



# Foderets svovlindhold og inulins effekt på lugt fra slagtesvinestalde

MEDDELELSE NR. 907

Foder med reduceret svovlindhold og foder med reduceret svovlindhold plus tilsætning af inulin reducerede ikke lugten i en sommerperiode, men reducerede lugten i en efterårsperiode med henholdsvis 53 % og 61 %.

---

INSTITUTION: DEN RULLENDE AFPRØVNING OG VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

FORFATTER: MICHAEL HOLM  
BENT BORG JENSEN  
ANDERS FEILBERG

UDGIVET: 19. JULI 2011

Dyregruppe: Slagtesvin

Fagområde: Ernæring

## Sammendrag

Der blev fundet forskel i lugtemissionen imellem kontrolgruppen og de to forsøgsgrupper i den ene af to afprøvningsperioder. Lugtemissionen i første runde, som var hen over en sommerperiode, var henholdsvis 11 % og 21 % lavere i de to forsøgsgrupper i forhold til kontrolgruppen og denne forskel var ikke statistisk sikker. Lugtemissionen i anden runde, som var i en efterårsperiode, var statistisk sikkert henholdsvis 53 % og 61 % lavere i de to forsøgsgrupper i forhold til kontrolgruppen. Der blev ikke fundet en forklaring på de målte lugtforskelle i sommer- og efterårsperioden, men kontrolholdets lugtemission var statistisk sikkert højere i efterårsperioden end i sommerperioden.

De tre grupper, der indgik i afprøvningen var:

**Gruppe 1:** Kontrol; slagtesvinefoder med et relativt højt svovlindhold i foderet.

**Gruppe 2:** Lav svovl; slagtesvinefoder i to faser med lavt svovlindhold i foderet.

**Gruppe 3:** Lav svovl + inulin; slagtesvinefoder i to faser med lavt svovlindhold i foderet og tilsat 7,5 % inulinkoncentrat.

Afprøvningens hypotese var, at et reduceret svovlindhold i foderet ville reducere dannelsen af de svovlholdige lugtstoffer, der produceres mikrobielt i grisenes blind- og tyktarm samt i gyllen. Derved skulle lugtemissionen fra staldene blive mindre. Desuden skulle tilsætning af inulin forøge den mikrobielle aktivitet i blind- og tyktarm og derigennem påvirke koncentrationen af kemiske stoffer, der bidrager til lugten fra staldene.

Kontrolfoderet indeholdt 15 % rapskage, hvilket var tilsat for at opnå et kontrolfoder med et højt svovlindhold. Kontrolfoderets indhold af raps var således højere end indholdet i normalt anvendt slagtesvinefoder, hvilket også betød, at svovlindholdet i foderet var højere. Svovlindholdet i kontrolfoderet var dog ikke urealistisk højt. For at opnå et lavt svovlindhold i forsøgsgruppernes foder var råproteinindholdet planlagt til at være reduceret med ca. 2 procentenheder i den første foderfase (30-65 kg) og 3,5 procentenheder i den anden foderfase (65-105 kg) i forhold til kontrolgruppens råproteinindhold. Forsøgsgruppernes foder blev endvidere planlagt til at ligge ca. 5 % under normen for methionin i de to foderfaser.

Lugtemissionen blev målt i to perioder i vægtintervallet 30-105 kg; dels i en sommerperiode og dels i en efterårsperiode. Hver produktionsrunde blev foretaget på to hold grise, dvs. to hold á de 3 grupper. Lugtemissionen blev målt på ni måledage i sommerperioden og otte måledage i efterårsperioden fordelt jævnt over vækstperioden.

På måledagene blev der endvidere udtaget luftprøver til analyse for svovlholdige lugtstoffer, samt adsorptionsrør til analyse for enkeltstoffer i ventilationsluften. Af de svovlholdige lugtstoffer, blev der fundet en signifikant højere emission af svovlbrinte fra kontrolgruppen i forhold til gruppe 3 i begge perioder, mens emissionen af svovlbrinte kun var signifikant højere i kontrolgruppen i forhold til gruppe 2 i efterårsperioden. For de øvrige svovlholdige lugtstoffer blev der ikke fundet signifikante forskelle og en del af målingerne lå under detektionsgrænsen for disse stoffer. For de flygtige carboxylsyrer

valeriansyre og hexansyre blev der fundet signifikant højere emission fra gruppe 3 i forhold til de to andre grupper i begge perioder. Valeriansyre og hexansyre har dog ikke så høj emission, at de forventes at kunne påvirke lugtindtrykket fra staldene. Der blev ikke fundet entydige forskelle på phenolerne og indolerne imellem grupperne.

Generelt blev der fundet en lavere emission af enkeltlugtstoffer i efterårsperioden og disse enkeltstofmålinger gav således ingen forklaring på kontrolgruppens større lugtemission i efterårsperioden.

Det lavere råproteinindhold i foderet til forsøgsgrupperne og tilsætningen af inulin til gruppe 3 resulterede som forventet i en mindre ammoniakemission. Ammoniakemissionen pr. gris pr. time var statistisk sikkert 17 % og 34 % lavere fra grisene i henholdsvis gruppe 2 og gruppe 3 i forhold til gruppe 1. Der var dog en ringere tilvækst i kontrolgruppen, sandsynligvis som følge af det høje indhold af raps i foderet, som betød, at ammoniakemissionen pr. produceret gris fra 32 til 107 kg var henholdsvis 23 % og 38 % lavere fra gruppe 2 og gruppe 3.

Det anvendte forsøgsfoder var noget dyrere end normalt slagtesvinefoder, da der blev benyttet sojaproteinkoncentrat, for at opnå så lavt indhold af overskydende svovl som muligt, hvilket havde en omkostning på ca. 40 kr. pr. produceret gris. I gruppe 3 blev endvidere tilsat 7,5 % inulinkoncentrat, som blev indkøbt i en forarbejdet kvalitet således, at 92 % af varen var inulin. Prisen for dette inulinkoncentrat er for høj til, at det er realistisk at anvende i praktisk svineproduktion.

#### **TILSKUD**

Projektet har fået støtte fra Svineafgiftsfonden samt Fødevareministeriets forskningsprogram: *Husdyrhold, naboerne og miljøet - III* og har projekt ID: DSP 0809/61, samt journalnr. 3304-VMP-05-015-06

## **Baggrund**

STOP-projektet (Strategies for odour reduction from pig production units and slurry application) hører under forskningsprogrammet: *Husdyrhold, naboerne og miljøet – VMP III*. Denne afprøvning lå under work package 5 i STOP-projektet og blev udført i samarbejde imellem Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF), Århus Universitet, og Videncenter for Svineproduktion. Her skal de mulige fodertiltag fundet under work package 1 (DJF), afprøves under praktiske forhold. Under work package 1 blev

visse væsentlige lugtstoffers mikrobielle omsætning og dannelse undersøgt, med særligt fokus på flygtige svovlholdige lugtstoffer, da de forventes at være blandt de væsentligste lugtstoffer fra svinestalde [1]. Særligt er koncentrationen af svovlbrinte set at korrelere med olfaktometriske lugtmålinger udtaget ved head space [2] (head space er udtagning af luftprøver fra beholdere med lagret gylle) og koncentrationen af svovlbrinte i staldluften er set at korrelere med lugtkoncentrationen målt ved olfaktometri [3].

Svovlbrinte dannes ud fra sulfat og fra nedbrydning af methanthiol og dimethylsulfid. Methanthiol og dimethylsulfid er nedbrydningsprodukter fra ufordøjet methionin og cystin og dannes i tyktarmen samt i gyllen. Specielt methanthiol menes at være et vigtigt stof for opfattelsen af lugt fra svinestalde, da lugttærsklen for methanthiol er meget lav [1]. En lav lugttærskel vil sige, at man kan lugte stoffet ved meget lave koncentrationer. Methanthiol dannes dog også fra hydrogensulfid ( $H_2S$  og  $HS^-$ ) i gyllen og dannelsen øges markant, når fæces tilsættes urin [4], hvilket viser, at ikke kun tilstedeværelsen af ufordøjet methionin og cystin har betydning for dannelsen af methanthiol. Det kan derfor være vigtigt både at reducere mængden af methionin og cystin i foderet, men også at reducere mængden af andre svovlkilder i foderet.

Hovedparten af svovlindholdet i en typisk slagtesvineblanding (75-85 %) stammer fra de to essentielle aminosyrer methionin og cystin. Endvidere kommer der et mindre bidrag af sulfat fra de to mineralkilder jernsulfat og kobbersulfat. Svovlindholdet fra disse fire kilder giver et svovlindhold i færdigfoderet på typisk 1,4-1,5 g pr. kg slagtesvinefoder. Hertil kommer der et bidrag af svovl fra råvarerne, hvor svovl er bundet til andre kemiske stoffer i råvarerne. Eksempelvis vil blandinger med højt indhold af rapskage eller -skrå give et forhøjet indhold af svovl pga. rapsens indhold af glucosinolater. Afhængig af råvarevalg analyseres slagtesvinefoder derfor typisk fra 1,7 til 2,3 g S pr. kg foder. Det vil derfor være muligt at begrænse mængden af totalsvovl i færdigfoderet ved at tildele råvarer med lavt indhold af "øvrigt" svovl. Dette kan bl.a. gøres ved at udelade rapskage eller -skrå og rørmelasse fra blandingen.

Normen [5] for methionin og cystin er 2,3 g ford. methionin pr. FEsv og 4,3 g ford. methionin+cystin pr. FEsv. Cystin kan dannes ud fra methionin i grisen. I praksis vil der i et typisk slagtesvinefoder næsten altid være tilsat syntetisk methionin, mens indholdet af cystin i de fleste blandinger vil ligge 10-30 % højere end behovet. Indholdet af methionin+cystin vil derfor altid være opfyldt, når normen for methionin er opfyldt. Ved at anvende fasefodring kan man samlet over vækstperioden reducere foderets indhold af methionin og cystin, da normen i starten af vækstperioden er lidt højere end normen ved enhedsblanding, mens normen er lavere sidst i vækstperioden. Og da den største del af foderet anvendes sidst i vækstperioden vil det samlet give en reduktion over vækstperioden på 4-5 %.

Det blev i afprøvningen planlagt at sammenligne et kontrolfoder med et relativt højt indhold af rapskage (15 %) og dermed et højt svovlindhold med et forsøgsfoder, hvor der blev anvendt råvarer med et lavt indhold af svovl. I forsøgsgrupperne blev der endvidere anvendt fasefodring kombineret

med ekstra lavt methionin og råproteinindhold i forhold til normen og dermed et lavt svovlindhold. Formålet var at eftervise, at foderets svovlindhold har betydning for lugtemissionen fra svinestalde.

I afprøvningen blev der endvidere lavet et andet forsøgsfoder, hvor det lave svovlindhold i foderet blev kombineret med tilsætning af inulin til foderet. Inulin er langkædede enheder af fructose, som har den egenskab, at det passerer tyndtarmen relativt ufordøjet og fermenteres i den forreste del af tyktarmen. Hypotesen er, at der opbygges en større mikrobiel pulje via fermenteringen i tyktarmen og senere i gyllekummen og at kvælstof og lugtstoffer dermed indarbejdes i eller omsættes af den mikrobielle biomasse. I en tidligere afprøvning [6] blev der tilsat 15 % inulin til slagtesvinefoder. Denne afprøvning viste ingen effekt på lugtindtrykket fra stalden, mens der blev fundet et lavere indhold i staldluften af de svovlholdige stoffer, samt phenoler og ketoner. Ligeledes er det fundet, at tilsætning af cikorie, som består af ca. 50 % inulin kunne reducere dannelsen af skatol i tyktarmen [7]. Skatol er et lugtstof tilhørende den aromatiske lugtstofgruppe (phenoler og indoler). I forbindelse med STOP-projektet viste en mindre forundersøgelse på DJF under work package 1, at inulin havde en hæmmende effekt på dannelsen af methanthiol og da methanthiol vurderes som et væsentligt lugtstof fra svinestalde, blev det valgt at tage inulin med i én forsøgsgruppe. Formålet med denne del af afprøvningen var at undersøge, om effekten af et reduceret svovlindhold i foderet på lugtemissionen yderligere kunne forstærkes af, at der blev tilsat en fermenterbar fiberkilde.

## Materiale og metode

Afprøvningen blev gennemført i seks identiske staldsektioner på Videncenter for Svineproduktions Forsøgsstation Grønhøj. Der var to stier i hver staldsektion. Øvrige detaljer om staldudformningen fremgår af appendiks 1.

### Produktion og fodring

I afprøvningen indgik tre grupper: én kontrol- og to forsøgsgrupper.

**Tabel 1.** Gruppeinddeling.

Gruppe	1 – Kontrol	2 – Lav svovl	3 – Lav svovl + Inulin
Vægtinterval	30 - 105 kg	30 – 105 kg	30 - 105 kg
Foderblandinger	Enhedsblanding	2 faser	2 faser
Planlagt svovlindhold i foderet	2,64 g svovl pr. kg	<b>30-65 kg:</b> 1,54 g svovl pr. kg <b>65-105 kg:</b> 1,45 g svovl pr. kg	<b>30-65 kg:</b> 1,50 g svovl pr. kg + 7½ % inulin <b>65-105 kg:</b> 1,39 g svovl pr. kg + 7½ % inulin

Ved opstart blev der for hvert hold indsat 16 grise i hver sti, hvilket vil sige, at der i hver staldsektion blev indsat 32 grise. I den ene sti i staldsektionen blev der indsat galtgrise og i den anden sti blev der indsat sogrise. De seks staldsektioner blev opdelt i to hold á tre staldsektioner og grupperne blev fordelt tilfældigt imellem de tre sektioner indenfor et hold. Der blev gennemført fire hold (gentagelser) i afprøvningen og forsøget blev således udført over to produktionsperioder (runder) og blev foretaget i perioden fra maj til november. Der indgik i alt 384 grise. Grisene blev ved indsættelse fordelt således, at grisene i et hold størrelsesmæssigt var så ens som muligt i de tre staldsektioner. Grisene blev indsat ved gennemsnitlig 30 kg og leveret ved gennemsnitlig 105 kg levende vægt. Grisene havde fri adgang til foder og vand.

Kontrolfoderet var baseret på hvede, byg, sojaskrå, samt 15 % rapskage. Forsøgsfoderet var baseret på hvede, byg og sojaproteinkoncentrat og i gruppe 3 var der endvidere tilsat 7,5 % inulin til foderet. Da rapskage har et relativt højt fiberindhold, blev rapskagen fortrinsvist erstattet med byg i gruppe 2, mens det ligeledes var byg, der blev erstattet af inulin i gruppe 3. I kontrolfoderet blev der endvidere anvendt sukkerrørmelasse, mens der i forsøgsfoderet blev anvendt sukkerroemelasse, hvilket var pga. et højere indhold af svovl i melasse fra sukkerrør.

Methioninindholdet i forsøgsfoderet blev reduceret med 0,1 g ford. methionin pr. FESv (ca. 5 %) i forhold til normen for fasefodrede grise [5]. Råproteinindholdet blev ligeledes reduceret til under normen (ca. 8 %), således at cystininholdet blev reduceret til lige omkring normen. De øvrige essentielle aminosyrer fulgte normen. Dette gav et forsøgsfoder med så lille overskud af svovl som muligt, og svovlindholdet i forsøgsfoderet fra gruppe 2 og gruppe 3 blev beregnet til at ligge henholdsvis 43 % og 45 % under kontrolfoderets svovlindhold. Sammenholdt med den forventede indlejring af svovl i grisene, som i meddelelse nr. 843 [8] blev estimeret til ca. 1,3 g svovl pr. kg tilvækst, ville det medføre, at svovlindholdet i gyllen ville blive reduceret med 52-55 %, forudsat at der var samme foderudnyttelse i kontrol- og forsøgshold.

Foderet blev produceret på Danish Agros foderfabrik i Janderup og blev varmebehandlet (min. 81°C) samt pelleteret. Der blev lavet foder til én hel produktionsperiode på én gang og rapskagen, der blev

anvendt, blev oplagret på fabrikken, således at den var fra samme parti til begge runder. Foderets råvaresammensætning fremgår af appendiks 2 og foderet blev analyseret for næringsstoffer af Eurofins.

## Urindhold

To gange i vækstperioden blev der opsamlet tre urinprøver fra tre forskellige grise fra hver sti. De tre prøver fra én sti blev samlet til en samleprøve og nedfrosset. Urinprøverne blev opsamlet ved ca. 50 kg og ved ca. 85 kg. De i alt 16 samleprøver pr. gruppe blev analyseret af Eurofins for indhold af svovl. Resultatet blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i SAS. I den statistiske model indgik gruppe, køn og grisenes vægtinterval (30-65 kg eller 65-105 kg) som klassevariabel.

## Gyllesammensætning

Gyllekummerne i staldsektionerne blev tømt to gange under vækstfasen; efter mellemvejning ved ca. 65 kg (foderskifte fra fase 1 til fase 2 i forsøgsgrupperne) og efter levering af grisene til slagteri. Udslusningen blev foretaget samme dag i et hold. Inden udslusning af gyllen blev gyllehøjden i kummerne målt, så gyllemængden i staldsektionerne kunne bestemmes. Der blev udtaget to gylleprøver fra hver staldsektion i forbindelse med omrøring i fortanken. Gylleprøverne blev frosset ned og ved afslutning af et hold grise blev gylleprøverne sendt til analyse hos Eurofins, hvor de blev analyseret for total kvælstof, ammoniumkvælstof, tørstof, svovl og pH. Der blev udtaget i alt 16 gylleprøver pr. gruppe.

Gyllesammensætningen blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i SAS. I den statistiske model indgik gruppe og grisenes vægtinterval (30-65 kg eller 65-105 kg) som klassevariabel.

## Lugt

Der blev foretaget lugtmålinger på henholdsvis ni måledage fra hold 1 og 2 (1. runde), samt otte måledage fra hold 3 og 4 (2. runde). Måledagene var fordelt jævnt over produktionsperioden og blev foretaget i henholdsvis juni/juli måned og september/oktober måned. På hver måledag blev der opsamlet én luftprøve fra hver staldsektion i tidsrummet fra kl. 11:00 til 11:30. Luftprøverne blev straks fragtet til Teknologisk Institut i Roskilde, hvor de blev analyseret for lugtkoncentration sidst på eftermiddagen den samme dag. Årsagen til, at der blev valgt en hurtig analyse, var at sikre, at så lille andel af specielt de svovlholdige lugtstoffer nåede at diffundere ud af luftposerne [9]. Analysen på Teknologisk Institut blev foretaget i henhold til Dansk Standard [10].

Lugtprøverne blev udtaget i ventilationsafkastet, hvor der blev indsat en Teflon™-slange, der var monteret til en 30 liter Nalophanpose. Prøverne blev udtaget i henhold til Dansk Standard [10] vha. lungeprincippet, dvs. hvor der blev dannet vakuum i en tæt lukket kasse med nalophanposen. Udstyret var placeret udenfor staldrummet, således at grisene ikke blev forstyrret under udtagning af

lugtprøverne. Poserne blev fyldt med 0,9 liter pr. minut, hvilket vil sige, at poserne blev fyldt over ca. 30 minutter.

## **GC til bestemmelse af kemiske stoffer**

Efter udtagning af luftprøver til olfaktometrisk analyse blev der på måledagene opsamlet to prøver pr. staldsektion i adsorptionsrør til analyse for kemiske stoffer. Den første prøve blev opsamlet ca. kl. 12 og den næste ca. kl. 13. Prøverne blev opsamlet på rør indeholdende absorberende materialer, Tenax TA og Carboxograph 5 TD, som er små partikler, hvortil kemiske stoffer bindes, når staldluften suges gennem røret. En pumpe blev indstillet til at yde et flow gennem røret på 100 ml pr. minut og prøven blev opsamlet over ca. 15 minutter. Adsorptionsrørene blev efterfølgende sendt til analyse hos DJF, Århus Universitet, hvor indholdet af kemiske stoffer blev målt ved gaskromatografi med massespektrometrisk detektion (GC-MS).

Der blev desuden på måledagene udtaget luftprøver i 15 liters Tedlarposer. Poserne blev fyldt efter samme metode som udtagning af luftprøver i Nalophanposer til olfaktometrisk analyse og fyldningen blev foretaget ca. kl. 12:30. Disse prøver blev transporteret til DJF, Århus Universitet, og blev samme dag analyseret for indhold af svovlholdige kemiske stoffer ved gaskromatografi med svovlspecifik detektion (GC-ASD).

## **Ammoniak og kuldioxid**

Ammoniak- og kuldioxidkoncentrationen i luftindtaget og udsugningsluften blev målt kontinuerligt. Dette udstyr bestod af pumper, der via teflonslanger pumpede ca. en liter luft pr. minut fra udsugningen i staldsektionerne til apparatet, der analyserede luftens indhold af ammoniak og kuldioxid. Til ammoniakmålingen blev anvendt en Polytron 1 fra Dräger med måleområdet 0-50 ppm, og til kuldioxidmåling blev benyttet en Vaisala med måleområdet 0-5000 ppm.

Der blev på skift sendt luft fra staldsektionerne ind til analyse. En analyseperiode fra en staldsektion varede 10 minutter, og det var den sidst registrerede værdi, der blev lagret. Efter hver måling fra en staldsektion blev der ledt luft udefra gennem måleinstrumenterne i 10 minutter. Luften blev forvarmet til 34 °C, inden den blev pumpet ind i måleapparaterne. Formålet med at sende udeluft igennem måleinstrumenterne og forvarme staldluften inden den blev pumpet ind i måleinstrumenterne, var at gøre ammoniaksensoren stabil i drift.

Ammoniakkoncentrationen blev desuden målt med detektionsrør af mærket Kitagawa en gang hver 14. dag om formiddagen.

## **Temperaturer og luftmængder**

Udetemperatur og staldtemperatur blev løbende målt i staldsektionerne. Endvidere blev ventilationsydelsen i staldsektionerne målt med en Fancor målevinge. Udetemperatur og



staldtemperaturer samt ventilationsydelse blev lagret sammen med de lagrede ammoniak og kuldioxid målinger. Desuden blev temperatur og relativ luftfugtighed registreret med multimeter TSI VelociCalc 8347 i forbindelse med udtagning af lugtprøver.

### **Elektronisk dataopsamlingsudstyr**

Der var monteret et BUS-system, hvortil der var monteret VE18 multisensor, temperaturfølere, ventilationsstyring fra Fancom samt en computer. På computeren var indlagt et softwareprogram fra VengSystem A/S, der bl.a. styrede, at nye data blev lagret fra hvert kammer hver anden time.

### **Emissionsberegninger**

Lugtemissionen pr. 1.000 kg dyr blev beregnet ud fra den målte lugtkoncentration, ventilationsydelse samt gennemsnitlig vægt og antallet af grise i staldsektionen ved følgende formel:

$$OU_E/s \text{ pr. } 1.000 \text{ kg dyr} = (L \times Q \times 1.000) / (W \times N \times 3.600)$$

Hvor

L: Lugtkoncentration,  $OU_E/m^3$

Q: Ventilationsydelse,  $m^3/time$

W: Gennemsnitsvægt pr. dyr på måledagen, kg

N: Antal dyr i sektionerne, stk.

Målte lugtkoncentrationer er logaritmisk fordelt og derfor blev lugtdata logaritmetransformeret inden de indgik i den statistiske analyse. De logaritmetransformerede lugtkoncentrationer og lugtemissioner blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i SAS. I den statistiske model indgik gruppe og runde som klassevariabel, mens dato for udtagning af prøver indgik som tilfældig variabel.

Koncentrationen af kemiske stoffer bestemt ved GC-MS blev omregnet til mikrogram pr.  $m^3$  og derefter omregnet til en emission ud fra ventilationsydelsen og antallet af grise i staldsektionen ved følgende formel:

$$\mu g \text{ kemisk stof/time/dyr} = S \times Q / N$$

Hvor

S: Koncentration,  $\mu g/m^3$

Q: Ventilationsydelse,  $m^3/time$

N: Antal dyr i sektionerne, stk.

Koncentrationer og emissioner af de kemiske stoffer blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i SAS. I den statistiske model indgik gruppe og runde som klassevariabel, mens dato indgik som tilfældig variabel.

I en tidligere undersøgelse er der fundet en lineær sammenhæng mellem de dagligt håndholdte ammoniakmålinger med detektionsrør af typen Kitagawa og de elektronisk opsamlede ammoniakkoncentrationer med Vengudstyr [11]. For hvert hold blev korrektionslinien mellem de målte Kitagawa hver 14. dag og de tidssvarende Veng-registreringer bestemt. Korrektionslinien blev benyttet til at korrigere de elektronisk opsamlede data. Efterfølgende blev ammoniakemissionen beregnet ud fra ammoniakkoncentration, ventilationsydelse og antallet af grise i staldsektionen ved følgende formel:

$$g \text{ NH}_3\text{-N/time/dyr} = (M \times V \times Q \times P) / (R \times T \times N \times 1.000)$$

Hvor

M: Molvægt af N, 14,007 g/mol

V: Koncentration, ppm = ml/m<sup>3</sup>

Q: Ventilationsydelse, m<sup>3</sup>/time

P: Tryk, 1 atm.

R: Gaskonstanten, 0,0821 (l. × atm)/(mol × K)

T: Temperatur i Kelvin (K)

N: Antal dyr i sektionerne, stk.

Ammoniakkoncentrationer og -emissioner blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i SAS. I den statistiske model indgik gruppe og runde som klassevariabel, mens dato indgik som tilfældig variabel.

Signifikansniveauet i de statistiske analyser er korrigeret for tre parvise sammenligninger.

## Resultater og diskussion

### Foderanalyser

Der blev produceret foder to gange under afprøvningen. En ny foderproduktion havde sammenfald med opstart af en ny runde grise. Foderet blev analyseret efter hver foderproduktion.

Foderets analyserede indhold af næringsstoffer fremgår af appendiks 3. Der var et lavere indhold på ca. 5 % methionin i foderet til gruppe 3 i forhold til det planlagte, hvilket betød, at denne gruppe blev fodret ca. 10 % under normen for methionin til slagtesvin. Foderets analyserede indhold af svovl lå

endvidere ca. 10 % under det deklarerede indhold i kontrolfoderet, mens svovlindholdet lå ca. 10 % over det deklarerede indhold i foderet til gruppe 2 og 3. Indholdet af svovl i foderet fra forsøgsgrupperne var derfor i stedet for den planlagte reduktion på 43-45 % kun reduceret med 32-34 % i forhold til foderet fra kontrolholdet. Derfor var det forventeligt, at reduktionen i gyllens indhold af svovl i forhold til kontrolgruppen ikke som forventet ville være 52-55 %, men kun 39-42 %.

For de øvrige analyserede næringsstoffer var der god overensstemmelse imellem det deklarerede indhold og det analyserede indhold i foderet.

## Produktionsresultater

Det var ikke formålet, at afprøvningen skulle vise en eventuel forskel på grisenes produktivitet imellem foderblandingerne. Hertil er fire gentagelser for lidt. De gennemsnitlige produktionsresultater fremgår af appendiks 4, som dog viser relativt store numeriske forskelle imellem gruppernes produktivitet.

Alle grise blev leveret på samme dato til slagteriet og da tilvæksten i kontrolgruppen var numerisk noget lavere i de fire gentagelser, medførte det, at grisenes afgangsvægt var ca. 6 kg lavere i kontrolgruppen end afgangsvægten i gruppe 2 og 3. Tilsætningen af 15 % raps til foderet i kontrolgruppen kan have medvirket til den lavere tilvækst i denne gruppe, hvilket senere er vist i en afprøvning med raps til slagtesvin [12]. Kødprocenten i kontrolgruppen var endvidere numerisk henholdsvis 1,3 og 0,9 procentenheder højere end gruppe 2 og 3, hvilket dels kan tilskrives den lavere daglige tilvækst, men sandsynligvis også det lavere råproteinindhold og underindholdet af methionin i forsøgsfoderet til de to forsøgsgrupper.

## Ammoniakemission

Analyseresultaterne af gylleprøverne udtaget midt i og sidst i vækstperioden fremgår af tabel 2.

**Tabel 2.** Sammensætning af gylle ab stald.

Gruppe	1 - Kontrol	2 – Lav svovl	3 – Lav svovl + Inulin
Antal samleprøver, stk.	16	16	16
Total kvælstof, g/kg	4,40 <sup>a</sup>	4,25 <sup>a</sup>	4,00 <sup>b</sup>
Ammoniumkvælstof, g/kg	3,12 <sup>d</sup>	2,92 <sup>e</sup>	2,72 <sup>f</sup>
Tørstof, pct.	4,98	5,01	4,76
pH-værdi	7,40 <sup>d</sup>	7,29 <sup>d</sup>	7,04 <sup>e</sup>

<sup>a, b, c</sup>) I samme række: angiver statistisk sikker forskel ( $p < 0,05$ ).

<sup>d, e, f</sup>) I samme række: angiver statistisk sikker forskel ( $p < 0,01$ ).

Der var ikke effekt af grisenes alder på de målte værdier i gyllen.

Det var forventet, at gyllens indhold af total kvælstof og ammoniumkvælstof ville være lavere i forsøgsgrupperne end i kontrolgruppen som følge af kontrolfoderets højere indhold af råprotein. Dog var indholdet af total kvælstof ikke statistisk sikkert lavere i gruppe 2 i forhold til kontrolgruppen, selv om råproteinindholdet i foderet over vækstperioden var reduceret med henholdsvis 2,8 procentenheder og 3,5 procentenheder for gruppe 2 og gruppe 3 (se appendiks 3). Der er ikke umiddelbart en forklaring på det målte høje indhold af total kvælstof og ammoniumkvælstof i gyllen fra gruppe 2 i forhold til gruppe 3.

De målte pH-værdier stemte godt overens med det analyserede indhold af ammoniumkvælstof i gyllen, således at pH faldt med faldende indhold af ammoniumkvælstof.

I appendiks 5 er opstillet den gennemsnitlige staldtemperatur, luftydelse, koncentration af kuldioxid og ammoniak, samt ammoniakemissionen pr. gris pr. time for de enkelte hold.

I tabel 3 er den gennemsnitlige ammoniakemission pr. gris pr. time i vækstperioden opgjort.

**Tabel 3.** Resultat af NH<sub>3</sub>-målinger.

Gruppe	1 - Kontrol	2 – Lav svovl	3 – Lav svovl + inulin
g NH <sub>3</sub> -N pr. gris pr. time	0,388 <sup>a</sup>	0,321 <sup>b</sup>	0,257 <sup>c</sup>

<sup>a, b, c</sup>) I samme række: angiver statistisk sikker forskel ( $p < 0,001$ ).

Der var statistisk sikker effekt af runde på ammoniakemissionen. Ammoniakemissionen var således 22 % højere i sommerperioden i forhold til efterårsperioden, hvilket kan tilskrives den højere temperatur og den højere ventilationsydelse i sommerperioden (se appendiks 5).

Den målte ammoniakemission var høj i denne afprøvning i forhold til resultater fundet i tidligere afprøvninger [3], [8], hvor ammoniakemissionen blev målt til henholdsvis 0,238 og 0,268 g NH<sub>3</sub>-N pr. gris pr. time fra kontrolgrupperne. Ammoniakemissionen målt som g NH<sub>3</sub>-N pr. gris pr. time var i gruppe 2 reduceret 17 % i forhold til kontrolgruppen som følge af det reducerede råproteinindhold i foderet, mens den var reduceret med 34 % i gruppe 3 i forhold til kontrolgruppen som følge af det reducerede råproteinindhold kombineret med tilsætningen af inulin til foderet.

Når man udregner ammoniakemissionen pr. produceret gris fra 32 til 107 kg, som er den gennemsnitlige vækstperiode i en slagtesvineproduktion, bliver forskellen imellem kontrolgruppen og forsøgsgrupperne større, da kontrolgruppen teoretisk skulle opstaldes ca. 6,5 dage længere i stalden end forsøgsgrupperne, pga. den ringere daglige tilvækst. Forskellen imellem forsøgsgrupperne og kontrolgruppen vil dermed være 23 % og 38 % for henholdsvis gruppe 2 og gruppe 3.

Forskellen i ammoniakemissionen imellem gruppe 2 og gruppe 3 på 20 % kan ikke kun tilskrives tilsætningen af 7,5 % inulinkoncentrat, da det analyserede råproteinindhold i foderet til gruppe 3 lå 0,7 procentenheder under gruppe 2. Teoretisk ville reduktionen i råproteinindholdet, korrigeret for det numerisk højere foderforbrug i gruppe 3, betyde 6-7 % lavere ammoniakemission i gruppe 3. Den resterende del af reduktionen i ammoniakemission, som kan tilskrives inulinen, vil dermed udgøre 13-14 %. Denne reduktion er i overensstemmelse med [6], hvor der blev fundet 33 % og 34 % reduktion i ammoniakemission, når der blev tilsat 15 % inulin til foderet. Der var også i [6] et lavere råproteinindhold i forsøgsfoderet med inulin.

## Svovl

Svovlindholdet i de opsamlede urinprøver og i gylleprøverne er opgjort i tabel 4.

**Tabel 4.** Svovlindhold i urinprøver og gylleprøver (ab stald).

Gruppe	1 - kontrol	2 –Lav svovl	3 – Lav svovl + inulin
Antal prøver, stk.	16	16	16
Svovl i urinprøver, g/kg	0,65 <sup>a</sup>	0,45 <sup>b</sup>	0,34 <sup>b</sup>
Antal prøver, stk.	16	16	16
Svovl i gylleprøver, g/kg	0,36 <sup>c</sup>	0,31 <sup>d</sup>	0,30 <sup>d</sup>

<sup>a, b)</sup> I samme række, angiver statistisk sikker forskel ( $p < 0,05$ ).

<sup>c, d)</sup> I samme række, angiver statistisk sikker forskel ( $p < 0,01$ ).

Der blev ikke fundet effekt af grisenes køn eller alder på urinens indhold af svovl. Koncentrationen af svovl i urinen var som forventet lavere i gruppe 2 og 3, som følge af det lavere indhold af fordøjeligt methionin og cystin i forsøgsfoderet. Den analyserede forskel i urinprøverne var henholdsvis 31 % og 48 %, hvor den forventede forskel mellem kontrolgruppen og forsøgsgrupperne var beregnet til henholdsvis 30 % og 32 %. Svovlindholdet i urinprøverne fra gruppe 3 var altså lavere end forventet, men dog ikke statistisk sikkert lavere end i gruppe 2.

Der blev ikke fundet effekt af grisenes alder på gyllens indhold af svovl. Der blev fundet et lavere svovlindhold i gyllen fra gruppe 2 og 3 i forhold til kontrolgruppen. Det målte svovlindhold i gyllen er ab stald og skal derfor vurderes i forhold til den fordampede svovl i form af svovlholdige kemiske stoffer, bl.a. svovlbrinte, methanthiol og dimethylsulfid, hvor langt den væsentligste er svovlbrinte. I tabel 5 er fordampningen af svovl opstillet i forhold til svovlmængden i gyllen. Gyllemængden blev opmålt i forbindelse med udslusning af gyllen og vægtfylden blev fastsat til 1,02 kg/l ud fra stikprøvevejninger.

**Tabel 5.** Svovlfordampning.

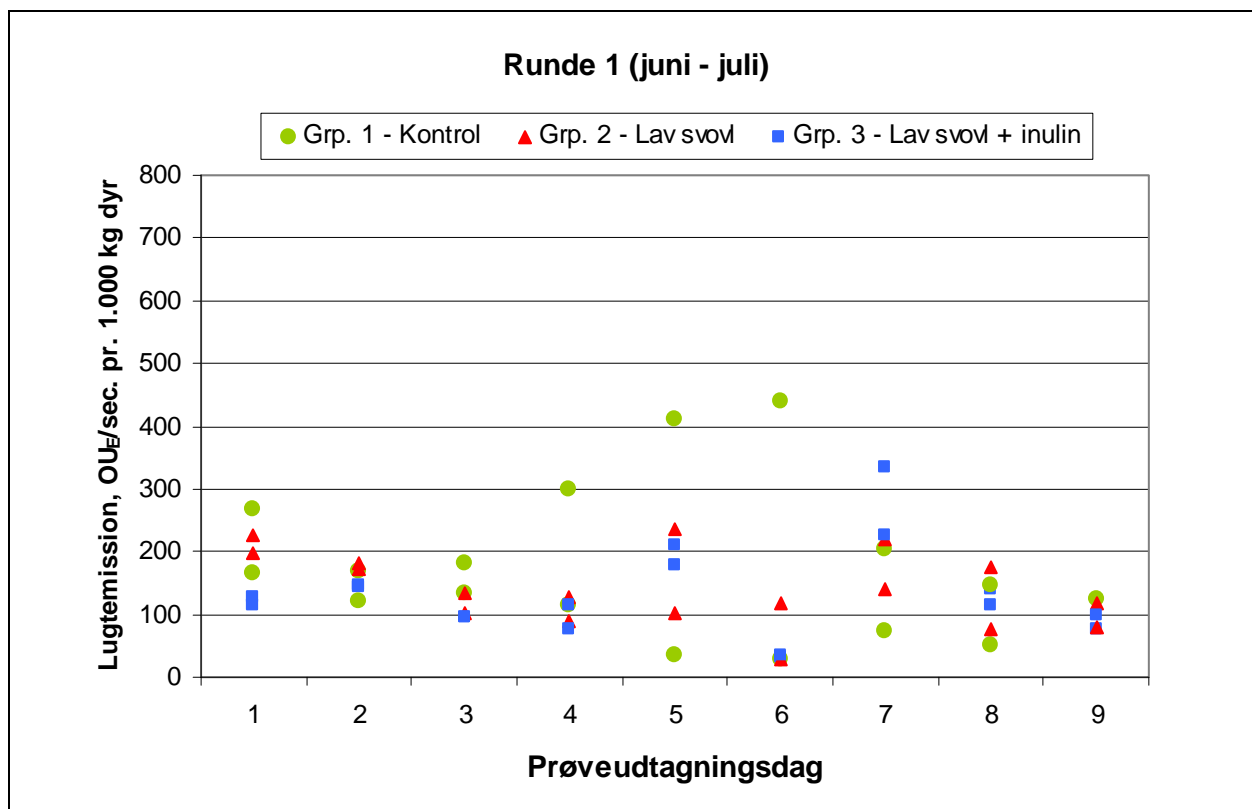
Gruppe	1 - Kontrol	2 – Lav svovl	3 – Lav svovl + Inulin
Svovlfordampning <sup>1</sup> , kg	9,7	6,3	4,7
Svovl i gylle ab stald, kg	22,3	16,9	16,6
Svovl ab dyr, kg	32,0	23,2	21,3
Fordampet svovl, %	30	27	22

<sup>1</sup>) Svovlfordampningen fra svovlbrinte og de øvrige svovlholdige kemiske stoffer er estimeret ud fra enkeltstofanalyserne og ventilationsmængden på de 17 måledage.

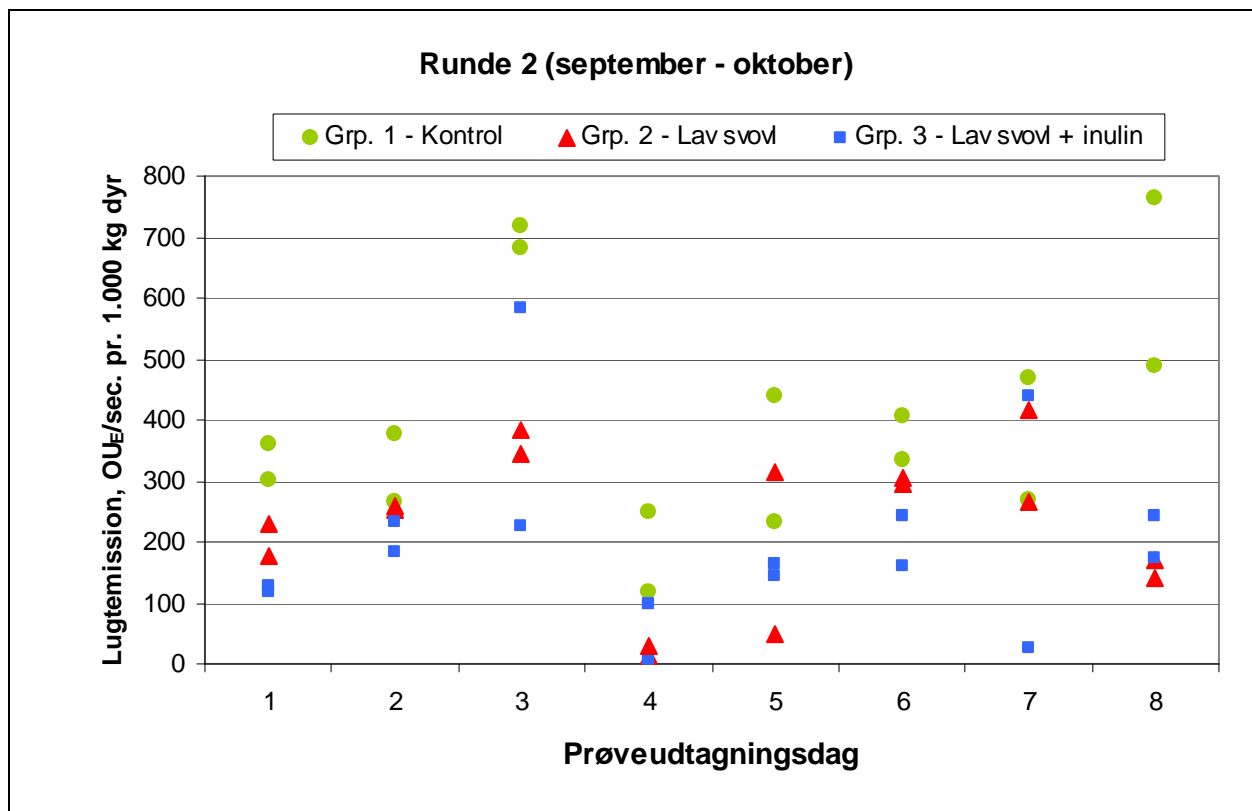
Fordampningen af svovl fra gyllen i forhold til den tilgængelige svovl i gyllen (svovl ab dyr) var på henholdsvis 30 %, 27 % og 22 % i de tre grupper. Det var forventet, at den procentvise fordampning eventuelt ville være større fra gruppe 3, da pH i gyllen var lavere i denne gruppe. Når pH er lavt vil en større andel af sulfiden være på formen  $H_2S$ , frem for på formen  $HS^-$ . pKa-værdien for svovlbrinte er 7,06, hvilket er det pH, hvor sulfid er ligeligt fordelt mellem  $H_2S$  og  $HS^-$ . At svovlbrinteemissionen fra gruppe 3 var mindre end fra gruppe 2, samtidig med, at pH i gyllen var signifikant lavere i gruppe 3, kan betyde, at tilsætningen af inulin til foderet og den deraf følgende større/ændrede mikrobielle aktivitet havde en reducerende effekt på dannelsen af svovlbrinte i gyllen. Dog er det under den antagelse at pH i gylleoverfladen ligeledes var forskellig imellem de to grupper.

## Lugtemissionen

I appendiks 6 er opstillet de målte lugtkoncentrationer for de enkelte hold og i figur 1 og 2 er lugtkoncentrationerne omregnet til lugtemission pr. 1000 kg dyr, via ventilationsydelsen og kg dyr i staldsektionen.



Figur 1. Lugtemissionen fra staldsektionerne på de enkelte prøveudtagningsdage fra hold 1 og 2.



Figur 2. Lugtemissionen fra staldsektionerne på de enkelte prøveudtagningsdage fra hold 3 og 4.

I tabel 6 fremgår de gennemsnitlige værdier af de beregnede lugtemissioner i de to runder.

**Tabel 6.** Resultat af lugtmålinger.

Gruppe	1 - kontrol	2 – Lav svovl	3 – Lav svovl + inulin
1. runde (juni-juli):			
OU <sub>E</sub> /sek. pr. 1000 kg dyr	140 <sup>c</sup>	130	110
(95 %-konfidensinterval)	(90 – 220)	(80 – 190)	(70 – 170)
2. runde (september-oktober):			
OU <sub>E</sub> /sek. pr. 1000 kg dyr	360 <sup>a,d</sup>	170 <sup>b</sup>	140 <sup>b</sup>
(95 %-konfidensinterval)	(230 – 580)	(110 – 270)	(90 – 230)

<sup>a, b</sup> I samme række, angiver statistisk sikker forskel ( $p < 0,001$ ).

<sup>c, d</sup> I samme søjle, angiver statistisk sikker forskel ( $p < 0,01$ ).

Der var i afprøvningen vekselvirkning imellem gruppe og runde, således at der var statistisk sikker højere lugtemission fra kontrolgruppen i afprøvningens anden runde. Der er ikke fundet nogen forklaring på kontrolgruppens højere lugtemission i anden runde. Således var både produktionsresultater og foderanalyser meget ens i de to runder, omend tilvæksten i kontrolgruppen i begge runder var på et lavt niveau i forhold til forsøgsgrupperne. Forsøgsgruppernes lugtemission var derimod ikke statistisk sikkert højere i anden runde i forhold til første runde.

På grund af kontrolgruppens forskellige lugtemission i de to runder er resultaterne sammenlignet hver runde for sig. I runde 1, som er de lugtprøver, der blev opsamlet i juni og juli måned, var lugtemissionen fra kontrolgruppen og de to forsøgsgrupper ikke statistisk sikkert forskellige. I runde 2 derimod var der statistisk sikker forskel imellem kontrolgruppen og de to forsøgsgrupper. Lugtemissionen fra forsøgsgrupperne var i forhold til kontrolgruppen henholdsvis 53 % mindre i gruppe 2 (Lav svovl) og 61 % mindre i gruppe 3 (Lav svovl + inulin).

Der var ikke forskel på lugtemissionen mellem de to forsøgsgrupper: gruppe 2 og gruppe 3, hverken i første eller anden runde.

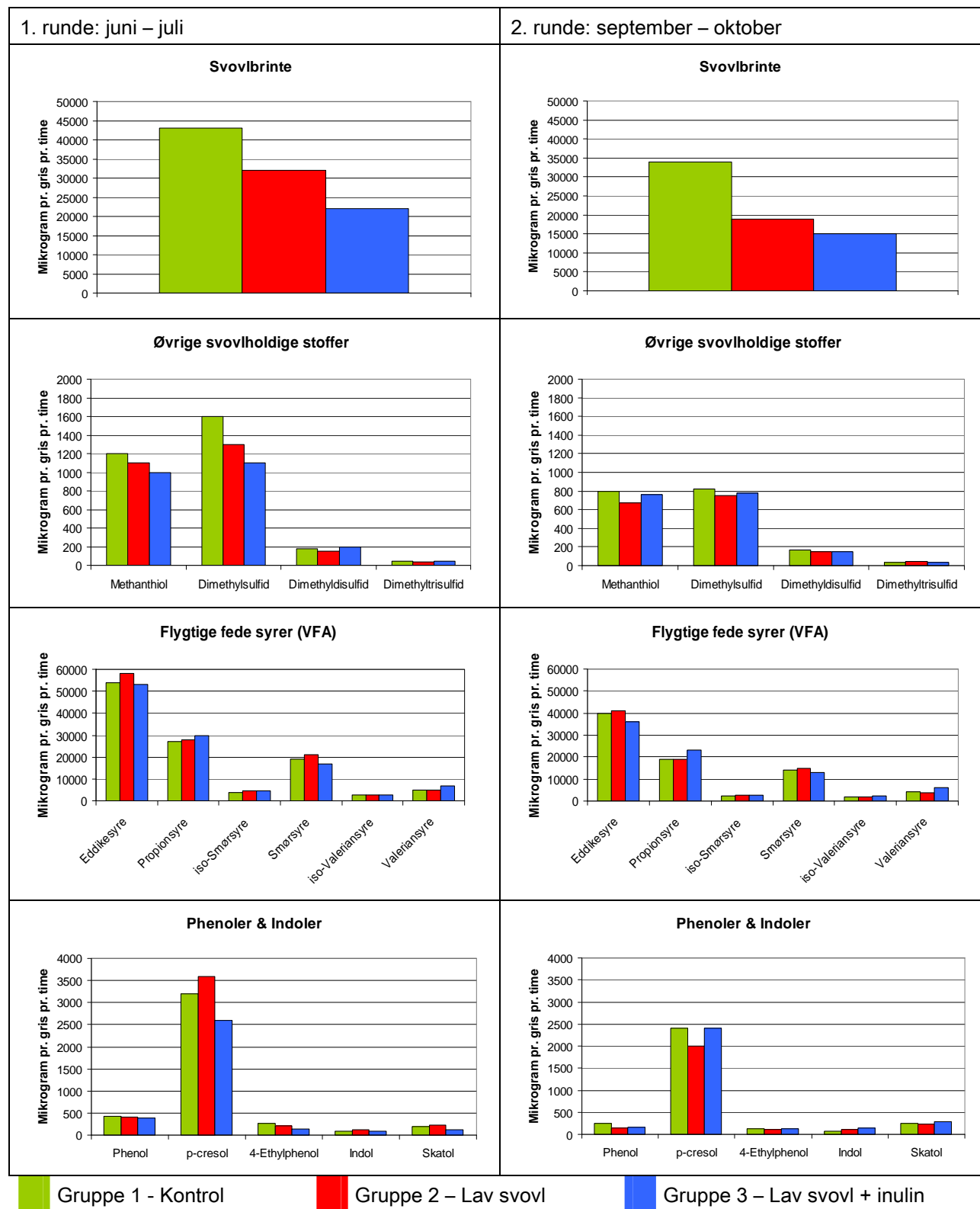
## Enkeltstoffer

I appendiks 7 er resultaterne af enkeltstofanalyserne opgjort og i appendiks 8 er koncentrationerne omregnet til emission. I figur 3 er resultaterne illustreret. Som det fremgår af appendiks 7 var koncentrationerne i staldluften generelt højest i runde 2, men til gengæld var ventilationen lavere i runde 2, hvilket medførte, at omregnet til emission, var emissionen for langt de fleste stoffer højest i runde 1, dvs. i perioden juni – juli. For de flygtige carboxylsyrer (undtagen valeriansyre, hexansyre og heptansyre) og stoffet phenol var der statistisk sikker lavere emission i runde 2 i forhold til runde 1 for alle grupperne. For de øvrige stofgrupper var forskellen mindre tydelig og ikke signifikant for alle



grupperne, bl.a. svovlbrinte, methanthiol, dimethylsulfid, p-cresol og 4-ethylphenol var der kun statistisk sikker lavere emission i runde 2 for gruppe 1 og 2. Og for stofferne indol og skatol var der endda statistisk sikker højere emission i runde 2 for gruppe 3. Det ville ud fra enkeltstofanalyserne altså være forventeligt, at lugtemissionen ville være højest i runde 1, men som det fremgår af tabel 6, blev den største lugtemission målt ved olfaktometri fundet i runde 2. Den statistisk sikkert forøgede lugtemission fra kontrolholdet i runde 2 kan altså ikke umiddelbart forklares med de målte enkeltstoffer.

De statistiske beregninger imellem de målte enkeltstoffer fra grupperne er angivet i appendiks 7 og 8. Der blev specielt for svovlbrinte fundet en lavere emission fra forsøgsgrupperne i forhold til kontrolgruppen. Svovlbrinteemission fra gruppe 2 var henholdsvis 25 % (ikke signifikant) og 44 % lavere og for gruppe 3 henholdsvis 49 % og 56 % lavere for sommer- og efterårsperioden. Der er tidligere vist en god sammenhæng imellem de målte lugtkoncentrationer og svovlbrintekoncentrationerne målt på de samme dage [2], [3], men denne sammenhæng kunne ikke genfindes i denne afprøvning. For de øvrige svovlholdige stoffer blev der ikke fundet væsentlige forskelle imellem grupperne, men for methanthiol og dimethylsulfid var henholdsvis 30 % og 40 % af målingerne under detektionsgrænsen, hvilket gav et mindre datamateriale. Numerisk var forskellen imellem kontrolgruppen og forsøgsgrupperne dog minimal. Methanthiol er interessant, da det er et af de stoffer, der har den laveste lugttærskel, dvs. som kan lugtes i meget små koncentrationer. Lugttærskelværdien angives til at være under 0,01 mikrogram pr. m<sup>3</sup>, mens den for svovlbrinte angives til højere end 0,1 mikrogram pr. m<sup>3</sup> [1]. Så selv om emissionen af methanthiol var ca. 30 gange lavere end svovlbrinte, kan methanthiol have haft ligeså stor indflydelse på den målte lugtkoncentration som svovlbrinte. Lugttærskelværdien for dimethylsulfid er af [1] angivet til at være på samme niveau eller lidt højere end svovlbrinte. Dimethylsulfid forventes derfor ikke at spille den store rolle i de målte lugtkoncentrationer, da koncentrationen ikke er højere end koncentrationen af methanthiol.



Figur 3. Resultatet af enkeltstofmålingerne.

Af de flygtige carboxylsyrer angives iso-valeriansyre og smørsyre til at have de laveste lugttærskelværdier [1]. Emissionen af disse to stoffer var dog meget ens i de tre grupper. For valeriansyre, hexansyre og heptansyre blev det fundet, at gruppe 3 havde en statistisk sikker højere emission end gruppe 1 og 2. Valeriansyre havde den højeste emission, men stadig 2-3 gange lavere end smørsyre og havde en lugttærskel, der var højere end smørsyres. Disse tre carboxylsyrer forventes derfor ikke at have indflydelse på den målte lugtkoncentration.

Fra phenol og indol gruppen er p-cresol det stof, der både har den laveste lugttærskel og den højeste koncentration. p-cresol's lugttærskel angives til at være over 0,05 mikrogram pr. m<sup>3</sup> [1], men som det fremgår af appendiks 8 blev der også fundet ca. tre gange så høj koncentration af p-cresol i forhold til methanthiol. p-cresol kan således også have haft indflydelse på den målte lugtkoncentration. I runde 1 var emissionen af p-cresol signifikant lavere i gruppe 3 end i gruppe 2, mens der ikke var forskel i runde 2.

## Konklusion

Denne afprøvning, hvor kontrollfoderet havde et højt svovlindhold og forsøgsfoderet et lavt svovlindhold, viste, at emissionen af svovlbrinte kunne nedsættes og at denne reduktion blev forstærket ved at tilsætte inulin til foderet. Det lavere svovlindhold i foderet betød endvidere, at den målte lugtemission blev reduceret, sandsynligvis som følge af en lavere emission af svovlholdige kemiske stoffer. Denne reduktion i lugtemissionen var dog kun statistisk sikker i afprøvningens anden runde.

Luftprøverne til olfaktometrisk måling viste en numerisk højere lugtemission fra staldsektionerne i afprøvningens anden runde (efterår) i forhold til første runde (sommer) og forskellen var statistisk sikker for kontrolgruppen. Der blev ikke fundet forskel på gruppernes lugtemission i afprøvningens første runde, mens lugtemissionen var statistisk sikkert lavere fra forsøgsgrupperne i anden runde i forhold til kontrolgruppen. Forskellen i anden runde var henholdsvis 53 % og 61 % fra gruppe 2 og gruppe 3. Der var ikke statistisk sikker forskel imellem gruppe 2 og gruppe 3 i hverken første eller anden runde.

Luftprøverne til GC-ASD analyse viste en svovlbrintekoncentration svarende til en emission på gennemsnitligt 38 mg, 26 mg og 18 mg svovl pr. gris pr. time for henholdsvis kontrolgruppen, gruppe 2 og gruppe 3 og forskellen var statistisk sikker mellem kontrolgruppen og forsøgsgrupperne i anden runde, mens den kun var statistisk sikker forskellig imellem kontrolgruppen og gruppe 3 i første runde. Der var ikke statistisk sikker forskel på svovlbrinteemissionen fra gruppe 2 og gruppe 3. Svovlbrinteemissionen svarede til henholdsvis 74 g, 49 g og 36 g svovlemission pr. produceret gris i de tre grupper. Svovlemissionen blev altså reduceret som følge af det reducerede svovlindhold i forsøgsfoderet. Emissionen af de øvrige målte svovlholdige kemiske stoffer: methanthiol,

dimethylsulfid, dimethyldisulfid og dimethyltrisulfid var ikke statistisk forskellige og viste en gennemsnitlig svovlemission på 3 g pr. produceret gris. Svovlemissionen fra svovlbrinte udgjorde dermed 92-96 % af den samlede svovlemission.

Ud fra koncentrationen af kemiske stoffer målt ved GC-MS blev emissionen pr. gris pr. time beregnet. Generelt blev den største emission af kemiske stoffer fundet i første runde (sommerperioden) og for de fleste flygtige carboxylsyrer og phenol var forskellen imellem runderne statistisk sikker. Emissionen af enkeltstoffer kunne altså ikke forklare den højere lugtemission fra kontrolgruppen i afprøvningens anden runde.

Ammoniakemissionen pr. gris pr. time var statistisk sikker forskellig imellem grupperne som følge af det reducerede råproteinindhold i forsøgsfoderet og den tilsatte inulin til foderet i gruppe 3. Således var ammoniakemissionen udregnet pr. produceret gris reduceret med henholdsvis 23 % og 38 % for gruppe 2 og gruppe 3 i forhold til kontrolgruppen. Forskellen på ammoniakemissionen imellem gruppe 2 og gruppe 3 var 20 %.

# Referencer

- [1] O'Neill, D.H. og V.R. Phillips (1992). A Review of the Control of Odour Nuisance from Livestock Buildings: Part 3, Properties of the Odorous Substances which have been Identified in Livestock Wastes or in the Air around them. J. Agric. Eng. Res., vol. 53, p. 23-50.
- [2] Petersen, S.O. (2009). Hvad betyder lagringsbetingelserne for lugt, ammoniak og drivhusgasser? Temamøde vedr. svin. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF) Aarhus Universitet.
- [3] Holm, M. (2010). Effekt af fibre og reduceret svovlindhold på lugt fra slagtesvin. [Meddelelse nr. 889. Videncenter for Svineproduktion, L & F.](#)
- [4] Poulsen H.V., B.B. Jensen (2009). Dannelsen af svovlforbindelser i gyllen og betydning for lugtudvikling. Temamøde vedr. svin. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF) Aarhus Universitet.
- [5] Jørgensen, L. og P. Tybirk, 2008. [Normer for næringsstoffer](#), 15. udgave. Videncenter for Svineproduktion, L & F.
- [6] Hansen, C.F., A. Schäefer, M. Lyngbye (2005). Indflydelse af inulin i foderet på udskillelsen af lugt og ammoniak fra slagtesvin. [Meddelelse nr. 724, Dansk Svineproduktion.](#)
- [7] Maribo, H., C.C. Magnussen og B.B. Jensen, 2010. Hangrise fodret med 15% cikorie. [Meddelelse nr. 876. Videncenter for Svineproduktion, L & F.](#)
- [8] Holm, M., M. Lyngbye, H.D. Poulsen og C.F. Hansen (2009): Sammenligning af tre proteinniveauer i foder til slagtesvin med hensyn til ammoniak og lugt. [Meddelelse nr. 843, Videncenter for Svineproduktion, L & F.](#)
- [9] Mochalski, P., B. Wzorek, I. Sliwka, A. Amann (2009). Suitability of different polymer bags for storage of volatile sulphur compounds relevant to breath analysis. Journal of Chromatography B, 877, p. 189-196.
- [10] Dansk Standard (2003) Luftundersøgelse - Bestemmelse af lugtkoncentration ved brug af dynamisk olfaktometri. Udtagning af prøver til lugtanalyse. DS/EN 13725:2003. analyseforskrift 66009-ANF-016-udgave 06. Dansk Standard.
- [11] Lyngbye, M. og G. Sørensen (2005). Metode til test af fodringens indflydelse på ammoniak- og lugtemissionen. [Meddelelse nr. 691, Videncenter for Svineproduktion, L & F.](#)
- [12] Afprøvning 1058 – under publicering. Rapskage og Solsikkeskrå gav forringet produktivitet. Videncenter for Svineproduktion, L & F.

## Deltagere

**Teknikere:** Ib Dahl Jensen, Tommy Nielsen, Jens Ove Hansen, Videncenter for Svineproduktion

**Stationsleder:** Peter Juhl Rasmussen, Videncenter for Svineproduktion

**Statistikere:** Mai Britt Friis Nielsen, Videncenter for Svineproduktion

**Afprøvning nr.:** 1028 - Afprøvningen blev foretaget af Videncenter for Svineproduktion på Forsøgsstation Grønhøj.

# Appendiks 1

## Staldudformning

Antal sektioner	4
Areal pr. sektion	4,84 m × 6,00 m
Loftshøjde	2,50 m
Antal stier pr. sektion	2
Antal grise	16 grise pr. sti, 32 grise pr. sektion
Stidimensioner	2,40 m × 4,80 m
Hvileareal	1/3 drænet gulv af betonelementer, bjælkebredde 15 cm og spaltebredde 1,8 cm
Gødeareal	2/3 betonspaltegulv, bjælkebredde 6,5 cm og spaltebredde 2,0 cm
Gyllekumme	Én samlet gyllekumme under hver sti. Dybde til underkant af spalte: 60 cm. Spalterne er ca. 10 cm tykke.
Inventar	Lukkede stadskelelser, men åbne i gødeareal.
Overbrusning	Én dyse pr. sti over gødeareal (i vinterperioden overbruses ikke)
Ventilation	Diffus ventilation (luftindtag via mineraluld og træbeton)
Fodring	Én simpel tørfoderautomat pr. sti. Tørfoder ad libitum
Vandtildeling	Én drikkekop pr. sti.

## Appendiks 2

Foderets råvaresammensætning, indhold i procent.

Gruppe	1 – Kontrol	2 – Lav svovl		3 – Lav svovl + inulin	
	30-110 kg	30-65 kg	65-110 kg	30-65 kg	65-110 kg
Vægtinterval					
Hvede	51,1	51,2	55,6	51,5	56,6
Byg	15,0	30,0	30,0	22,5	22,5
Rapskage	15,0	-	-	-	-
Sojaskrå, afskallet	12,1	-	-	-	-
Sojaprotein konc. (HP 200)	-	12,0	8,4	12,9	8,7
Inulin (99 %)	-	-	-	7,5	7,5
Vegetabilsk fedt	1,9	1,3	0,9	1,2	0,7
Melasse, sukkerrør	2,5	-	-	-	-
Melasse, roe	-	2,0	2,0	1,0	1,0
Foderkridt	1,37	1,64	1,41	1,68	1,45
Monocalciumfosfat	0,21	0,61	0,52	0,54	0,47
Fodersalt	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
L-lysinhydrochlorid, 98,5 %	0,19	0,36	0,35	0,34	0,35
DL-methionin, 100 %	0,02	0,06	0,04	0,05	0,04
L-treonin, 98,5 %	0,03	0,13	0,14	0,12	0,14
Tryptofan	-	-	0,004	-	0,005
Vitamin- og mineralpremix <sup>1</sup>	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23

1) Inkl. Phyzyme XP (1000 FTU/kg).

## Foderets beregnede indhold af mineraler og aminosyrer

Gruppe	1 - Kontrol		2 – Svovl-reduktion			
	Enhedsblanding		Fase 1 foder		Fase 2 foder	
-	g pr. kg	g ford. pr. FEsv	g pr. kg	g ford. pr. FEsv	g pr. kg	g ford. pr. FEsv
Råprotein	174	130	153	120	139	107
Fosfor	4,4	2,40	4,4	2,45	4,1	2,20
Calcium	7,8	-	8,4	-	7,2	-
Svovl	2,64	-	1,54	-	1,45	-
Lysin	9,7	7,40	9,4	7,70	8,3	6,70
Methionin	2,9	2,30	2,7	2,20 <sup>1</sup>	2,4	1,89 <sup>1</sup>
Methionin + cystin	6,5	4,95	5,6	4,38	5,1	3,92
Treonin	6,6	4,90	6,4	5,00	5,8	4,50
Tryptofan	2,2	1,62	1,9	1,43	1,7	1,30
Isoleucin	6,7	5,07	6,1	4,82	5,3	4,15
Leucin	12,1	9,13	10,5	8,27	9,3	7,22
Histidin	4,4	3,32	3,6	2,81	3,2	2,46
Fenylalanin	7,8	5,97	7,1	5,63	6,3	4,97
Fenylalanin + tyrosin	13,4	10,14	12,2	9,59	10,8	8,41
Valin	8,2	6,00	7,2	5,54	6,5	4,85

<sup>1)</sup> Optimeret til ca. 5 % under normen.



Gruppe	1 - Kontrol		3 – Svovl-reduktion + inulin			
	Enhedsblanding		Fase 1 foder		Fase 2 foder	
-	g pr. kg	g ford. pr. FEsv	g pr. kg	g ford. pr. FEsv	g pr. kg	g ford. pr. FEsv
Råprotein	174	130	154	121	137	106
Fosfor	4,4	2,40	4,4	2,45	4,0	2,20
Calcium	7,8	-	8,4	-	7,2	-
Svovl	2,64	-	1,50	-	1,39	-
Lysin	9,7	7,40	9,4	7,70	8,3	6,70
Methionin	2,9	2,30	2,7	2,20 <sup>1</sup>	2,4	1,92 <sup>1</sup>
Methionin + cystin	6,5	4,95	5,6	4,38	5,1	3,93
Treonin	6,6	4,90	6,4	5,00	5,8	4,50
Tryptofan	2,2	1,62	1,9	1,45	1,7	1,30
Isoleucin	6,7	5,07	6,2	4,92	5,3	4,14
Leucin	12,1	9,13	10,7	8,42	9,3	7,19
Histidin	4,4	3,32	3,7	2,86	3,2	2,45
Fenylalanin	7,8	5,97	7,2	5,70	6,3	4,93
Fenylalanin + tyrosin	13,4	10,14	12,3	9,73	10,7	8,34
Valin	8,2	6,00	7,3	5,63	6,4	4,82

<sup>1)</sup> Optimeret til ca. 5 % under normen.

## Appendiks 3

Foderets deklarerede og analyserede indhold af næringsstoffer

Gruppe	1 – kontrol		2 – Lav svovl			
	Enhedsblanding		Fase 1 foder		Fase 2 foder	
-	Deklareret	Analyseret	Deklareret	Analyseret	Deklareret	Analyseret
FEsv, pr. 100 kg	111	109,5	111	109,3	111	109,0
Råprotein, %	17,4	17,5	15,4	15,5	13,9	14,1
Råfedt, %	5,1	4,9	3,3	3,4	3,0	2,7
Aske, %	4,9	5,0	5,1	4,6	4,3	4,2
Vand, %	13,4	12,5	13,0	12,3	14,0	12,5
Fytaseaktivitet	1000	1515	1000	959	1000	874
<b>G pr. kg</b>						
Calcium	7,8	8,3	8,4	9,0	7,2	7,9
Fosfor	4,4	5,0	4,4	4,8	4,0	4,3
Svovl	2,64	2,41	1,54	1,71	1,45	1,56
Lysin	9,7	9,8	9,4	9,4	8,3	8,4
Methionin	2,9	2,9	2,7	2,7	2,4	2,4
Methionin + cystin	6,5	6,4	5,6	5,5	5,1	5,0
Treonin	6,6	6,7	6,4	6,3	5,8	5,8

Gruppe	1 – Kontrol		3 – Lav svovl + inulin			
	Enhedsblanding		Fase 1 foder		Fase 2 foder	
	Deklareret	Analyseret	Deklareret	Analyseret	Deklareret	Analyseret
-	111	109,5	111	111,8	111	110,3
<b>FESv, pr. 100 kg</b>	111	109,5	111	111,8	111	110,3
<b>Råprotein., %</b>	17,4	17,5	15,4	14,9	13,7	13,4
<b>Råfedt, %</b>	5,1	4,9	3,3	3,1	2,7	2,5
<b>Aske, %</b>	4,9	5,0	5,1	4,5	4,6	4,2
<b>Vand, %</b>	13,4	12,5	13,0	12,0	13,4	12,1
<b>Fytaseaktivitet</b>	1000	1515	1000	1020	1000	861
<b>G pr. kg</b>						
Calcium	7,8	8,3	8,4	8,5	7,2	7,7
Fosfor	4,4	5,0	4,4	4,4	4,0	4,1
Svovl	2,64	2,41	1,50	1,69	1,39	1,48
Lysin	9,7	9,8	9,4	9,2	8,3	8,1
Methionin	2,9	2,9	2,7	2,6	2,4	2,2
Methionin + cystin	6,5	6,4	5,6	5,2	5,1	4,7
Treonin	6,6	6,7	6,4	6,2	5,8	5,5

# Appendiks 4

## Produktionsresultater

Gruppe	1 - Kontrol	2 – Lav svovl	3 – Lav svovl + inulin
Antal grise indsat, stk.	128	128	128
Antal grise leveret, stk.	116	117	118
Vægt ved indsættelse, kg	30,0	30,2	30,2
Vægt ved afgang, kg	101,4	107,3	107,2
Daglig tilvækst, g	816	886	884
Foder pr. svin dagligt, FEsv	2,30	2,43	2,53
Foder pr. kg tilvækst, FEsv	2,81	2,74	2,86
Gns. kødprocent, pct.	60,6	59,3	59,7
Udtaget til sygesti, stk.	12	8	9
Døde og kasserede, stk.	0	3	1

## Appendiks 5

Klima- og ventilationsforhold, samt gennemsnit af målte CO<sub>2</sub>- og NH<sub>3</sub>-koncentrationer

Hold	Gruppe	Antal måledage	Udetemp.	Staldtemp.	Ventilation pr. gris	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	Ammoniak-emission
-	-	dage	°C	°C	m <sup>3</sup> /time	ppm	ppm	g NH <sub>3</sub> -N/gris/time
1	1	80	13,8	18,9	65	990	10,7	0,479
1	2	80	-	18,8	58	1090	8,7	0,369
1	3	80	-	19,8	61	1030	6,1	0,263
2	1	80	13,8	18,4	61	900	8,1	0,365
2	2	80	-	20,4	67	970	6,9	0,333
2	3	80	-	18,8	64	1070	6,9	0,316
3	1	84	9,6	18,9	38	1370	13,8	0,351
3	2	84	-	17,9	42	1400	9,6	0,284
3	3	84	-	17,9	39	1470	7,6	0,206
4	1	84	9,6	18,0	37	1450	13,4	0,355
4	2	84	-	17,6	39	1450	10,8	0,299
4	3	84	-	20,0	41	1440	8,4	0,243

## Appendiks 6

Lugtkoncentrationer målt i ventilationsafkast i staldsektionerne. De målte værdier skal sammenlignes indenfor det enkelte hold.

Hold	Gruppe	Måle- periode	Antal målinger	Ventilations- ydelse (m <sup>3</sup> /time/gris)	Lugtkoncentration, (OU <sub>E</sub> /m <sup>3</sup> )	
					Gns.	Min. - Max.
-	-	-	-	-	Gns.	Min. - Max.
1	1	Juni - juli	9	81	470	85 – 970
1	2	-	9	81	400	260 – 760
1	3	-	9	81	370	95 – 720
2	1	Juni - juli	9	83	540	100 – 1400
2	2	-	9	86	420	81 – 580
2	3	-	9	83	420	110 – 1100
3	1	Sep - okt	8	49	2000	770 – 5200
3	2	-	8	48	1100	130 – 2600
3	3	-	8	49	960	51 – 2300
4	1	Sep - okt	8	49	2200	650 – 3900
4	2	-	8	48	1300	200 – 2900
4	3	-	8	49	1200	260 – 2700

# Appendiks 7

Koncentration af kemiske stoffer målt i luftudtaget, µg/m<sup>3</sup>

1. runde: juni - juli							
-	-				Statistik		
-	-	Grp. 1 Kontrol	Grp. 2 Svovl	Grp. 3 Inulin	Kontrol/ svovl	Kontrol/ inulin	svovl/ inulin
-	Antal prøver	36	36	36	-	-	-
Svovlholdige stoffer	Svovlbrinte <sup>1</sup>	530	370	250	-	**	-
	Methanthiol <sup>1</sup>	< 15	< 14	< 14	-	-	-
	Dimethylsulfid <sup>1</sup>	< 22	< 17	<14	-	*	-
	Dimethyldisulfid	< 2,4	< 1,8	< 2,4	-	-	-
	Dimethyltrisulfid	< 0,63	<0,47	<0,55	-	-	-
Flygtige carboxylsyrer	Eddikesyre	670	700	650	-	-	-
	Propionsyre	340	360	380	-	-	-
	iso-Smørsyre	< 48	54	< 55	-	-	-
	Smørsyre	230	260	200	-	-	-
	iso-Valeriansyre	30	31	32	-	-	-
	Valeriansyre	62	62	83	-	-	-
	iso-Hexansyre	< 0,93	<0,89	<0,86	-	-	-
	Hexansyre	< 10	< 12	< 17	-	*	-
	Heptansyre	< 1,6	< 1,1	< 1,6	-	-	-
Phenoler & Indoler	Phenol	< 5,5	5,3	< 4,9	-	-	-
	4-Methylphenol (p-cresol)	41	45	33	-	-	-
	4-Ethylphenol	< 3,5	< 2,7	< 1,8	-	*	-
	Indol	< 1,1	< 1,5	< 1,2	-	-	-
	3-Methyl-1H-indol (Skatol)	< 2,7	< 3,1	< 1,6	-	-	-
Ketoner	2,3-Butandion	< 4,1	< 4,3	< 5,1	-	-	-
	3-Hydroxy-2-butanon	< 25	< 35	< 20	-	-	-

<sup>1)</sup> 18 prøver i runde 1 og 16 prøver i runde 2 pr. gruppe og opsamlet i luftposer.

\*, \*\*, \*\*\* Statistisk sikker forskel, \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001.

< En eller flere analyser viste et indhold under detektionsgrænsen.

2. runde: september – oktober:							
-	-				Statistik		
-	-	Grp. 1 Kontrol	Grp. 2 Svovl	Grp. 3 Inulin	Kontrol/ svovl	Kontrol/ inulin	svovl/ inulin
-	Antal prøver	32	32	32	-	-	-
Svovlholdige stoffer	Svovlbrinte <sup>1</sup>	703	406	323	**	***	-
	Methanthiol <sup>1</sup>	< 17	< 13	< 16	-	-	-
	Dimethylsulfid <sup>1</sup>	< 17	< 14	< 15	-	-	-
	Dimethyldisulfid	3,9	3,2	3,5	-	-	-
	Dimethyltrisulfid	< 0,78	<0,77	<0,75	-	-	-
Flygtige carboxylsyrer	Eddikesyre	860	890	820	-	-	-
	Propionsyre	400	400	480	-	-	-
	iso-Smørsyre	52	53	63	-	-	-
	Smørsyre	290	300	270	-	-	-
	iso-Valeriansyre	39	39	47	-	-	-
	Valeriansyre	84	75	130	-	***	***
	iso-Hexansyre	< 1,0	< 1,5	< 1,3	-	-	-
	Hexansyre	13	12	26	-	***	***
	Heptansyre	2,0	2,6	6,7	-	***	***
Phenoler & Indoler	Phenol	5,7	3,1	3,6	*	-	-
	4-Methylphenol (p-cresol)	55	46	54	-	-	-
	4-Ethylphenol	< 2,7	< 2,6	< 2,9	-	-	-
	Indol	< 1,3	< 2,2	< 3,2	-	***	-
	3-Methyl-1H-indol (Skatol)	< 5,3	< 5,4	< 6,6	-	-	-
Ketoner	2,3-Butandion	12	15	8,1	-	*	***
	3-Hydroxy-2-butanon	30	50	35	-	-	-

<sup>1)</sup> 18 prøver i runde 1 og 16 prøver i runde 2 pr. gruppe og opsamlet i luftposer.

\*, \*\*, \*\*\* Statistisk sikker forskel, \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001.

< En eller flere analyser viste et indhold under detektionsgrænsen.



# Appendiks 8

Emission af kemiske stoffer målt i luftudtaget, µg/gris/time

1. runde: juni - juli							
-	-				Statistik		
-	-	Grp. 1 Kontrol	Grp. 2 Svovl	Grp. 3 Inulin	Kontrol/ svovl	Kontrol/ inulin	svovl/ inulin
-	Antal prøver	36	36	36	-	-	-
Svovlholdige stoffer	Svovlbrinte <sup>1</sup>	43000	32000	22000	-	***	-
	Methanthiol <sup>1</sup>	< 1200	< 1100	< 1000	-	-	-
	Dimethylsulfid <sup>1</sup>	< 1600	< 1300	< 1100	-	*	-
	Dimethyldisulfid	< 180	< 150	< 200	-	-	-
	Dimethyltrisulfid	< 46	< 39	< 43	-	-	-
Flygtige carboxylsyrer	Eddikesyre	54000	58000	53000	-	-	-
	Propionsyre	27000	28000	30000	-	-	-
	iso-Smørsyre	< 3800	4400	< 4400	-	-	-
	Smørsyre	19000	21000	17000	-	-	-
	iso-Valeriansyre	2500	2700	2700	-	-	-
	Valeriansyre	5000	5100	6800	-	*	*
	iso-Hexansyre	< 85	< 81	< 78	-	-	-
	Hexansyre	< 830	< 990	< 1500	-	**	*
	Heptansyre	< 150	< 98	< 150	-	-	-
Phenoler & Indoler	Phenol	< 430	410	< 400	-	-	-
	4-Methylphenol (p-cresol)	3200	3600	2600	-	-	*
	4-Ethylphenol	< 260	< 220	< 140	-	***	-
	Indol	< 82	< 120	< 91	-	-	-
	3-Methyl-1H-indol (Skatol)	< 190	< 240	< 120	-	-	-
Ketoner	2,3-Butandion	< 340	< 390	< 460	-	-	-
	3-Hydroxy-2-butanon	< 1900	< 2800	< 1600	-	-	*

<sup>1)</sup> 18 prøver i runde 1 og 16 prøver i runde 2 pr. gruppe og opsamlet i luftposer.

\*, \*\*, \*\*\* Statistisk sikker forskel, \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001.

< En eller flere analyser viste et indhold under detektionsgrænsen.

2. runde: September - oktober							
-	-				Statistik		
-	-	Grp. 1 Kontrol	Grp. 2 Svovl	Grp. 3 Inulin	Kontrol/ svovl	Kontrol/ inulin	svovl/ inulin
-	Antal prøver	32	32	32	-	-	-
Svovlholdige stoffer	Svovlbrinte <sup>1</sup>	34000	19000	15000	*	**	-
	Methanthiol <sup>1</sup>	< 800	< 670	< 760	-	-	-
	Dimethylsulfid <sup>1</sup>	< 820	< 750	< 780	-	-	-
	Dimetyldisulfid	170	150	150	-	-	-
	Dimethyltrisulfid	< 34	< 40	< 34	-	-	-
Flygtige carboxylsyrer	Eddikesyre	40000	41000	36000	-	-	-
	Propionsyre	19000	19000	23000	-	-	-
	iso-Smørsyre	2400	2500	2800	-	-	-
	Smørsyre	14000	15000	13000	-	-	-
	iso-Valeriansyre	1800	1800	2200	-	-	-
	Valeriansyre	4100	3700	6000	-	*	**
	iso-Hexansyre	< 46	< 71	< 61	-	-	-
	Hexansyre	600	590	1200	-	**	**
	Heptansyre	97	130	330	-	***	**
Phenoler & Indoler	Phenol	250	140	160	-	-	-
	4-Methylphenol (p-cresol)	2400	2000	2400	-	-	-
	4-Ethylphenol	< 120	< 110	< 130	-	-	-
	Indol	< 64	< 100	< 150	-	**	-
	3-Methyl-1H-indol (Skatol)	< 240	< 230	< 290	-	-	-
Ketoner	2,3-Butandion	550	690	370	-	-	*
	3-Hydroxy-2-butanon	1400	2300	1600	-	-	-

<sup>1)</sup> 18 prøver i runde 1 og 16 prøver i runde 2 pr. gruppe og opsamlet i luftposer.

\*, \*\*, \*\*\* Statistisk sikker forskel, \*: P<0,05; \*\*: P<0,01; \*\*\*: P<0,001.

< En eller flere analyser viste et indhold under detektionsgrænsen.