik van snijmaissilage moet de stal eerder worden opgewarmd. Dit resulteerde in extra energiekosten (+20%).

## Summary

The EU has set standards for maximum concentrations of fine dust in the ambient air. Standards were defined for dust particles smaller than 10 µm (PM10) and for particles smaller than 2.5 µm (PM2.5). A number of poultry farms in the Netherlands exceed the defined threshold values. Therefore it is necessary to develop technical measures to reduce the fine dust emission from poultry houses. The type of bedding material could also influence the fine dust emission from poultry houses; this effect, however, is still unknown. Therefore the Animal Science Group of Wageningen UR (ASG) has studied the effects of bedding material on fine dust and ammonia emissions from broiler houses and on the performance of the animals.

The study was performed in broiler house P1 of ASG from July - November 2008 and comprised two flocks with a growing period of 35 days each. This mechanically ventilated broiler house comprised eight identical climate rooms 8.3 x 16.0 m. Each room was divided into 4 pens of 28,1 m<sup>2</sup> and in each pen 565 day-old broilers were placed. At 35 days of age the broilers were delivered to the slaughter house. Feed and water were given *ad libitum* during the whole experiment. In this study the following bedding materials were compared:

1. White wood shavings
2. Chopped wheat straw
3. Ground rapeseed straw
4. Silage maize

In each climate room one bedding material was used. Within a flock/round each bedding material was replicated twice.

PM10, PM2.5 and ammonia concentrations were measured at the ventilation shaft of the exhaust air and of the incoming air. Ventilation rate was measured by anemometers with the same diameter as the ventilation shaft. Ammonia and ventilation rate were measured continuously, whereas dust concentrations were measured during 24 h at 16, 23, 30 and 33 days of age. To determine the dust concentration pattern during the day PM10 concentrations were continuously measured at 16, 23, 30 and 35 days of age. Beside these measurements also the performance results (e.g. growth rate, mortality, feed consumption, water consumption and feed conversion rate) and the dry matter content of the litter were determined.

From the results of this study the following was concluded:

1. Compared with wood shavings, silage maize had a 19% lower PM2.5 emission. The PM2.5 emission of silage maize did not differ from wheat straw and rapeseed straw.
2. Bedding material had no effect on PM10 emission.
3. PM2.5 concentration was on average 4.8% of PM10 concentration. This percentage depends on the production stage, and is increasing with the age of the animals.
4. Silage maize had an 49, 58 and 53 percent lower ammonia emission compared to wood shavings, wheat straw and rapeseed straw, respectively.
5. Bedding material had no effect on broiler performance (growth, feed conversion ratio and mortality).
6. The use of silage maize resulted in higher energy costs (+20%).

# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

Samenvatting ..... 5

Summary ..... 6

**1 Inleiding ..... 1**

**2 Materiaal en methoden ..... 3**

2.1 Materiaal ..... 3

2.1.1 Accommodatie ..... 3

2.1.2 Diermateriaal ..... 3

2.1.3 Proefbehandelingen ..... 3

2.1.4 Voer en water ..... 3

2.1.5 Verlichting ..... 4

2.1.6 Klimaat ..... 4

2.1.7 Entingen ..... 4

2.1.8 Strooisel ..... 4

2.2 Methoden ..... 5

2.2.1 Waarneming ..... 5

2.2.2 Statistische analyse ..... 8

**3 Resultaten en discussie ..... 9**

3.1 Algemeen ..... 9

3.2 Fijnstof- en ammoniakemissiemetingen ..... 9

3.2.1 Stof ..... 9

3.2.2 Ammoniak ..... 12

3.3 Energieverbruik ..... 13

3.4 Productieresultaten ..... 14

3.5 Drogestofgehalte strooisel ..... 14

**4 Conclusies ..... 16**

**5 Aanbevelingen ..... 17**

**6 Literatuur ..... 18**

**Bijlagen ..... 19**

Bijlage 1 Temperatuurverloop per afdeling – ronde 1 ..... 19

Bijlage 2 Temperatuurverloop per afdeling – ronde 2 ..... 20

Bijlage 3 Verloop relatieve luchtvochtigheid per afdeling – ronde 1 ..... 21

Bijlage 4 Verloop relatieve luchtvochtigheid per afdeling – ronde 2 ..... 22

Bijlage 5 Werkinstructie 'Visuele beoordeling en bemonstering van pluimveemest/strooisel' ..... 23

Bijlage 6 Stofconcentraties – ronde 1 ..... 25

Bijlage 7 Stofconcentraties – ronde 2 ..... 26

Bijlage 8 Stofemissies – ronde 1 ..... 27

Bijlage 9	Stofemissies – ronde 2 .....	28
Bijlage 10	Ventilatiedebiet per afdeling – ronde 1 .....	29
Bijlage 11	Ventilatiedebiet per afdeling – ronde 2 .....	30
Bijlage 12	Verloop ammoniakconcentratie – ronde 1 .....	31
Bijlage 13	Verloop ammoniakconcentratie – ronde 2 .....	32
Bijlage 14	Ammoniakemissie per afdeling – ronde 1 .....	33
Bijlage 15	Ammoniakemissie per afdeling – ronde 2 .....	34



## 1 Inleiding

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstofconcentraties<sup>1</sup> in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijn stof uit belangrijke bronnen terugdringen. In dit kader heeft LNV verzocht om het uitwerken van een plan van aanpak voor het ontwikkelen van praktijkrijpe bedrijfsoplossingen voor het terugdringen van de fijnstofemissie uit de pluimveehouderij. Een belangrijk uitgangspunt daarbij is dat zoveel mogelijk effectieve en praktijkrijpe maatregelen vóór 2010 gereed moeten zijn.

Men gebruikt in Nederland houtkrullen en (gehakseld) tarwestro het meest gebruik als strooiselmateriaal in vleeskuikenstallen. Tarwestro wordt vooral in akkerbouwgebieden gebruikt, daarbuiten meestal (witte) houtkrullen. Naast deze strooiselmaterialen worden er vrijwel geen andere strooiselmaterialen gebruikt. Tarwestro wordt vrijwel altijd gehakseld. Reden hiervoor is dat gehakseld tarwestro meer vocht opneemt dan ongehakseld stro. Daarnaast is het bij gebruik van relatief lange stengels / stukken moeilijk een egaal bed aan te brengen, waardoor het lastig is voor m.n. jonge kuikens zich hierop voort te bewegen. Belangrijke functies van strooisel zijn:

- Het absorberen van vocht
- Het verdunnen van excreta / mest, hierdoor wordt de kans op direct contact dier – mest sterk verminderd
- Het bieden van isolatie (koude vloer)
- Het bieden van mogelijkheden tot het uitoefenen van specifieke gedragingen (bijv. stofbaden)

Goed strooisel kan omschreven worden als een materiaal dat veel vocht opneemt, het moet zacht en los zijn, het mag niet gemakkelijk samenklitten of een korst vormen, het moet goedkoop zijn en ruim beschikbaar. Daarnaast moet het strooisel natuurlijk 'schoon' zijn, d.w.z. vrij van schadelijke stoffen (pesticiden, toxische stoffen e.d.). Houtkrullen is een geschikt strooiselmateriaal dat veel vocht opneemt, ruim beschikbaar en relatief goedkoop is. De laatste paar jaar is er een toename van het gebruik van hout(afval) als brandstof, hierdoor is de houtkrullen / houtvezelmarkt onder druk komen te staan en is de prijs van houtkrullen gestegen en is de beschikbaarheid afgenomen. De vleeskuikensector is dus naarstig op zoek naar alternatieve strooiselmaterialen. Stro is een goedkoop strooiselmateriaal dat voldoende beschikbaar is. De vochtabsorptie is afhankelijk van de strosoort en de lengte van het stro. Tarwestro neemt meer vocht op dan gerstestro. De vochtabsorptie van tarwestro is echter minder dan die van houtkrullen waardoor de kans op nat strooisel en het optreden van voetzoollaesies groter is; met het oog op de EU-welzijnsrichtlijn voor vleeskuikens is dit niet wenselijk. Immers om te mogen produceren bij een maximale bezettingsdichtheid van 42 kg/m<sup>2</sup> zullen naast de uitvaleis (deze moet gedurende zeven opeenvolgende ronden kleiner zijn dan: {1% + 0,06 x productieduur in dagen}) zeer waarschijnlijk ook eisen gesteld gaan worden aan het maximale aantal voetzoollaesies. Indien de uitval of het aantal voetzoollaesies een bepaalde drempel overschrijdt, dan is een bedrijf genoodzaakt maatregelen te nemen anders dient het aantal dieren per vierkante meter te worden verlaagd. Een bedrijf is er dus bij gebaat dat het aantal voetzoollaesies beneden deze drempelwaarde blijft. Aangezien strooisel één van de belangrijkste factoren is bij het optreden van voetzoollaesies is de sector gebaat bij strooiselmaterialen die minder voetzoollaesies geven.

Over de invloed van het gebruikte strooiselmateriaal op de fijnstofemissie uit vleeskuikenstallen is nog niet veel bekend, maar dat er verschillen zijn tussen verschillende strooiselmaterialen moge duidelijk zijn. Denk hierbij alleen maar aan het al of niet zeven (uitvangen van de fijne delen) van houtkrullen. Het inbrengen van 'ongezeefde' houtkrullen geeft veel meer stof dan bij gezeefde houtkrullen. Daarnaast leent het ene strooiselmateriaal zich meer voor het uitoefenen van 'stofbaden' dan het andere strooiselmateriaal. Meer stofbaden betekend meer stofvorming in de stal.

In dit rapport wordt het effect van een viertal strooiselmaterialen, te weten: houtkrullen, gehakseld tarwestro, gemalen koolzaadstro en snijmaissilage op de productieresultaten van vleeskuikens en de fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen beschreven. Het dient vermeld te worden dat de keuze van deze strooiselmaterialen in overleg met de Nederlandse vleeskuikensector is gedaan en dat deze slechts deels werd ingegeven door het (eventueel) stofreducerend effect van het strooiselmateriaal. Belangrijker bij de keuze waren de geschiktheid, de beschikbaarheid en de prijs van het strooiselmateriaal.

---

<sup>1</sup> Fijnstof is stof dat voor het merendeel bestaat uit deeltjes met een aërodynamische diameter kleiner dan 10 µm. Dit stof wordt aangeduid als PM10. De aërodynamische diameter van een deeltje is de diameter van een bolvormig deeltje met een dichtheid van 1 kg/dm<sup>3</sup> dat dezelfde valsnelheid heeft als het betreffende deeltje. Kleinere fracties, zoals PM2,5 (deeltjes kleiner dan 2,5 µm) zijn ook onderdeel van het fijnstof.

**Doelstelling(en) van dit onderzoek**

Doel van dit onderzoek was het bepalen van het effect van verschillende strooiselmaterialen op de fijn stof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen en de productieresultaten van vleeskuikens.

Daarnaast werd ook het effect van deze strooiselmaterialen op slachtrendementen, strooiselkwaliteit en uitwendige kuikenskwaliteit bestudeerd. De effecten op deze parameters worden beschreven in een ander ASG-rapport dat in de zomer van 2009 zal verschijnen (Van Harn e.a., 2009).

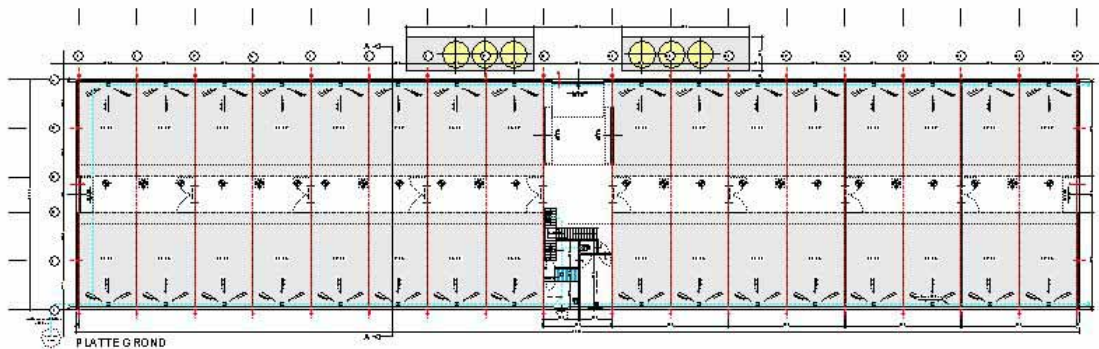
## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Materiaal

#### 2.1.1 Accommodatie

Het onderzoek werd uitgevoerd in de mechanisch geventileerde donkerstal P1 van het Praktijkcentrum Het Spelderholt te Lelystad. Deze stal bestaat uit acht klimaatgescheiden hoofdafdelingen. Elke hoofdafdeling was onderverdeeld in een centrale gang (2,6 m breed) met aan weerszijden twee subafdelingen van 28,1 m<sup>2</sup> (4,1 x 6,8 m). Iedere subafdeling was voorzien van één voerlijn met 7 voerpannen (Minimax van Roxell) en 2 drinklijnen met in totaal 45 nippels met opvangschoteltjes (merk: Ziggity). De afdelingen werden verwarmd door middel van centrale verwarming via plaatradiatoren die aan de zijmuren onder de luchtinlaten zijn gemonteerd. De luchtinlaat werd per hoofdafdeling geregeld via 12 inlaatkantelkleppen (Tulderhof), zes aan weerszijden van de stal. De ventilatie gebeurde op basis van temperatuur/stalklimaat met drie ventilatoren per hoofdafdeling. Voor de verlichting werd gebruik gemaakt van hoogfrequente TL.

**Figuur 1** Schematische weergave van stal P1 van Praktijkcentrum Het Spelderholt te Lelystad



#### 2.1.2 Diermateriaal

Het onderzoek werd uitgevoerd met in totaal 36.160 Ross 308 vleeskuikens en omvatte twee volledige mestronden van 35 dagen. Per ronde werden 18.080 vleeskuikens van eenzelfde herkomst opgezet. Per subafdeling werden 565 kuikens opgezet (gemengde opzet), d.i. 2260 kuikens per hoofdafdeling. De eendagskuikens werden geleverd door Probroed en Sloot te Groenlo. De gehanteerde bezetting was 20 kuikens/m<sup>2</sup>. De kuikens werden afgeleverd op een leeftijd van 35 dagen (ca. 2050-2100 gram).

#### 2.1.3 Proefbehandelingen

In dit onderzoek werden vier strooiselmaterialen met elkaar vergeleken, te weten: witte houtkrullen, gehakseld tarwestro, gemalen koolzaadstro en snijmaissilage.

#### 2.1.4 Voer en water

Het voer en water werden gedurende de gehele proefperiode onbeperkt aangeboden. Er is een standaard 3-fasenvoeding toegepast. Het voer werd geproduceerd en geleverd door ForFarmers te Lochem.

### 2.1.5 Verlichting

De vleeskuikens kregen de eerste 2 dagen continu licht (24L:0D). Daarna werd in alle afdelingen een dag/nachtschema gehanteerd van 18 uur licht en 6 uur donker (18L:6D). De lichtsterkte werd in alle afdelingen ingesteld op 20 lux. Deze lichtintensiteit werd gedurende de gehele mestperiode gehandhaafd.

### 2.1.6 Klimaat

De hoofdafdelingen met houtkrullen, gehakseld tarwestro en gemalen koolzaadstro werden twee dagen voor plaatsing van de kuikens opgewarmd tot 25 °C. Vervolgens werd op dag -1 het strooisel ingebracht en werd de afdeling verder opgewarmd tot 33 °C. De temperatuur bij opzet van de kuikens (dag 0) bedroeg 33 °C en deze temperatuur werd geleidelijk afgebouwd naar 20 °C (Tabel 1).

**Tabel 1** Temperatuurinstelling (in °C) bij de afdelingen met houtkrullen, gehakseld tarwestro en gemalen koolzaadstro (overige afdelingen) en de afdelingen met snijmaissilage

Leeftijd (dagen)	Overige afdelingen	Snijmaissilage afdelingen
-4	-	25
-3	-	30
-2	25	30
-1	33	33
0	33	33
7	28	28
14	25	25
21	22	22
35	20	20
42	19	19

Snijmaissilage is een vochtig product (35 – 40% drogestof). Het extra vocht dat in de stal wordt gebracht moet er vóór opzet van de dieren uit. Dit gebeurt door verwarmen en ventileren van de stal. Bij onvoldoende ventilatie en verwarming vóór opzet zal het strooisel snel dichtslaan, wat niet wenselijk is. Om deze reden werd in de hoofdafdelingen met snijmaissilage vier dagen voor plaatsing van de kuikens begonnen met opwarmen. Op dag -3 werd de snijmaïs ingebracht, waarna de afdelingen verder werd opgewarmd tot 30 °C. Na het instrooien van de snijmaïs werd met behulp van steunventilatoren gezorgd voor extra recirculatie om zo het drogingproces van de snijmaïs te versnellen. Het vrijkomende vocht werd via ventilatie afgevoerd. Daags voor opzet van de kuikens wordt de stal verder opgewarmd tot 33 °C, waarna de temperatuur conform de overige afdelingen werd afgebouwd naar 20 °C op 35 dagen (tabel 1).

### 2.1.7 Entingen

De kuikens zijn op de broederij gevaccineerd tegen Infectieuze Bronchitis, waarna ze op 14 en 21 dagen werden gevaccineerd tegen respectievelijk Newcastle Disease en Gumboro.

### 2.1.8 Strooisel

In dit onderzoek zijn de volgende vier strooiselmaterialen vergeleken:

1. Witte houtkrullen (1,5 kg /m<sup>2</sup>)
2. Gehakseld tarwestro 3-5 cm (1,875 kg/m<sup>2</sup>)
3. Gemalen koolzaadstro 0,5-5 cm (1,5 kg/m<sup>2</sup>)
4. Snijmaissilage (2,0 kg/m<sup>2</sup>)

Het strooisel werd, met uitzondering van de snijmaissilage, één dag voor plaatsing van de kuikens ingestrooid. De snijmaissilage werd 3 dagen voor plaatsing van de kuikens ingebracht. Elk strooiselmateriaal werd bij twee hoeveelheden/diktes onderzocht. De verdeling was zodanig dat binnen een hoofdafdeling beide hoeveelheden van

een strooiselmateriaal even vaak voorkwamen. De vermelde hoeveelheid strooisel was het gemiddelde van de twee onderzochte hoeveelheden.

## 2.2 Methoden

### 2.2.1 Waarneming

#### Fijnstof en ammoniak

##### Stofconcentratiemetingen

Voor de bepaling van de PM10 en PM2.5 emissies werd op 16, 23, 30 en 33 dagen leeftijd van de kuikens gedurende 24 uur de fijnstofconcentraties (PM2.5 en PM10) van de in- en uitgaande stallucht van alle afdelingen bepaald. De stofconcentraties in de uitgaande stallucht werden gemeten bij de ventilator die continue draaide, op ca. 0,5 m afstand vanaf de instroomring van de ventilatorkoker in het horizontale vlak en op ongeveer 0,10 m onder de instroomring in het verticale vlak. Buiten de stal, bij de inlaat, werden cyclonen voor PM10 en PM2,5 geplaatst om achtergrondconcentraties te meten.

**Figuur 2** Meetopstelling voor PM10 en PM2.5 stof concentratiemeting. Links: Meetopstelling op locatie. Rechtsboven: inlaat, de PM10 en PM2.5 cyclonen en de filterhouder (van links naar rechts). Rechtsonder: constructie van de inlaat



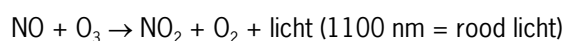
De concentratie fijn stof werd gemeten door een bekende hoeveelheid lucht met een vaste luchtsnelheid door specifieke monsternametekoppen te zuigen. In de monsternametekoppen bevonden zich voorafsciederders om de grotere stofdeeltjes te scheiden van de gevraagde stoffracties (PM10 of PM 2,5). Voor beide stoffracties werden cyclonen (URG corp., VS) gebruikt als voorafscieder. De uitvoering van de inlaat was daarbij gelijk aan die beschreven is in de normen voor de buitenlucht. Het stof dat na voorafscieding uiteindelijk overbleef werd op een filter verzameld. De filters werden voor en na de metingen gewogen onder standaard condities: temperatuur  $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  en  $50\% \pm 5\%$  relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarde staat beschreven in NEN-EN 14907

(2005). Het verschil in gewicht voor en na de metingen werd gebruikt om de verzamelde hoeveelheid stof te bepalen. Voor een uitvoerige beschrijving van het stofmeetprotocol, de achtergronden en de stofmeetapparatuur wordt verwezen naar Hofschreuder et al. (2008).

Voor de metingen werd gebruik gemaakt van pompen van het type Charlie HV (roterend 6 m<sup>3</sup>/uur; Ravebo Supply b.v., Brielle). Deze 'constant flow' pompen regelen het debiet automatisch in op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternametekop. Het debiet van deze pompen blijft ook constant bij toename van de drukval over het filter. Hierdoor werd een stabiele luchtstroom verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op een flow van 1.0 m<sup>3</sup>/uur en op een start- en eindtijd van de monsternameterperiode. De werkelijke hoeveelheid lucht die bij de monsternameterpunten werd aangezogen werd met een gasmeter gemeten en omgerekend naar standaard condities (1 atmosfeer, 0° C).

#### *Ammoniakmetingen*

De ammoniakconcentratie werd semicontinue gemeten met behulp van een NO<sub>x</sub>-monitor (model ML8840, Monitor Labs, Englewood, VS). Deze methode is uitgebreid beschreven in Van Ouwerkerk (1993) en Mosquera *et al.* (2002). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentiereactie tussen ozon (O<sub>3</sub>) en stikstofmonoxide (NO). Bij deze reactie komt stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>), zuurstof (O<sub>2</sub>) en licht vrij. De stroom lichtdeeltjes is evenredig met de NO-concentratie van de aangezogen lucht:



Om ammoniak (NH<sub>3</sub>) te kunnen meten moet het eerst door een converter worden omgezet tot NO. In de converter wordt de lucht verhit tot circa 775°C. Bij deze temperatuur wordt NH<sub>3</sub> aan een roestvrijstalen katalysator geoxideerd tot NO. Het gevormde stabiele NO werd met een pomp door polyethyleen slangen naar de monitor gezogen en gemeten. De luchtmonsters worden continu via verwarmde en geïsoleerde teflon slangen aangezogen. NH<sub>3</sub> adsorbeert namelijk makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor metingen kunnen worden verstoord. De monitor werd wekelijks gekalibreerd en de lucht bemonsterd in de koker met de ventilator die continu draaide. Tevens werd de achtergrondconcentratie gemeten van de inkomende lucht. De gemeten NH<sub>3</sub>-concentratie in ppm werd met een factor 0,71 (bij 20 °C en 1 atm.) omgerekend naar mg NH<sub>3</sub> per m<sup>3</sup> lucht (Weast et al., 1986).

#### *Debietmetingen*

Het ventilatiedebiet (in m<sup>3</sup>/uur) van de uitgaande stallucht werd bepaald via de uitgelezen pulsen van de meetventilatoren in de drie ventilatorkokers (Fanco).

#### *Berekening van emissies*

Emissies werden berekend door het ventilatiedebiet te vermenigvuldigen met de concentratie van de uitgaande lucht gecorrigeerd voor die van de ingaande lucht volgens onderstaande formule:

$$\text{Emissie} = (C_{\text{uitlaat}} - C_{\text{inlaat}}) \times Q$$

Met: C<sub>uitlaat</sub> = concentratie in de uitgaande stallucht, C<sub>inlaat</sub> = concentratie in de ingaande lucht en Q = het ventilatiedebiet (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>).

Bij de berekening van de PM2.5-, PM10- en ammoniakemissie per dierplaats per jaar berekend werd uitgegaan van een leegstand van 19%.

#### *Staltemperatuur en relatieve luchtvochtigheid*

De staltemperatuur (°C) en de relatieve luchtvochtigheid (%) werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromer®). De nauwkeurigheid van deze sensoren was resp. ± 1,0 °C en ± 2%. De gegevens werden met behulp van een datalogger geregistreerd. In bijlagen 1 en 2 worden de gerealiseerde temperaturen per afdeling voor beide ronden weergegeven. In bijlagen 3 en 4 worden de gerealiseerde luchtvochtigheden per afdeling voor beide ronden weergegeven.

#### **Energieverbruik**

In elke hoofdafdeling was een elektronische warmtemeter (type Elster F2) geïnstalleerd. Hierdoor was het mogelijk het warmteverbruik (in MWh) benodigd voor de verwarming per hoofdafdeling te registreren. Via de onderstaande formule werd dit warmteverbruik omgerekend naar m<sup>3</sup> aardgas, waarna de stookkosten konden worden berekend.

$m^3 \text{ aardgas} = [\text{warmteverbruik (in MWh)} / 0,008779] / \text{kettelrendement}$

#### *Uitgangspunten*

Energie-inhoud aardgas: 31,65 MJ/m<sup>3</sup> (Bron: Wikipedia)

1 m<sup>3</sup> gas = 0,008779 MWh of 8,779 kWh → 1MWh = 113,9080 m<sup>3</sup> gas

Rendement ketel: 85%

Op basis van het berekende gas-/energieverbruik konden de verwarmingskosten worden berekend. Voor het berekenen van de verwarmingskosten werd uitgegaan van een gasprijs van € 0,60 /m<sup>3</sup>.

### **Productie- en welzijnsparameters**

#### *Diergewichten*

De kuikens werden bij aankomst en bij aflevering gewogen ter vaststelling van het begin- en eindgewicht. De wegingen bij aankomst en aflevering waren groepswegingen waarbij alle kuikens werden gewogen.

#### *Voer- en waterverbruik*

Het voer- en waterverbruik is dagelijks geregistreerd. Na aflevering van de kuikens werd per afdeling het resterende voer in het voersysteem en de voerhopper gewogen, zodat het voerverbruik exact kon worden vastgesteld. Bij het uitrekenen van de voederconversie is gecorrigeerd voor de voeropname van de uitgevallen dieren.

#### *Uitval*

De uitval werd dagelijks genoteerd.

Op basis van de bovenstaande parameters werden onder andere de volgende productieresultaten berekend:

- Groei  
De dagelijkse groei werd berekend als het quotiënt van de deling van het gemiddelde gewicht minus het begingewicht (beiden in grammen) gedeeld door de periodelengte (in dagen).
- Voerconversie  
De voerconversie werd berekend als het quotiënt van de deling van de totale hoeveelheid verstrekt voer door het totale gewicht van de aanwezige/afgeleverde vleeskuikens. Hierbij werd gecorrigeerd voor de voeropname van de uitgevallen dieren.
- Uitvalpercentage  
Het uitvalpercentage werd als volgt berekend:  
Uitval % = (Aantal uitgevallen kuikens / Aantal opgezette kuikens) x 100
- Productiegetal  
Het productiegetal is een maatstaf voor de technische resultaten van het bedrijf. Voor de berekening van het productiegetal wordt gebruikt gemaakt van de volgende technische parameters:
  - dagelijkse groei
  - voerconversie
  - uitval
 De formule voor het productiegetal is zo opgesteld dat (financieel) gunstige resultaten van de parameters groei, voerconversie en uitval de waarde van het productiegetal doen stijgen. D.w.z. een hogere daggroei en/of een lagere voerconversie en/of een lagere uitval doen het productiegetal stijgen. Het productiegetal wordt als volgt berekend:  
Productiegetal = ((100 – uitvalpercentage) x daggroei in grammen) / (voerconversie x 10)

### **Strooiselkwaliteit**

Wekelijks werd, conform werkinstructie “Visuele beoordeling en bemonstering van pluimveemest / strooisel” (bijlage 5), per subafdeling een strooiselmonster genomen ter vaststelling van het drogestofgehalte van het strooisel. De strooiselmonsters (± 500 gram) werden gedurende 24 uur gedroogd in een droogstoof bij 105 °C.

## 2.2.2 Statistische analyse

### Fijnstof en ammoniak

De verkregen emissieresultaten van stof en ammoniak zijn statistisch geanalyseerd met een longitudinaal model, vanwege de herhaalde waarnemingen (in de tijd) aan iedere afdeling. De gebruikte modellen voor de stof- en ammoniakemissies worden hieronder weergegeven. De behandelingseffecten van de strooiselmaterialen zijn getoetst met behulp van benaderde F-toetsen gebruikmakend van de REML-procedure binnen Genstat. Verschillen tussen behandelingen (strooiselmaterialen) werden significant beschouwd bij  $P < 0,05$ .

#### Model stofemissie

$$\text{LOG}(\underline{Y}_{ijkl}) = \alpha_i + \theta_j + (\alpha\theta)_{ij} + \underline{\varepsilon}_l + \underline{\varepsilon}_{ijkl}$$

#### Met:

$\text{LOG}(\underline{Y}_{ijklm})$  = Stofemissie (pm10 of pm2.5) van meting  $k$  van strooiselmateriaal  $i$  op tijdstip  $j$  in afdeling  $l$

$\alpha_i$  Effect van strooiselmateriaal  $i$ ;  $1 = \text{Houtkrullen}$ ;  $2 = \text{Tarwestro}$ ,  $3 = \text{Koolzaadstro}$ ,  $4 = \text{Snijmaissilage}$

Effect ronde

$\theta_j$  Effect van tijdstip  $j$ ; (*resp. dag 16, 23, 30 en 33*)

$(\alpha\theta)_{ij}$  interactie-effect

$\underline{\varepsilon}_l \sim N(0, \sigma_l^2)$  Random afdelingseffecten

$\underline{\varepsilon}_{ijkl} \sim N(0; \sum \tau_j, \phi_k^t)$  Random dageffecten gecorreleerd binnen afdeling (autoregressie, waarbij de correlatie afhankelijk is van het tijdsinterval  $t$  tussen 2 metingen), grootte variatie verschillend per meetweek.

#### Model NH3-emissie

$$\text{LN}(\underline{Y}_{ijkl}) = \beta_{0i} + \beta_{1i} * \text{LN}(\text{Dagnr})_j + \underline{\varepsilon}_{lj} + \underline{\varepsilon}_{ijkl}$$

#### Met:

$\text{LN}(\underline{Y}_{ijklm})$  = NH3-emissie van meting  $k$  van strooiselmateriaal  $i$  op tijdstip  $j$  in afdeling  $l$

$\beta_{0i}$  Effect van strooiselmateriaal  $i$  op het intercept (startniveau);  $1 = \text{Houtkrullen}$ ;  $2 = \text{Tarwestro}$ ,  $3 = \text{Koolzaadstro}$ ,  $4 = \text{Snijmaissilage}$

Effect ronde

$\beta_{1i}$  effect van behandeling  $i$  op de stijging per dag.

*Dagnr*: Dagnummer in de ronde

$\underline{\varepsilon}_{lj} \sim \text{SPLINE}(0, \sigma_{lj}^2)$  Globaal (dus los van behandeling) niet-lineaire trend in de tijd

$\underline{\varepsilon}_{ijkl} \sim N(0; \sigma_{ijkl}^2, \phi_k)$  Random dageffecten gecorreleerd binnen afdeling (autoregressie)

### Productieresultaten en strooiselkwaliteit

De verkregen productieresultaten zijn geanalyseerd met behulp van een variantie-analyse model met ronde en binnen ronde hoofdafdeling als blok en strooiselmateriaal als verklarende variabele. De verkregen drogestofgehalten van het strooisel zijn geanalyseerd met behulp van een variantie-analyse model met ronde en binnen ronde hoofdafdeling en binnen hoofdafdeling dagnummer als blok en strooiselmateriaal als verklarende variabele. Ook deze beide analyses werden uitgevoerd met het statistische pakket Genstat™. Verschillen werden significant beschouwd bij een P-waarde  $< 0,05$ .

### Energieverbruik

De verkregen energieverbruikcijfers zijn geanalyseerd met behulp van een variantie-analyse model met strooiselmateriaal als verklarende variabele. Ook deze analyse werd uitgevoerd met het statistische pakket Genstat™. Verschillen werden significant beschouwd bij een P-waarde  $< 0,05$ .



### 3 Resultaten en discussie

#### 3.1 Algemeen

Het gemiddelde aflevergewicht, de voerconversie en de uitval van de kuikens op 35 dagen waren respectievelijk: 2070 gram, 1,60 en 2,6%. Vergeleken met de gemiddelde integratie resultaten (tabel 2) zijn deze resultaten goed te noemen.

**Tabel 2** Gemiddeld behaald technische resultaat ten opzichte van integratiegemiddelde

	Dit onderzoek	Integratiegemiddelde	Top 25 integratie
Slachtleeftijd (dgn.)	35	40,0	40,4
Aflevergewicht (g)	2070	2173	2307
Groei per dag (g)	58,0	54,7	57,3
Uitval (%)	2,6	3,6	3,6
Voerconversie	1,599	1,750	1,694
VC 1500g <sup>1</sup>	1,371	1,475	1,370
Productiegetal	354	302	326

<sup>1</sup> 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))

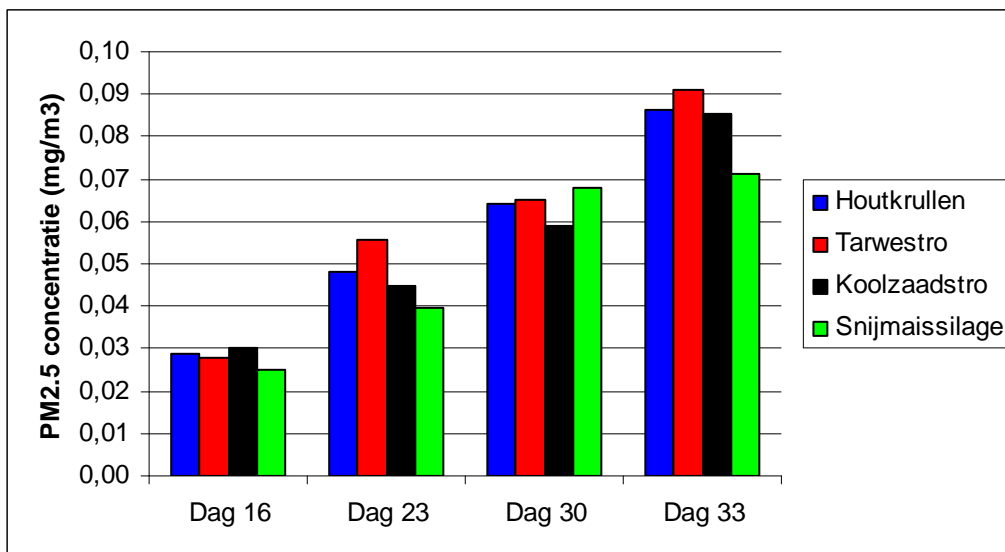
#### 3.2 Fijnstof- en ammoniakemissiemetingen

##### 3.2.1 Stof

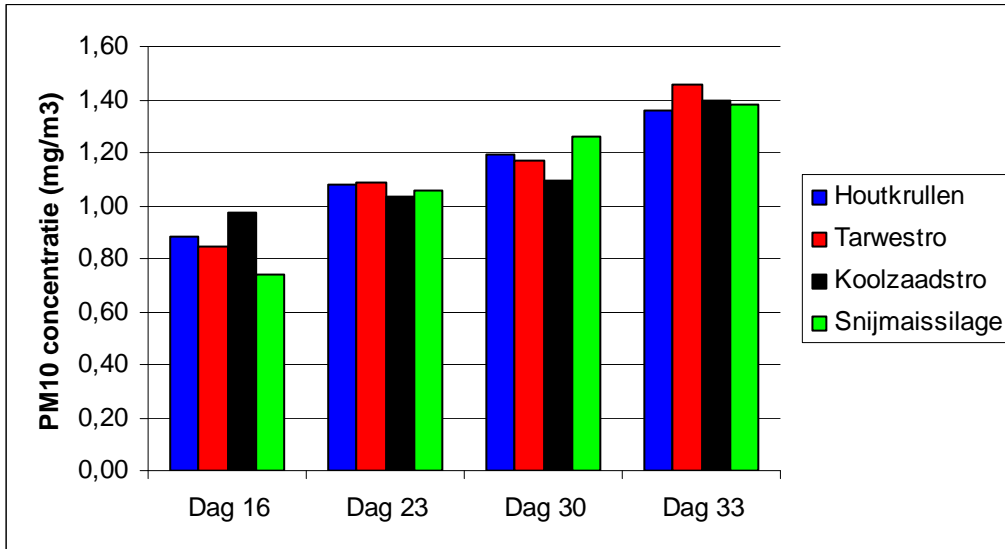
In figuren 3 en 4 worden respectievelijk de PM2.5 en PM10 concentraties weergegeven op de verschillende meetdagen. In bijlagen 6 t/m 9 worden de gemeten fijn stof concentraties en emissies per afdeling voor beide ronden grafisch weergegeven.

Gemiddeld bedroegen de PM2.5 en PM10 concentraties 0,06 en 1,13 mg/m<sup>3</sup>. Zowel de PM2.5 als de PM10 concentratie nam toe met de leeftijd van de kuikens. De gemiddelde PM2.5 concentratie op 16, 23, 30 en 33 dagen leeftijd was respectievelijk 0,03, 0,05, 0,06 en 0,08 mg/m<sup>3</sup>. Voor PM10 was dit 0,86, 1,06, 1,18 en 1,40 mg/m<sup>3</sup>. De PM2.5 concentratie in de afdelingen met snijmaissilage was op alle meetdagen, met uitzondering van dag 30, lager. Het effect van het strooiselmateriaal op de PM10 concentratie was niet echt eenduidig (figuur 4).

**Figuur 3** PM2.5 concentratie per strooiselmateriaal op 16, 23, 30 en 33 dagen

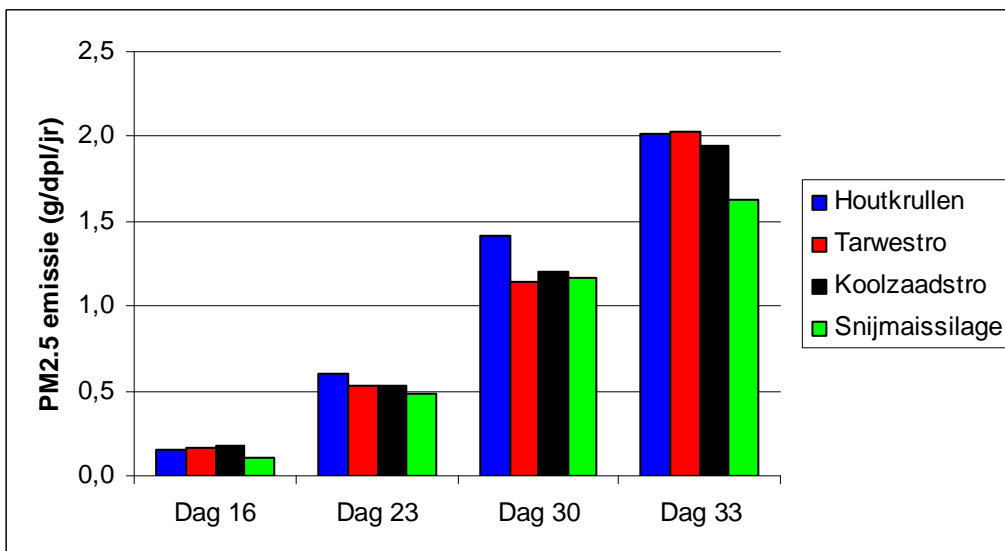


**Figuur 4** PM10 concentratie per strooiselmateriaal op 16, 23, 30 en 33 dagen

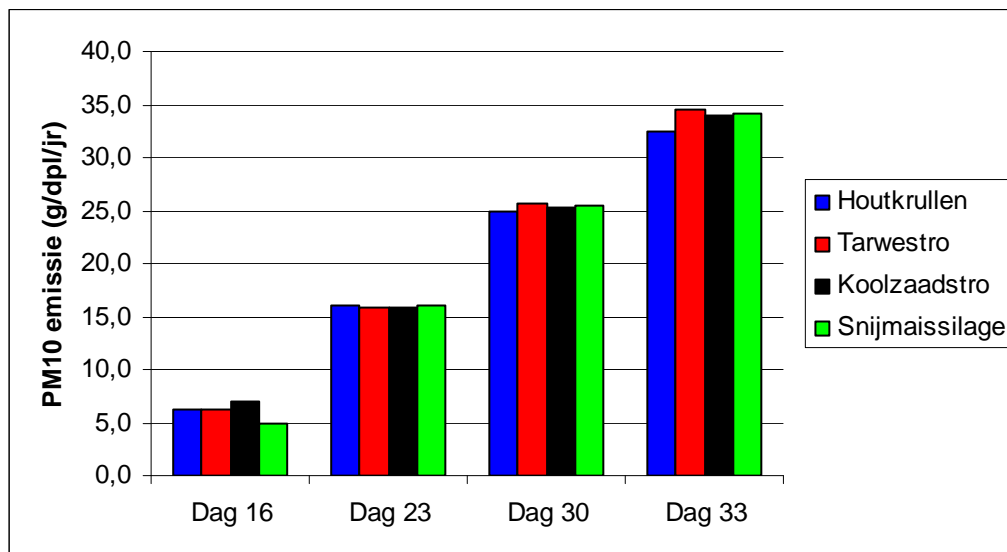


In figuren 5 en 6 zijn de emissies van PM2.5 en PM10 op 16, 23, 30 en 33 dagen weergegeven voor de verschillende strooiselmaterialen. Deze figuren laten een sterke toename zien van zowel de PM2.5 als de PM10 emissie gedurende de groeiperiode. Op dag 16 was de PM10 emissie uit de afdelingen met snijmaissilage aantoonbaar lager. Op de overige meetdagen waren er geen aantoonbare verschillen in de PM10 emissie tussen de verschillende strooiselmaterialen. De PM2.5 emissie uit de afdelingen met snijmaissilage was op alle meetdagen aantoonbaar lager in vergelijking met de afdelingen met houtkrullen. De PM2.5 emissie uit de afdelingen met tarwe- of koolzaadstro verschilde niet aantoonbaar met de emissie uit zowel de afdelingen met houtkrullen als die met snijmaissilage als strooiselmateriaal.

**Figuur 5** PM2.5 emissie per strooiselmateriaal op 16, 23, 30 en 33 dagen



**Figuur 6** PM10 emissie per strooiselmateriaal op 16, 23, 30 en 33 dagen



In tabel 3 wordt de gemiddelde PM2.5 en PM10 emissie vermeld. Uit deze tabel blijkt dat de PM2.5 emissie bij snijmaissilage significant lager was dan die bij houtkrullen. De PM2.5 emissie uit de afdelingen met snijmaissilage verschilde niet aantoonbaar met die van tarwestro en koolzaadstro. De PM2.5 emissie van de afdelingen met tarwestro en koolzaadstro verschilde niet met die van houtkrullen. Er werden geen verschillen gevonden in PM10 emissie tussen de verschillende strooiselmaterialen.

**Tabel 3** Fijnstofconcentraties en –emissies (PM2.5 en PM10) per strooiselmateriaal

	Houtkrullen	Tarwestro	Koolzaadstro	Snijmaissilage	
Gemiddelde waarden					
<i>Emissie</i> <sup>1</sup>					
PM2.5 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ]	1,05 (100)	0,98 (93)	0,97 (92)	0,85 (81)	
PM10 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ]	20,26 (100)	20,61 (102)	20,49 (101)	20,97 (104)	
Modelschatting op Ln-schaal en teruggetransformeerd op oorspronkelijke schaal					S.E.D.
<i>Emissie (logschaal)</i>					
Ln(PM2.5 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ])	-0,339 <sup>a</sup>	-0,402 <sup>ab</sup>	-0,406 <sup>ab</sup>	-0,571 <sup>b</sup>	0,070
Ln(PM10 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ])	2,834	2,821	2,837	2,785	0,056
<i>Emissie (oorspr. schaal)</i> <sup>2</sup>					
PM2.5 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ]	0,71 (100)	0,67 (94)	0,67 (94)	0,56 (79)	
PM10 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ]	17,01 (100)	16,79 (99)	17,06 (100)	16,20 (95)	

Verschillende letters geven significante verschillen aan (P<0,05)

Tussen () wordt PM2.5 en PM10 emissie uitgedrukt in percentage ten opzichte van houtkrullen

<sup>1</sup> Rekenkundig gemiddelde

<sup>2</sup> Terug getransformeerd gemiddelde naar oorspronkelijke schaal (mediaan)

Gemiddeld bedroeg de PM2.5 concentratie 4,8% van de PM10 concentratie. Opmerkelijk was de verschuiving in de verhouding tussen PM2.5 en PM10 naarmate de kuikens ouder werden. Op dag 16 bedroeg de PM2.5 concentratie 3,3% van de PM10 concentratie, op dag 23, 30 en 33 was dit respectievelijk 4,4%, 5,4% en 6,0% (tabel 4). Het strooiselmateriaal lijkt ook invloed te hebben op de verhouding tussen PM2.5 en PM10 concentratie. De verhouding was bij tarwestro het hoogst (5,1%) en bij snijmaissilage het laagst (4,4%).

**Tabel 4** PM2.5 concentratie uitgedrukt in percentage van de PM10 concentratie op de verschillende meetdagen bij de verschillende strooiselmaterialen

Dagnummer	Houtkrullen	Tarwestro	Koolzaadstro	Snijmaissilage	Gem.
Dag 16	3,3	3,3	3,1	3,4	<b>3,3</b>
Dag 23	4,4	5,1	4,3	3,7	<b>4,4</b>
Dag 30	5,4	5,6	5,4	5,4	<b>5,4</b>
Dag 33	6,3	6,3	6,1	5,2	<b>6,0</b>
<b>Gemiddeld</b>	<b>4,9</b>	<b>5,1</b>	<b>4,7</b>	<b>4,4</b>	<b>4,8</b>

### 3.2.2 Ammoniak

In tabel 5 staan het gemiddelde ventilatiedebiet, de gemiddelde ammoniakconcentraties en –emissies bij de verschillende strooiselmaterialen. Daarnaast wordt in deze tabel het model intercept (startniveau), de modelstijging en de voorspelde ammoniakemissie op basis van het model per strooiselmateriaal weergegeven. In bijlagen 10 t/m 15 zijn respectievelijk de gemeten ventilatiedebieten, ammoniakconcentraties en ammoniakemissies per afdeling voor beide ronden grafisch weergegeven.

**Tabel 5** Gemiddeld ventilatiedebiet, ammoniakconcentratie en ammoniakemissie per strooiselmateriaal

	Houtkrullen	Tarwestro	Koolzaadstro	Snijmaissilage	
Gemiddelde waarden					
Ventilatiedebiet [m <sup>3</sup> uur <sup>-1</sup> dier <sup>-1</sup> ]	1,81	1,80	1,77	1,78	
NH <sub>3</sub> concentratie [mg m <sup>-3</sup> ]	3,98	3,97	4,00	1,88	
NH <sub>3</sub> emissie [g uur <sup>-1</sup> ]	12,26	13,60	12,04	7,80	
NH <sub>3</sub> emissie [g dpl <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> ] <sup>1</sup>	38,60 (100)	42,85 (111)	37,92 (98)	24,55 (64)	
Modelschatting op Ln-schaal en teruggetransformeerd op oorspronkelijke schaal					S.E.D.
Model-intercept ( $\beta_{0_i}$ )	-11,74 <sup>a</sup>	-11,11 <sup>b</sup>	-11,60 <sup>b</sup>	-12,22 <sup>a</sup>	0,25
Modelstijging ( $\beta_{1_i}$ )	2,74 <sup>b</sup>	2,57 <sup>a</sup>	2,55 <sup>a</sup>	2,68 <sup>ab</sup>	0,07
NH <sub>3</sub> emissie [g dpl <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> ] <sup>2</sup>	35,00 (100)	38,19 (109)	36,32 (104)	17,90 (51)	

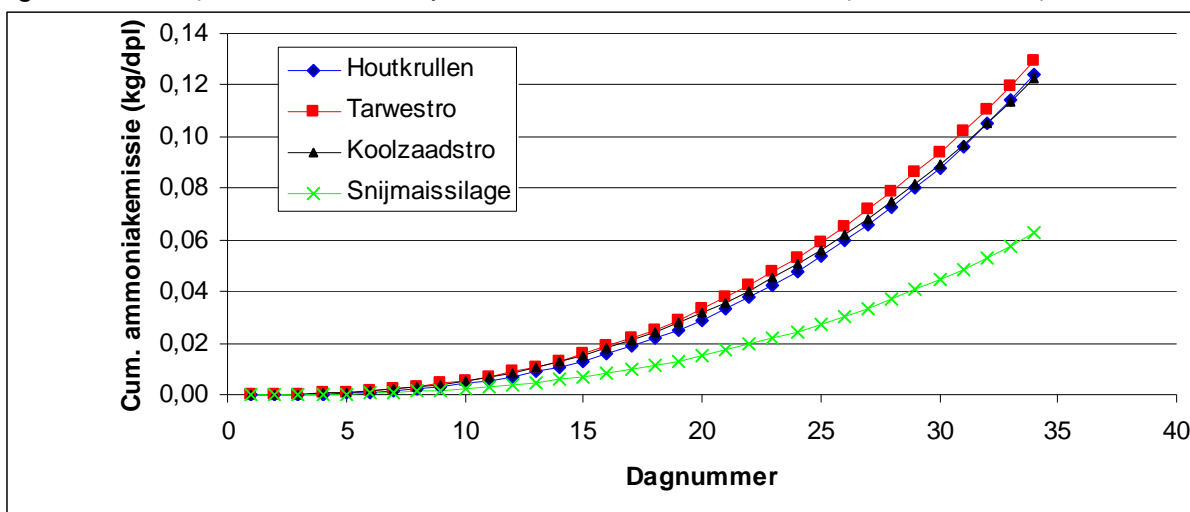
Verschillende letters geven significante verschillen aan (P<0,05)

Tussen () wordt NH<sub>3</sub>-emissie uitgedrukt in percentage ten opzichte van houtkrullen

<sup>1</sup> Rekenkundig gemiddelde

<sup>2</sup> O.b.v. modelpredictie

Uit deze tabel blijkt dat het model-intercept bij houtkrullen en snijmaissilage lager is dan die bij tarwe- en koolzaadstro. Dit wil zeggen dat de ammoniakemissie bij houtkrullen en snijmaissilage in het begin van de mestperiode lager is. Later in de mestperiode kabbelt de ammoniakemissie bij houtkrullen rond die van de beide strosoorten, terwijl de emissie bij de snijmaissilage duidelijk minder snel toeneemt en dus uiteindelijk lager uitkomt in vergelijking met de andere strooiselmaterialen (figuur 7). Op basis van het model is de ammoniakemissie bij snijmaïs 17,9 gram per dierplaats per jaar, dit is bijna 50% lager dan die bij houtkrullen en bijna 60% lager dan tarwestro.

**Figuur 7** Verloop ammoniakemissie bij de verschillende strooiselmaterialen op basis van modelpredictie

Wanneer de berekende ammoniakemissie wordt vergeleken met de emissiefactor voor vleeskuikens zoals die is opgenomen in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (Infomil, 2007) dan valt op dat de ammoniakemissie veel lager is dan de in de regeling vermelde emissiefactor van 80 gram. Een mogelijke verklaring hiervoor is de zeer slechte strooiselkwaliteit (nat en dichtgeslagen strooisel). Dit was in beide rondes het geval.

### 3.3 Energieverbruik

Zoals al eerder aangeven is snijmaissilage bij inbrengen een vochtig product (circa 35% ds). Om een goede opvang van de kuikens te waarborgen is het noodzakelijk dat de snijmaissilage deels wordt 'droog' gestookt. Dit gaat gepaard met extra energiekosten. Om een indicatie te krijgen van de extra energiekosten bij het gebruik van snijmaissilage als strooiselmateriaal voor vleeskuikens werd in de tweede ronde tevens het energieverbruik gemeten.

**Tabel 6** Gasverbruik en verwarmingskosten

Kenmerk	Houtkrullen	Tarwestro	Koolzaadstro	Snijmaïs
Gasverbruik (m <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>				
Herhaling 1	450	452	382	564
Herhaling 2	452	334	527	521
<b>Gemiddeld</b>	<b>451</b>	<b>393</b>	<b>454</b>	<b>543</b>
Prijs/eenheid (€/m <sup>3</sup> )	0,60	0,60	0,60	0,60
Totale verwarmingskosten (€)	270,57	235,59	272,58	325,64

<sup>1</sup> Berekend vanuit warmteverbruik (MWh) waarbij 1 m<sup>3</sup> gas = 8,779 kWh; ketelrendement = 85%

Het bleek dat het totale gasverbruik bij de afdelingen met snijmaissilage gemiddeld 20% hoger was in vergelijking met de afdelingen met houtkrullen en die met gemalen koolzaadstro (tabel 6). In vergelijking met de afdelingen met gehakseld tarwestro was het gasverbruik bij snijmaissilage zelfs 33% hoger. De gevonden verschillen waren echter niet significant (P=0,31). Dat deze verschillen niet significant waren heeft te maken met het geringe aantal herhalingen (n=2; het energieverbruik is alleen in de tweede ronde gemeten) en de grote variatie in energie-/gasverbruik tussen afdelingen. Zo was het energieverbruik in één van de afdelingen met koolzaadstro, vrijwel vergelijkbaar met één van de afdelingen met snijmaissilage. De reden hiervan moet gezocht worden in de ligging van afdeling. Deze afdeling was namelijk gelegen aan de kopse kant van de stal. Door de aanwezigheid van een extra buitenmuur is het aannemelijk dat het energieverbruik in een dergelijke afdeling sowieso hoger is. Om dezelfde reden is het aannemelijk dat het energieverbruik van de afdelingen met snijmaissilage wordt overschat, aangezien één van beide herhalingen ook aan de kopse kant van de stal was gelegen.

### 3.4 Productieresultaten

In tabel 7 worden de behaalde technische resultaten per strooiselmateriaal vermeld. Uit deze tabel blijkt dat er geen verschillen waren in technische resultaten tussen de verschillende strooiselmaterialen.

**Tabel 7** Technische resultaten 0 – 35 dagen

	Houtkrullen	Tarwestro	Koolzaadstro	Snijmaïs
Gewicht (g)	2078	2069	2074	2058
Groei (g/d/d)	58,3	58,0	58,2	57,7
Uitval (%)	2,6	2,8	2,6	2,4
Voerconversie	1,604	1,598	1,597	1,598
Voerverbruik (g)	3270	3244	3249	3227
Water/voer	1,80	1,77	1,81	1,79
Productiegetal	354	353	355	353

### 3.5 Drogestofgehalte strooisel

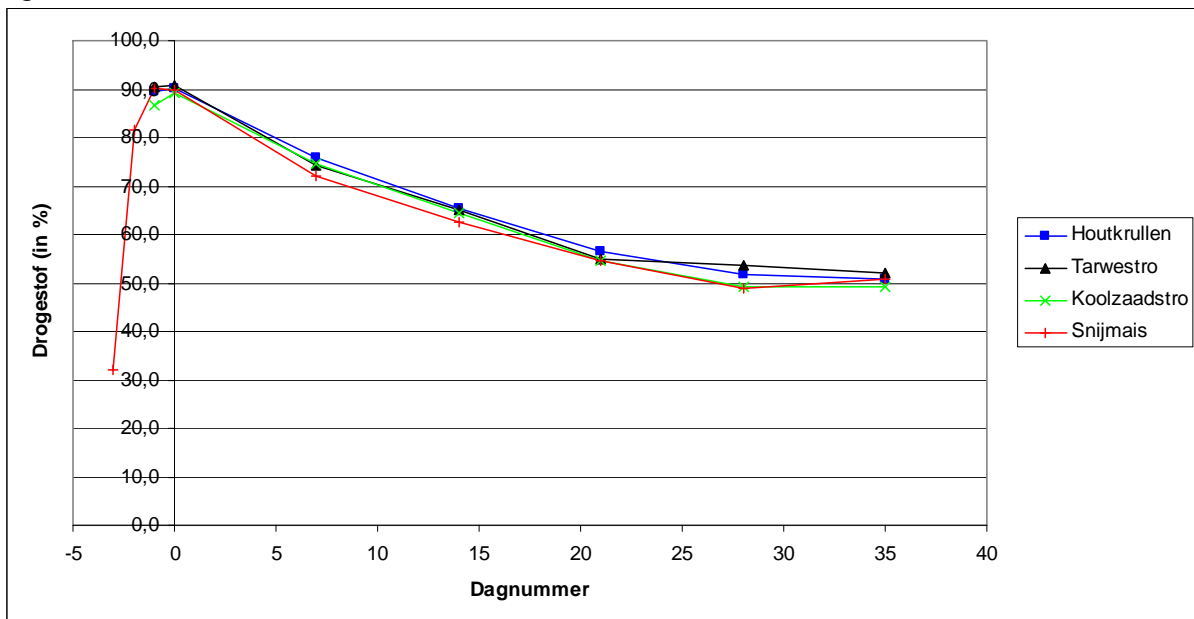
In tabel 8 worden de drogestofgehalten van de verschillende strooiselmaterialen vermeld. Uit deze tabel blijkt dat het gemiddelde drogestofgehalte bij houtkrullen en tarwestro hoger was dan die van koolzaadstro en snijmaïssilage.

**Tabel 8** Drogestofgehalten strooisel op dag 0, 7, 14, 21, 28 en 35

	Houtkrullen	Tarwestro	Koolzaadstro	Snijmaïs
0	90,3	90,8	89,1	89,8
7	75,9	74,4	74,5	72,2
14	65,3	65,1	64,4	62,6
21	56,5	55,0	54,7	54,6
28	51,7	53,6	49,2	48,8
35	50,8	52,1	49,2	50,8
<b>Gemiddeld</b>	<b>65,1<sup>b</sup></b>	<b>65,2<sup>b</sup></b>	<b>63,5<sup>a</sup></b>	<b>63,1<sup>a</sup></b>

Verschillende letters geven significante verschillen aan (P<0,05)

**Figuur 8** Verloop drogestofgehalte strooiselmest per strooiselmateriaal



Uit figuur 8 blijkt dat het drogestofgehalte van de snijmaissilage bij het inbrengen ongeveer 32% bedroeg. Aangezien het niet wenselijk is de kuikens op te vangen bij dit natte (en koude) strooisel werd eerder begonnen met het opwarmen van de stal om het strooisel te drogen. Al na 1 dag was dit drogestofpercentage opgelopen naar ruim 80% en na 2 dagen al 90%, wat vergelijkbaar was met de andere drie strooiselmaterialen. Het eerder beginnen met het opwarmen van de stal leidde tot extra energiekosten (20%). De afname van het drogestofgehalte van het strooisel gedurende het verloop van de groeiperiode was voor alle strooiselmaterialen vergelijkbaar. Aan het eind van de groeiperiode bedroeg het drogestofpercentage gemiddeld 51%.

## 4 Conclusies

Uit dit onderzoek kunnen we het volgende concluderen:

1. Het gebruik van snijmaissilage als strooiselmateriaal voor vleeskuikens resulteerde in een 19% lagere PM2.5 emissie in vergelijking met houtkrullen. De PM2.5 emissie bij snijmaissilage was ten opzichte van tarwe- en koolzaadstro niet aantoonbaar verschillend.
2. Het gebruikte strooiselmateriaal had geen aantoonbaar effect op de PM10 emissie.
3. De PM2.5 concentratie was gemiddeld over de productiecycclus 4,8% van de PM10 concentratie. Dit percentage was afhankelijk van de leeftijd van de kuikens: naarmate de kuikens ouder werden nam dit percentage toe.
4. Het gebruik van snijmaissilage als strooiselmateriaal voor vleeskuikens resulteerde in een lagere ammoniakemissie. De ammoniakemissie bij snijmaissilage was respectievelijk 49, 58 en 53% lager ten opzichte van houtkrullen, tarwestro en koolzaadstro. Er waren geen verschillen in ammoniakemissie tussen houtkrullen, tarwe- en koolzaadstro.
5. Technische resultaten (groei, voerconversie en uitval) van vleeskuikens werden niet beïnvloed door het gebruikte strooiselmateriaal.
6. Bij gebruik van snijmaissilage moet de stal eerder worden opgewarmd. Dit resulteerde in extra energiekosten.



## 5 Aanbevelingen

Op basis van dit onderzoek doen we de volgende aanbeveling.

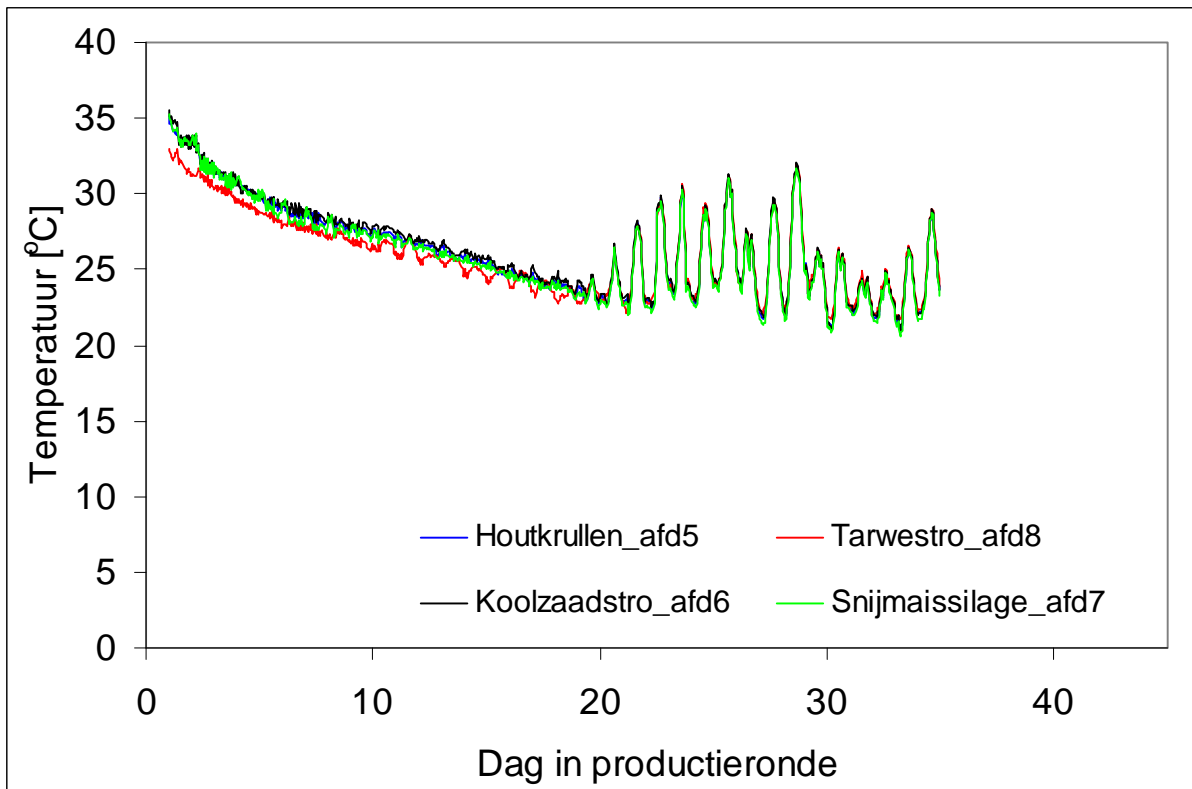
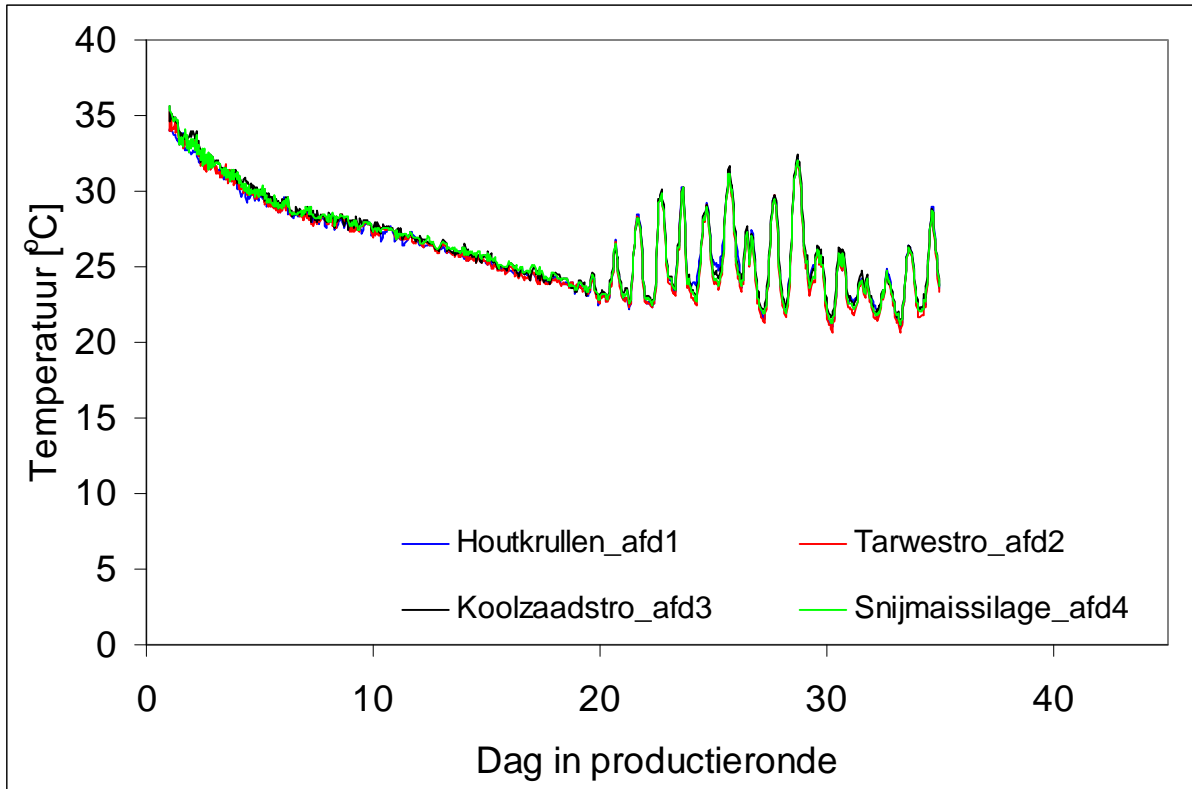
Vanuit het oogpunt van PM2.5- en ammoniakemissie lijkt het gebruik van snijmaissilage als strooiselmateriaal bij vleeskuikens zeer perspectiefvol. De PM2.5 emissie was bij dit strooiselmateriaal 19% lager in vergelijking met houtkrullen, terwijl de ammoniakemissie ongeveer de helft lager is. Nadeel is het hogere energieverbruik en –kosten.

## 6 Literatuur

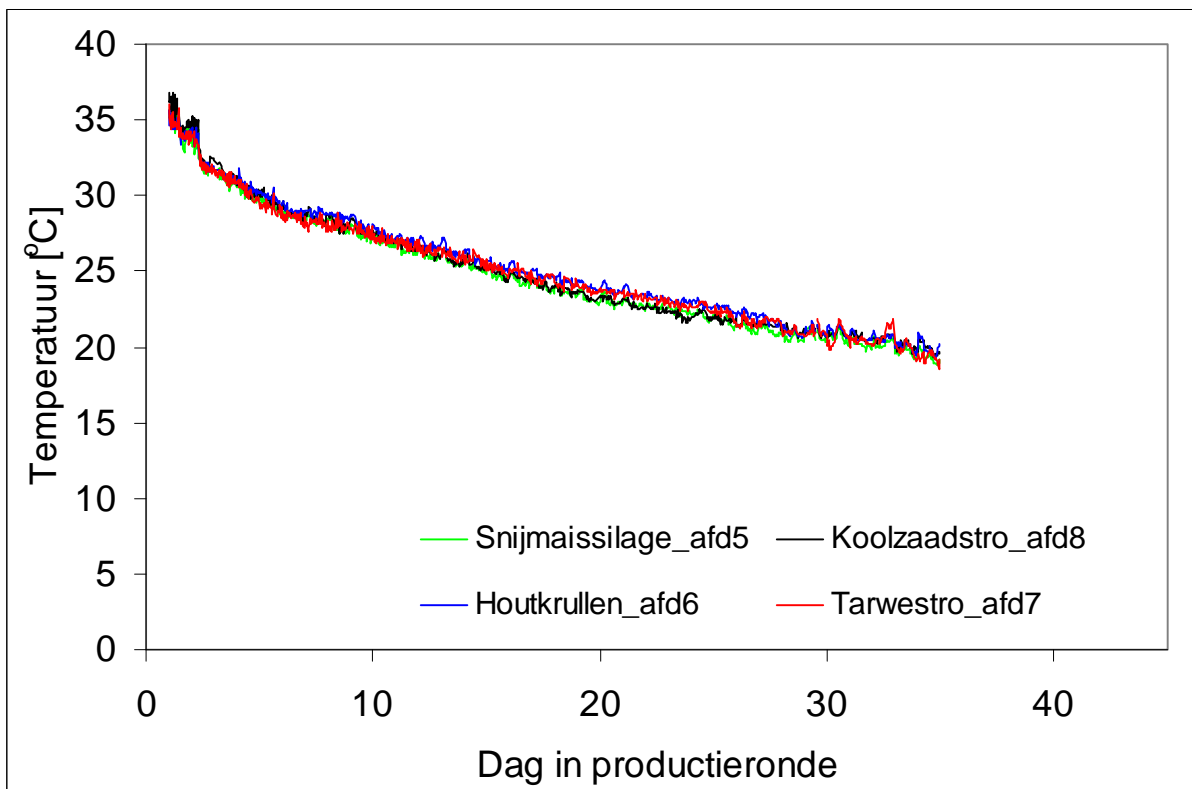
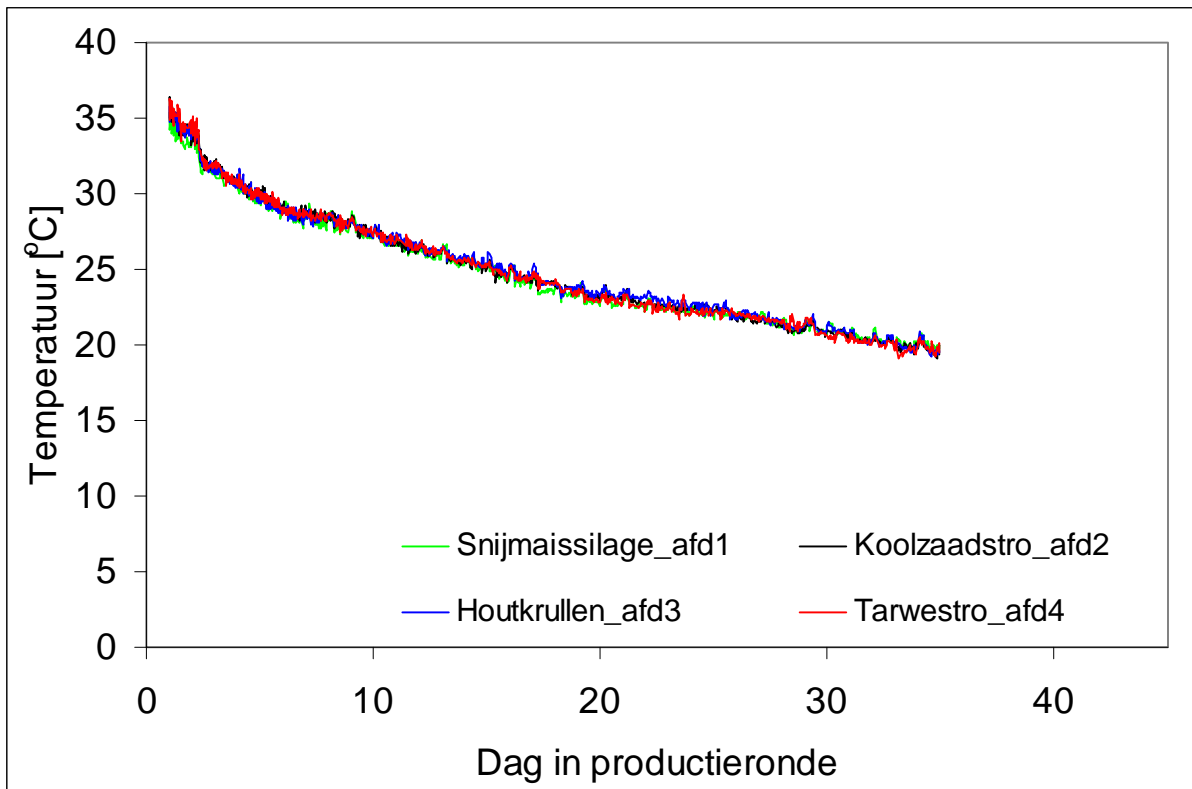
- Weast, R.C., M.J. Astle en W.H. Beyer (1986). Handbook of chemistry and physics, 67th Edition. Florida, CRC Press Inc.
- Hofschreuder, P., Y. Zhao, A. J. A. Aarnink, and N. W. M. Ogink. 2008. Measurement protocol for emissions of fine dust from animal housings. Considerations, draft protocol and validation. Report 134, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Infomil (2007). Wijziging Regeling Ammoniak en Veehouderij, 14 mei 2007. [www.infomil.nl](http://www.infomil.nl)
- NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the pm<sub>2,5</sub> mass fraction of suspended particulate matter. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Van Ouwerkerk, E.N.J. 1993. Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. *Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij* 16. DLO, Wageningen, pp. 178.
- Mosquera, J., Hofschreuder, P., Erisman, J.W., Mulder, E., van 't Klooster, C.E., Ogink, N., Swierstra, D. en Verdoes, N. 2002b. Meetmethode gasvormige emissies uit de veehouderij. *IMAG rapport 2002-12*.

## Bijlagen

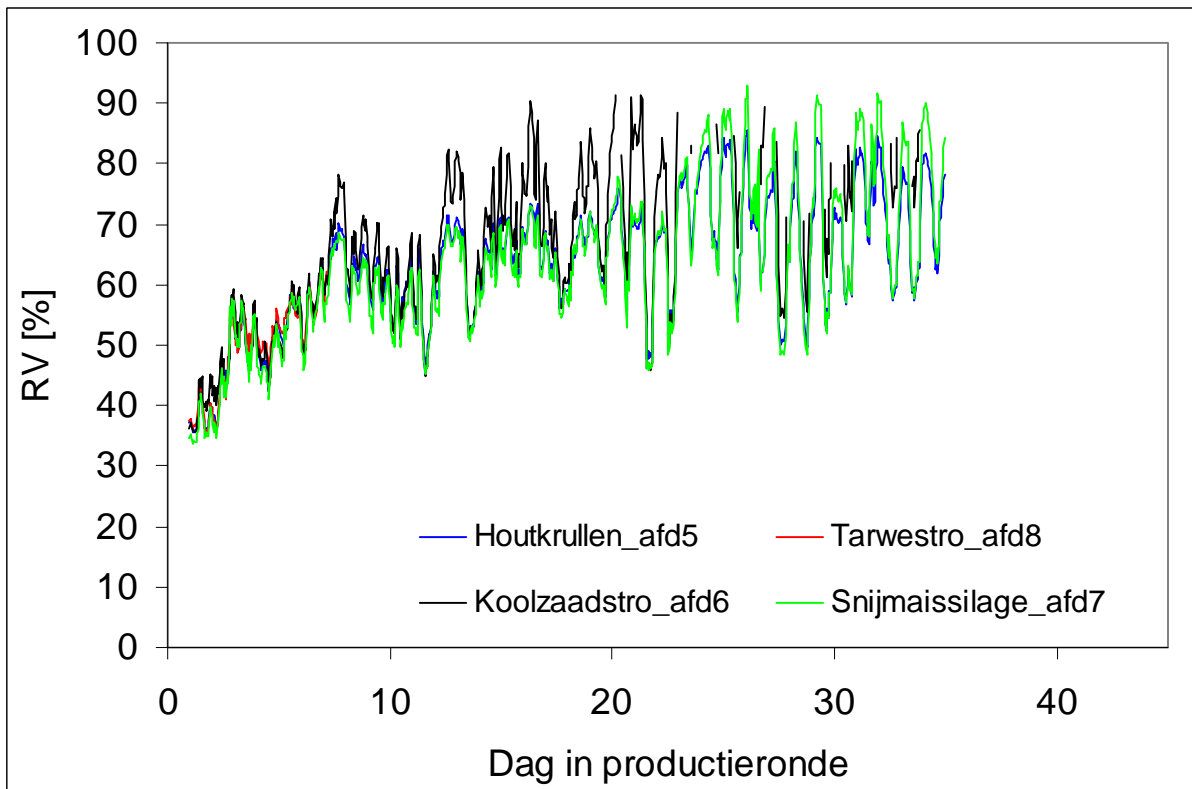
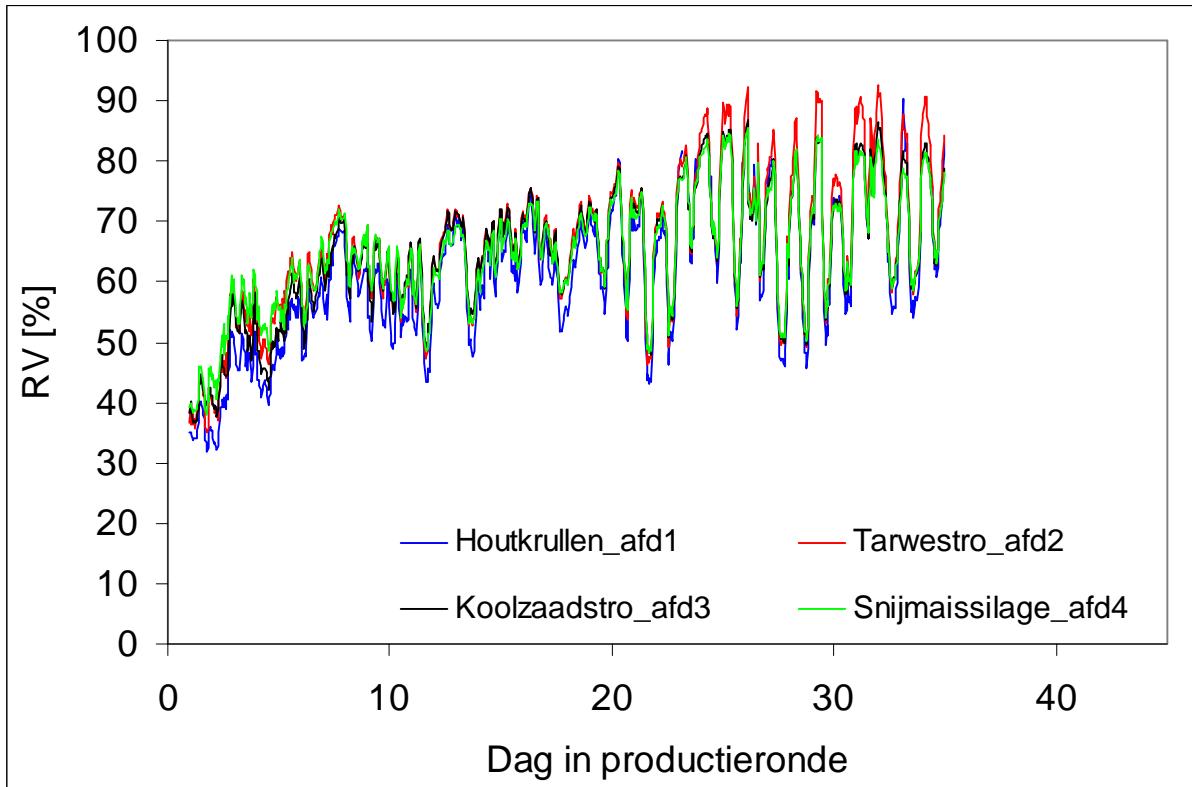
### Bijlage 1 Temperatuurverloop per afdeling – ronde 1



Bijlage 2 Temperatuurverloop per afdeling – ronde 2

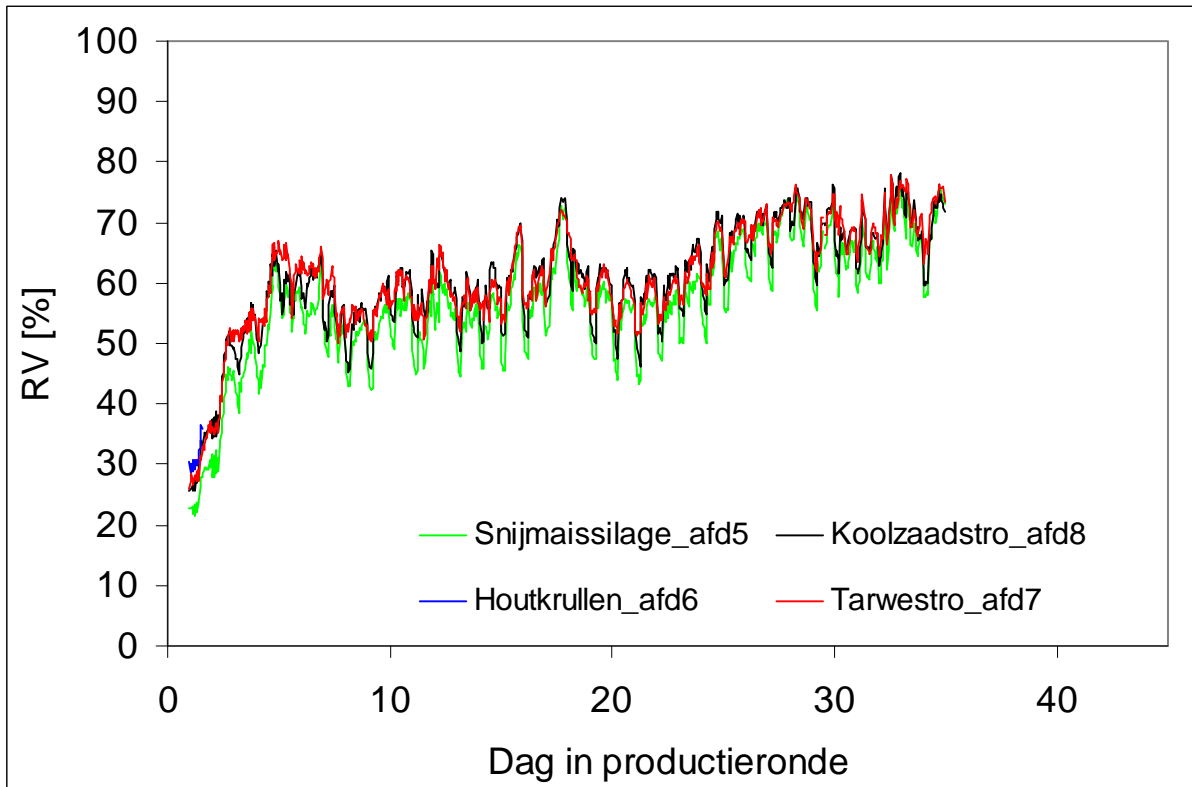
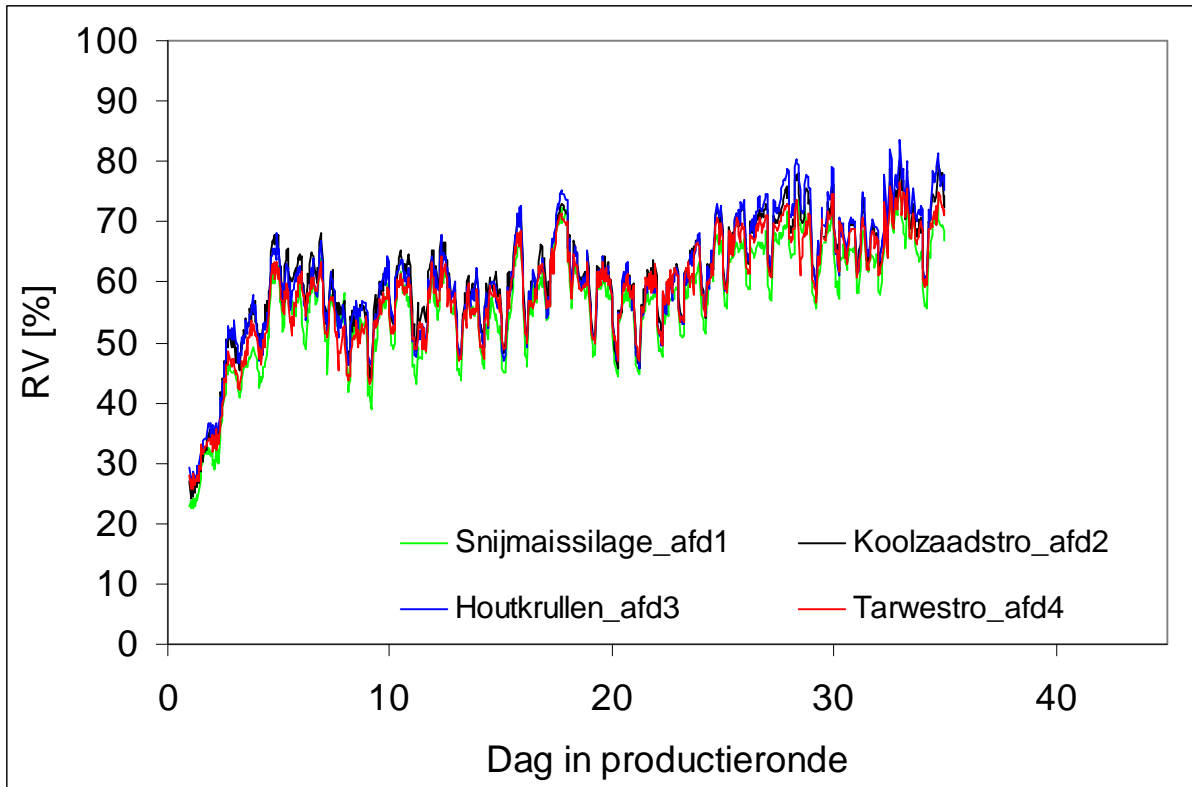


Bijlage 3 Verloop relatieve luchtvochtigheid per afdeling – ronde 1



Opmerking: in verband met het niet goed functioneren van de RV-sensor worden bij afdeling 8 (tarwestro) enkel de RV-waarden tot 10-7-2008 04:00u vermeld.

Bijlage 4 Verloop relatieve luchtvochtigheid per afdeling – ronde 2



**Opmerking:** in verband met het niet goed functioneren van de RV-sensor worden bij afdeling 6 (houtkrullen) enkel de RV-waarden tot 10-10-2008 13:00u vermeld

**Bijlage 5 Werkinstructie 'Visuele beoordeling en bemonstering van pluimveemest/strooisel'****Visuele beoordeling**

Een panel van 3-4 personen beoordeelt visueel de mate van rulheid en de vochtigheid van het strooisel.

Waarderingschaal: 1 – 10 (1= zeer slecht en 10 = uitmuntend).

In de onderstaande tabellen staat voor rulheid en vochtigheid de waardering met de bijhorende beeld van het strooisel. Noteer de beoordelingen op het invulformulier

**Visuele strooiselbeoordeling**

<b>Rulheid</b>	
<b>Waardering</b>	<b>Omschrijving</b>
<b>1</b>	Volledig dichtgeslagen strooisel, één grote plaat/koek
<b>2</b>	80-90 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>3</b>	70-80 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>4</b>	60-70 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>5</b>	50-60 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>6</b>	40 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>7</b>	30 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>8</b>	10 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>9</b>	Volledig rul strooisel, beginnende plaatjes vorming
<b>10</b>	Volledig rul strooisel, nog geen 'plaatjes' vorming

<b>Vocht</b>	
<b>Waardering</b>	<b>Omschrijving</b>
<b>1</b>	Nat strooisel, laars zakt vrijwel overal weg in strooisel en water treedt naar buiten. (Wordt zelden waargenomen).
<b>2</b>	Nat strooisel, onder drinklijn zakt laars weg in strooisel en water treedt naar buiten
<b>3</b>	Nat strooisel, onder drinklijn zakt laars weg in strooisel, maar er treedt geen water naar buiten
<b>4</b>	Nat strooisel, donker van kleur. Van het strooisel kan een bal gemaakt worden. Flinke rug onder drinklijn.
<b>5</b>	Nat strooisel, donker van kleur, rug onder drinklijn, rest van het strooisel begint dicht te 'slaan'
<b>6</b>	Rel. droog strooisel, strooisel vrij donker van kleur, kleine 'rugvorming' onder drinklijn. Strooisel tussen drinklijn en voer lijn nog rul.
<b>7</b>	Rel. droog strooisel, onder drinklijn vrij donker van kleur, de rest licht/donker van kleur, beginnende 'rugvorming' onder drinklijn
<b>8</b>	Rel. droog strooisel, licht donker van kleur, nog geen 'rugvorming' onder drinklijn
<b>9</b>	Droog strooisel, licht van kleur
<b>10</b>	Zeer droog strooisel (wordt alleen gesignaleerd bij opzet)

**Bemonstering**

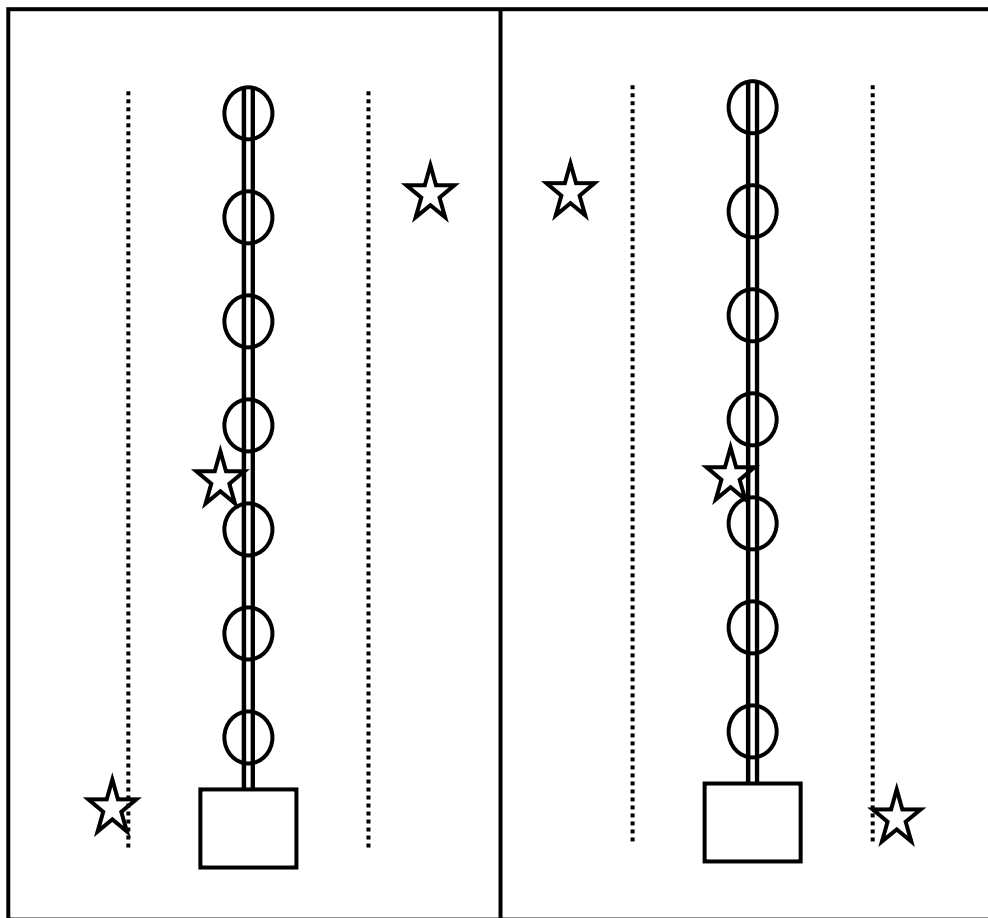
Neem per subafdeling op drie plaatsen een mest-/strooiselmonster, te weten: bij de voerlijn; bij de drinker; bij afscheiding met andere subafdeling (conform figuur 1).

Neem de monsters met een zgn. mestboor tot op de (betonnen) ondervloer. Verzamel de monsters per (sub)afdeling in een emmer, plastic zak of RVS bakje (mengmonster).

De mengmonsters per (sub)afdeling worden vervolgens gedurende 24-uur gedroogd in een droogstoof bij 105°C.

Mocht directe verwerking van de (meng)monsters niet mogelijk zijn, dan worden de monsters in plastic zakjes opgeslagen in de vriezer (-40°C), waarna ze later worden verwerkt/gedroogd.

**Figuur 1** Schematisch weergave van de monsternamepunten



= Monsterpunt



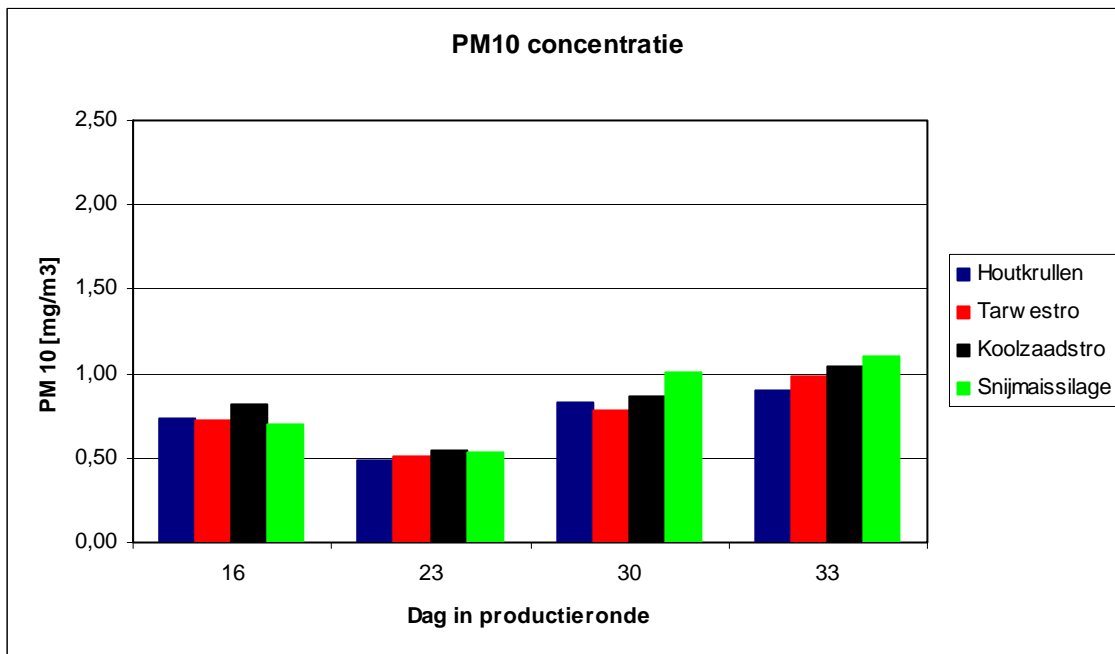
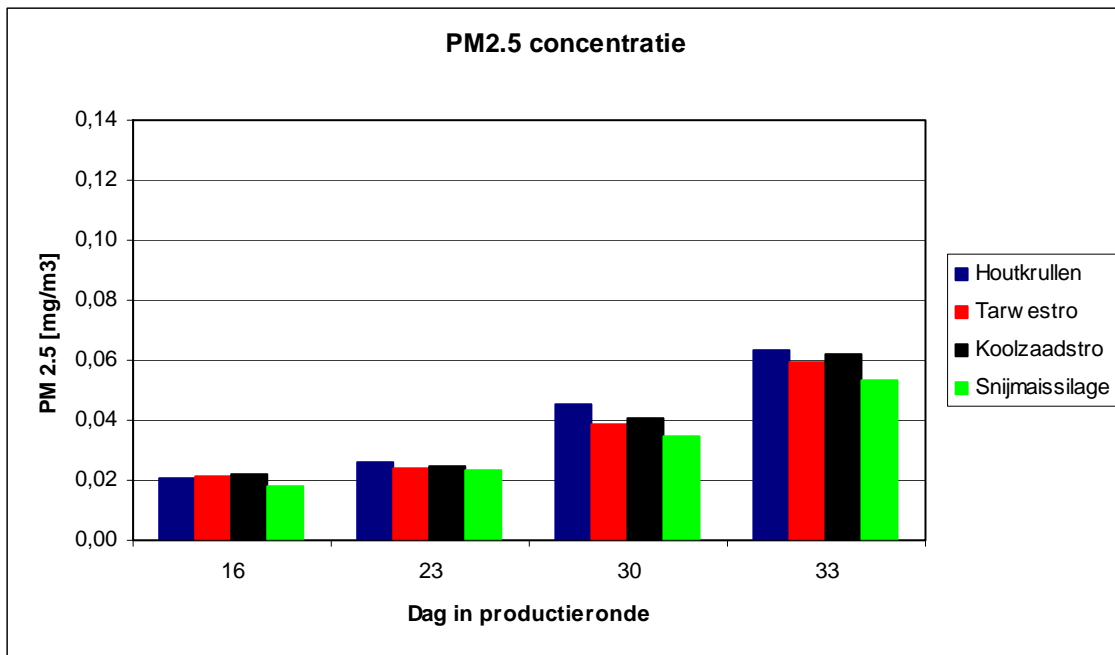
= Waterlijn



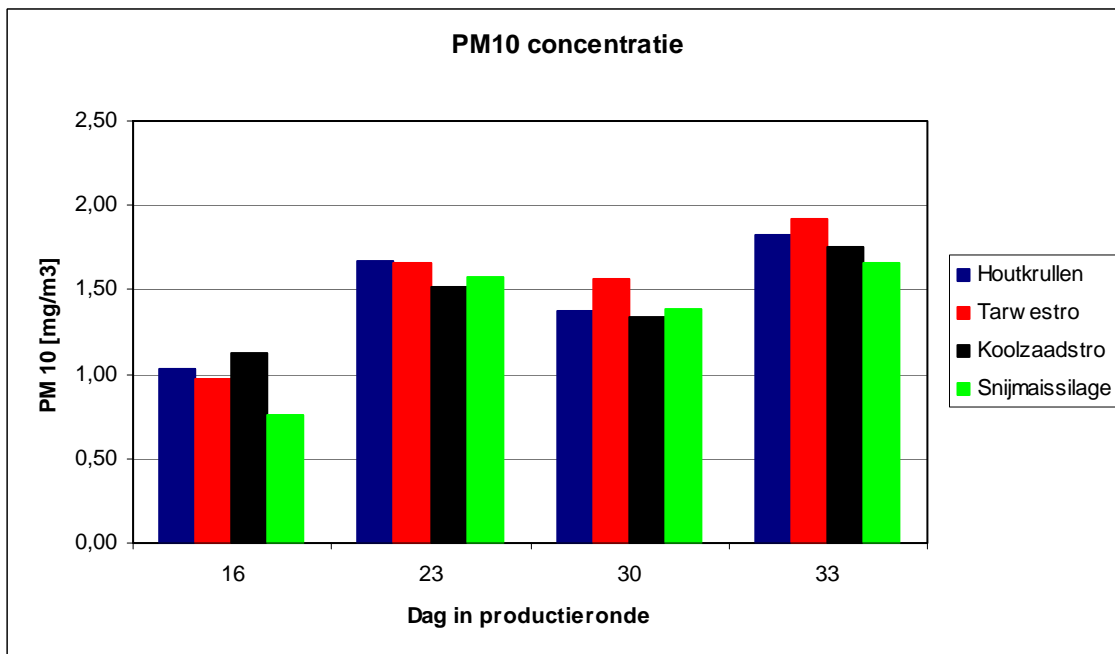
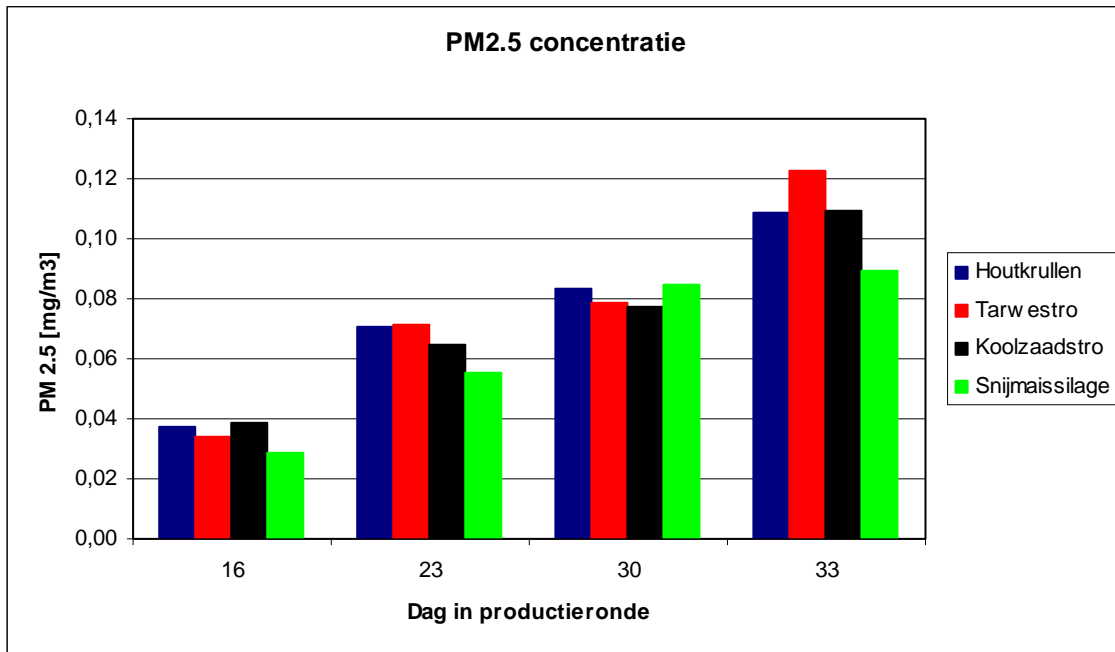
= Voerlijn



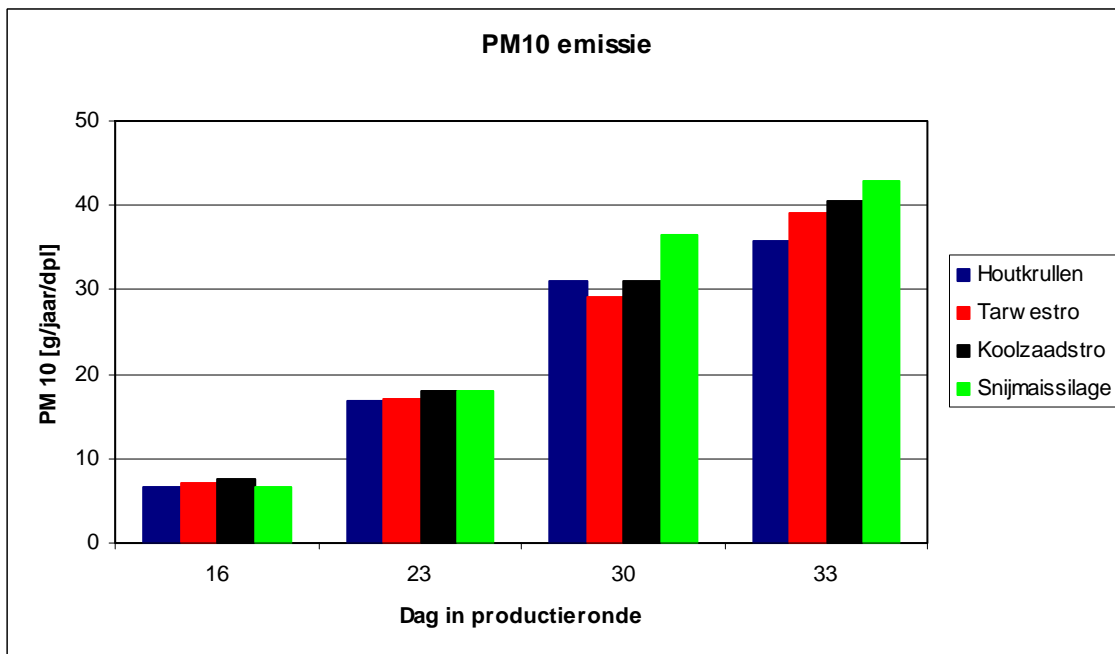
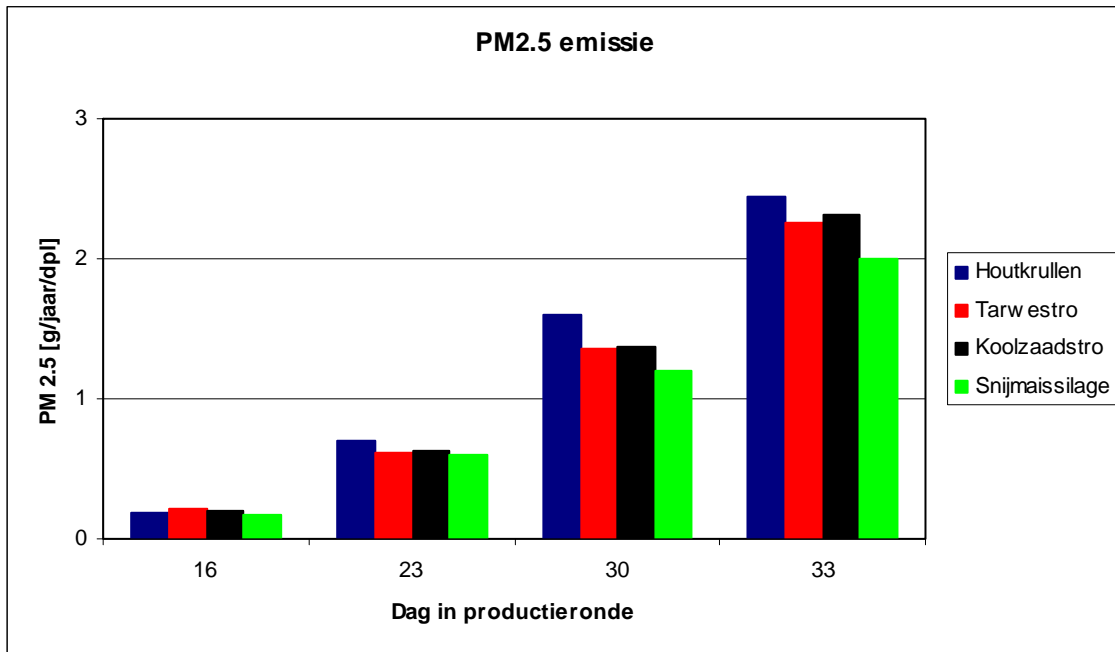
Bijlage 6 Stofconcentraties - ronde 1



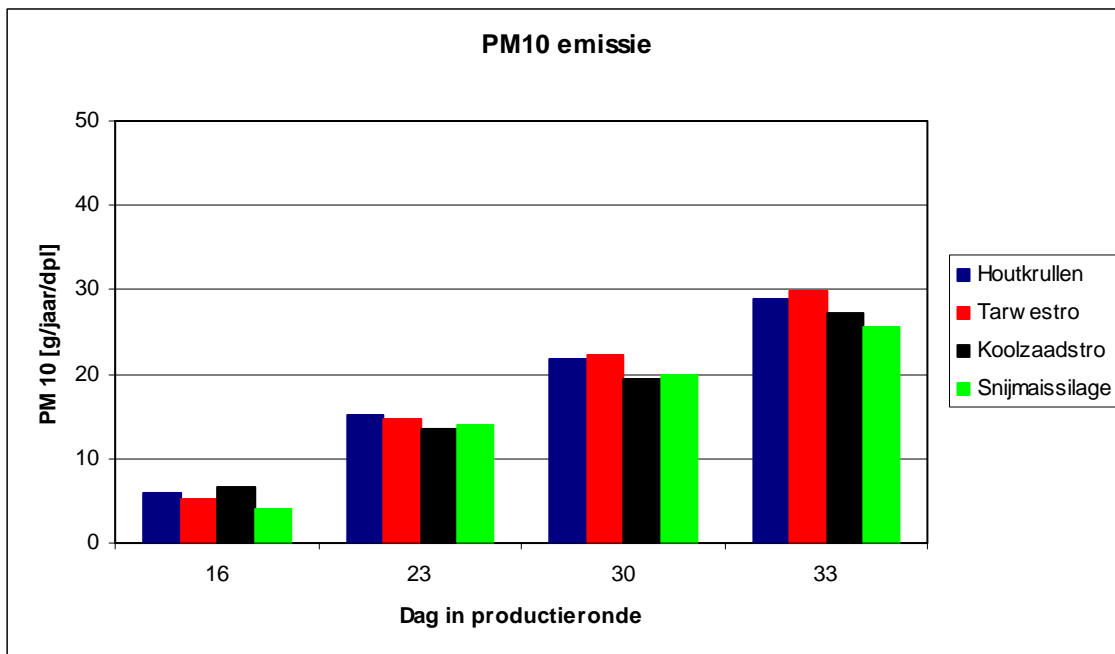
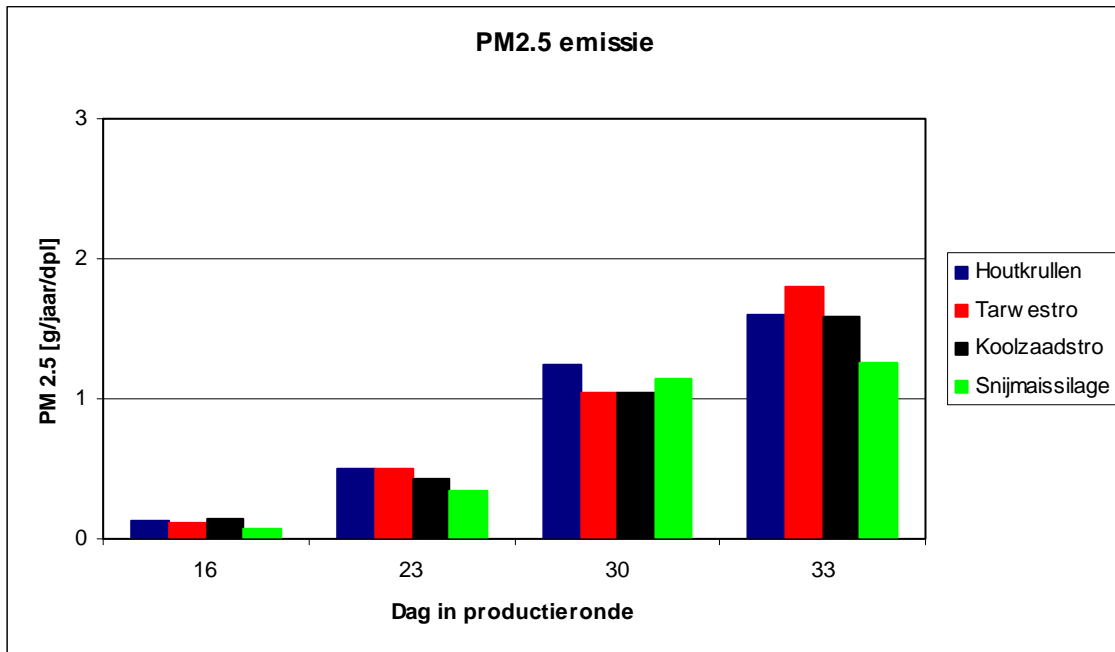
Bijlage 7 Stofconcentraties – ronde 2



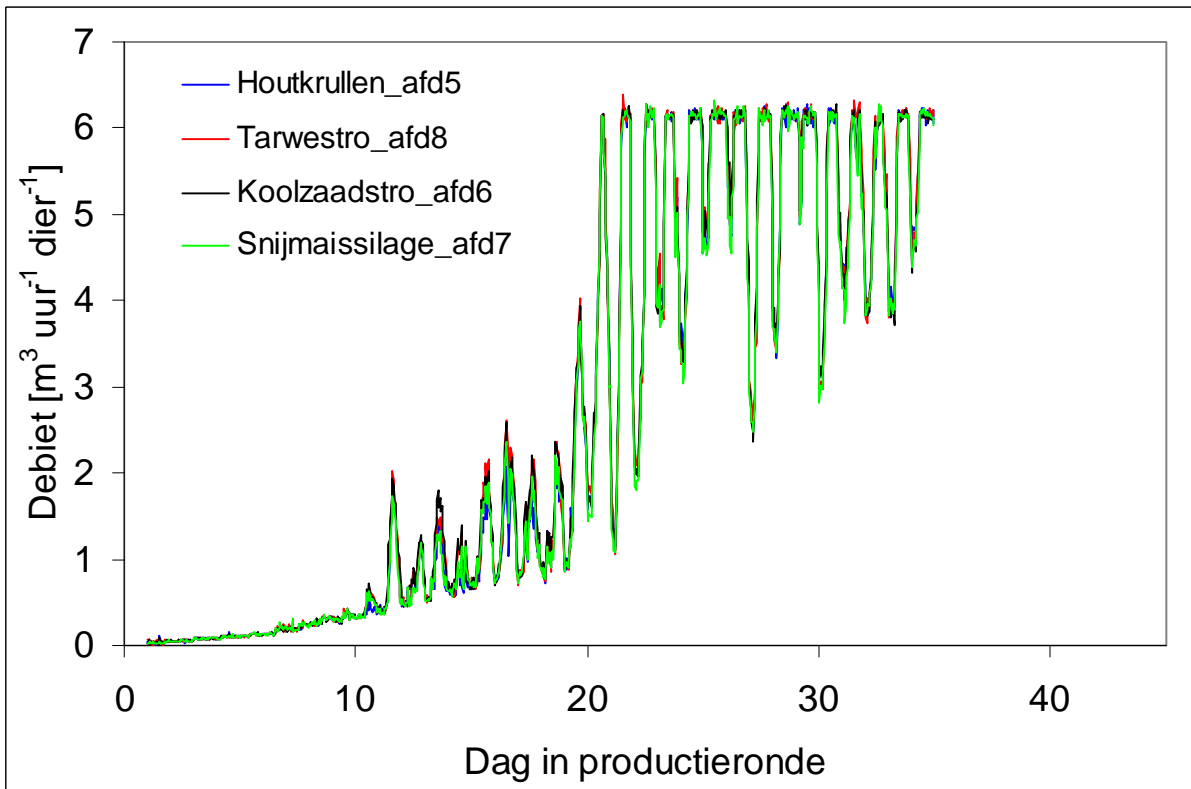
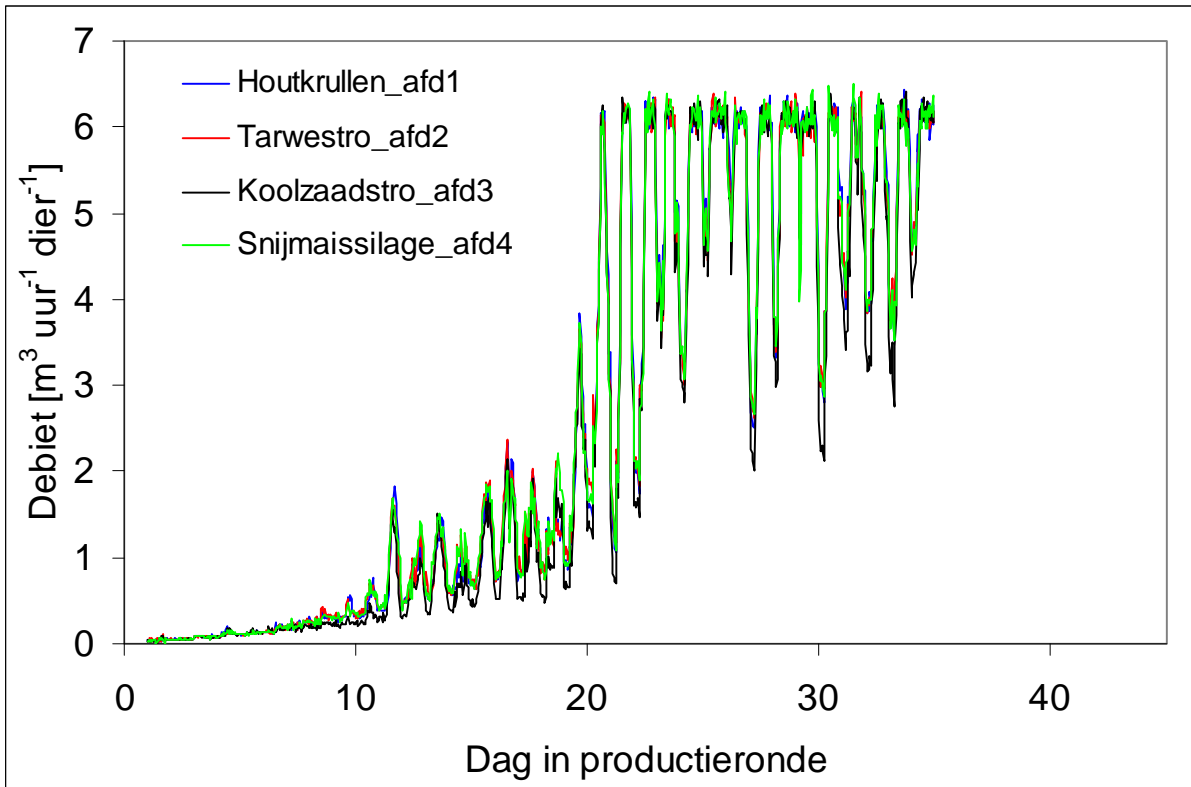
Bijlage 8 Stofemissies – ronde 1



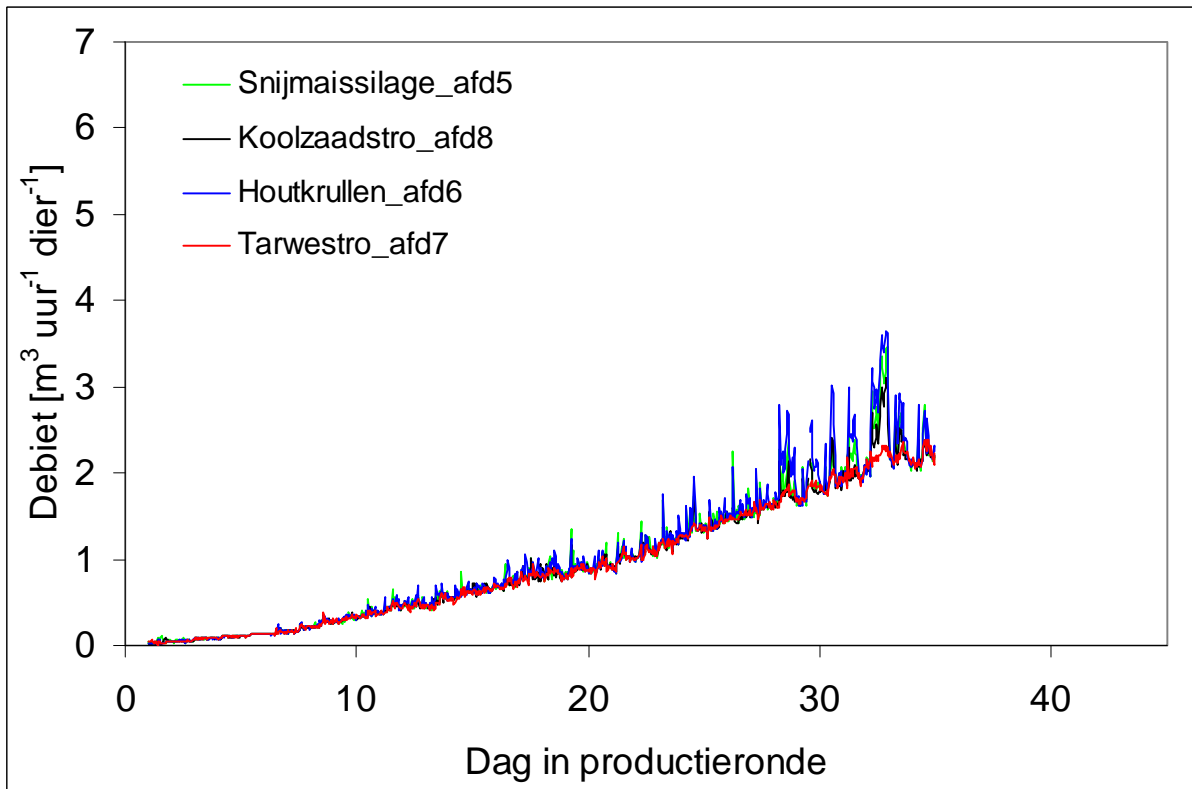
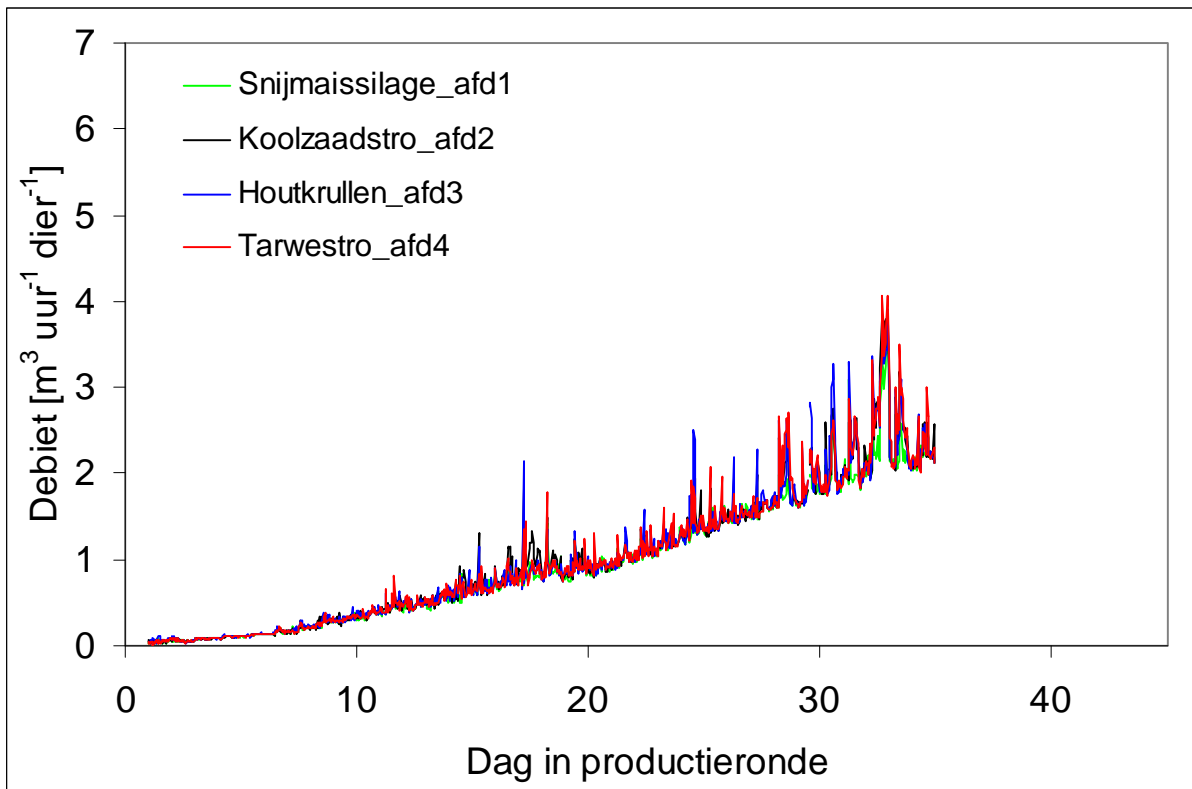
Bijlage 9 Stofemissies – ronde 2



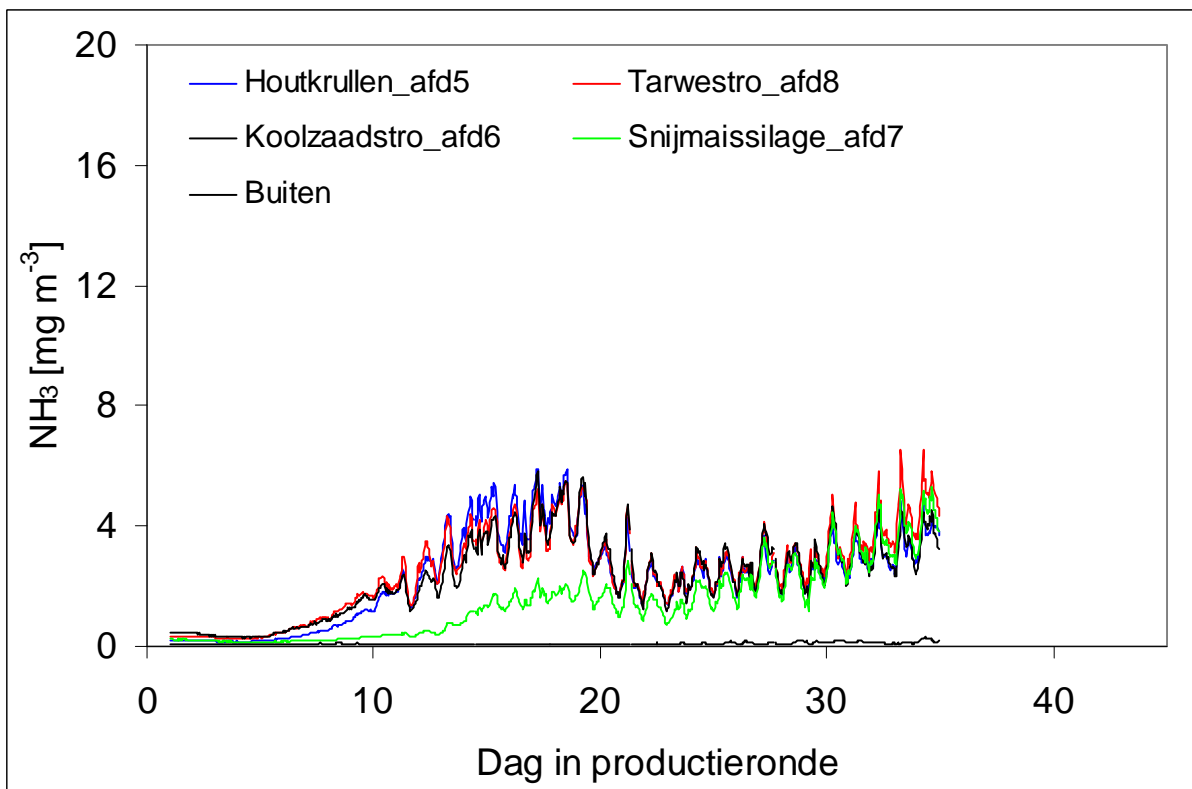
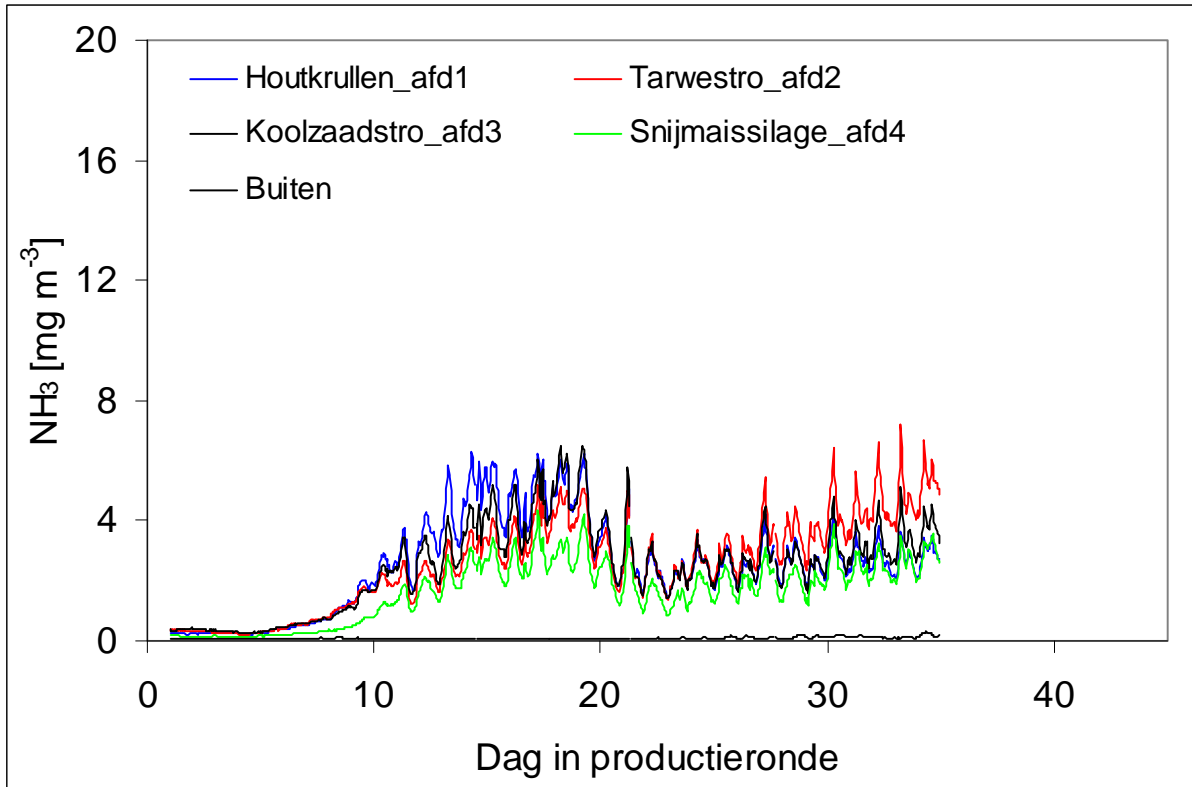
Bijlage 10 Ventilatie-debiet per afdeling – ronde 1



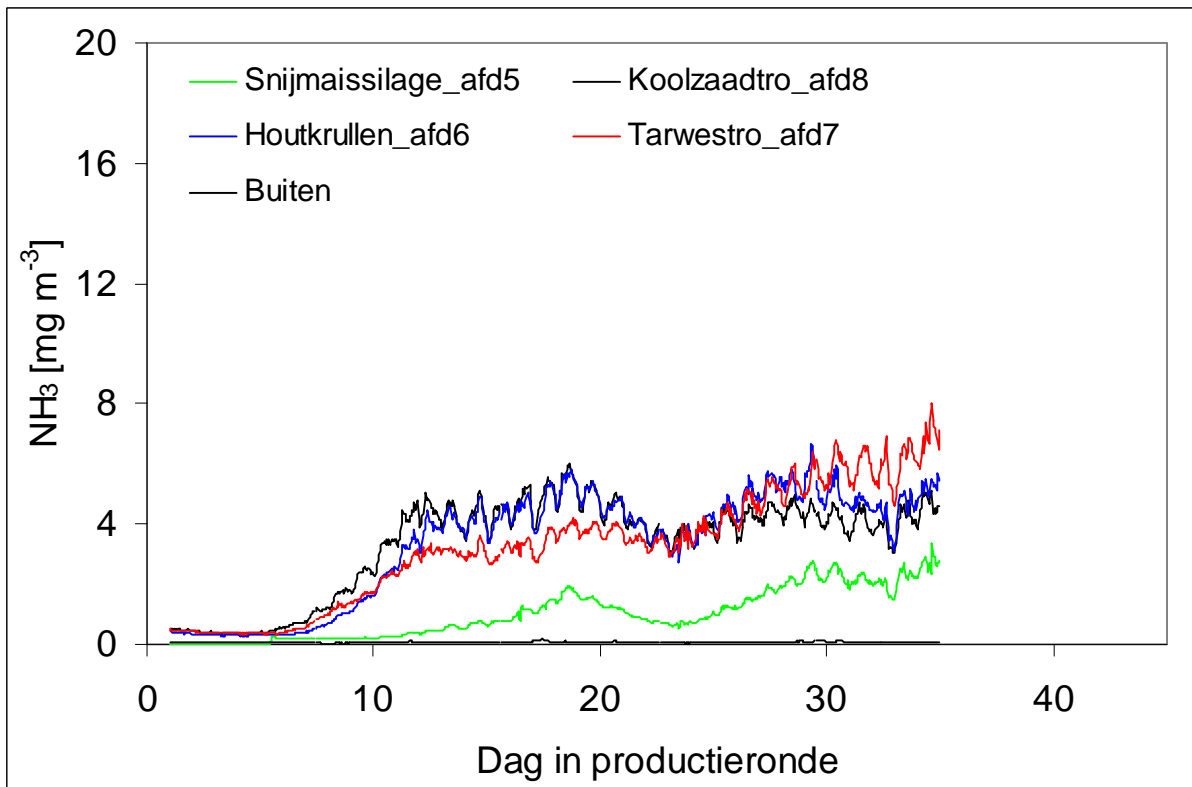
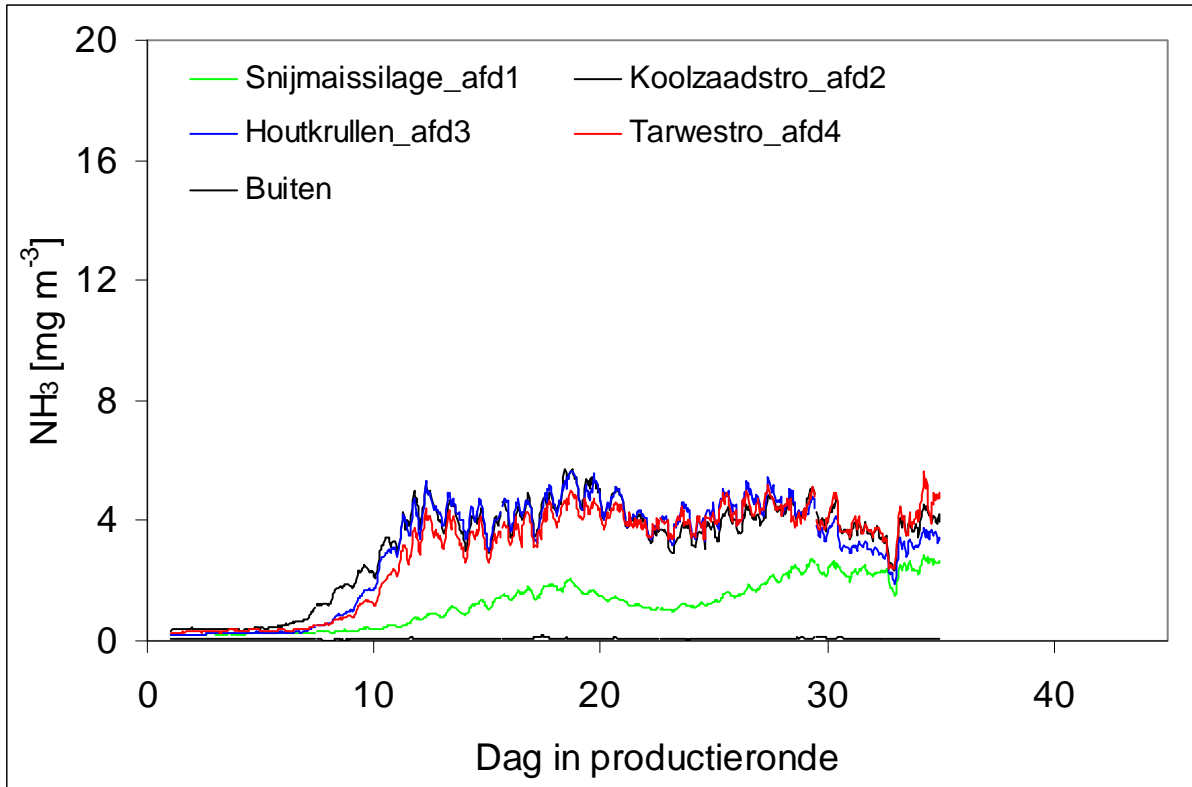
Bijlage 11 Ventilatie-debiet per afdeling – ronde 2



Bijlage 12 Verloop ammoniakconcentratie – ronde 1

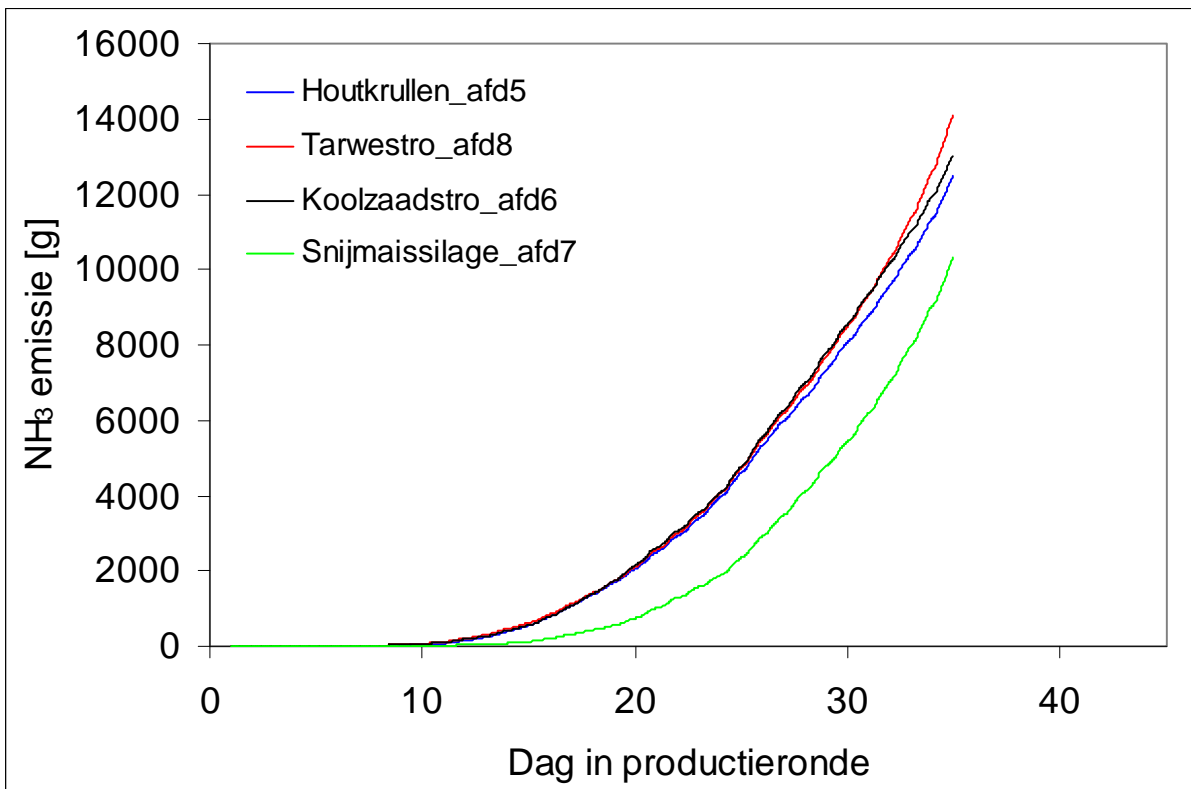
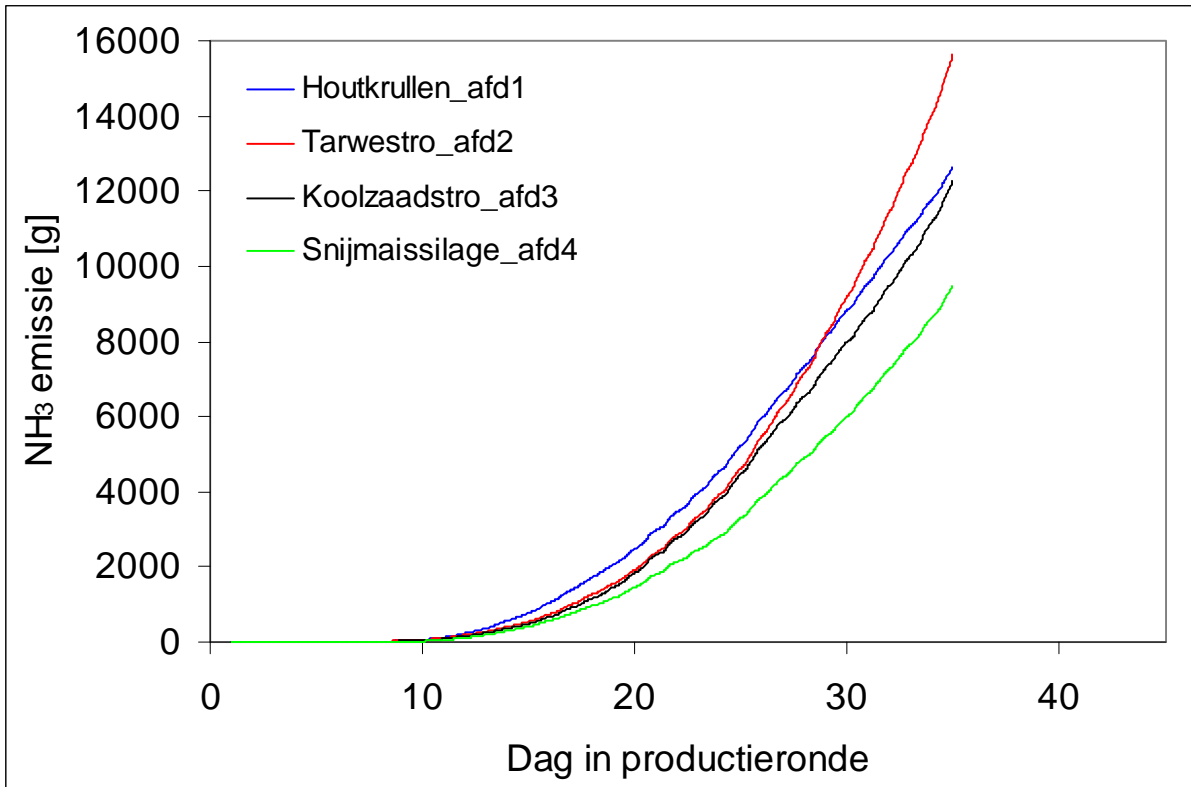


Bijlage 13 Verloop ammoniakconcentratie – ronde 2





Bijlage 14 Ammoniakemissie per afdeling – ronde 1



Bijlage 15 Ammoniakemissie per afdeling – ronde 2

