

METANEMISSION FRA STALD OG LAGER VED FODRING MED FORSKELLIGE FODERBLANDINGER TIL SLAGTEGRISE

Anne Lindstrøm Hansen, Sabine Stoltenberg Grove, Uffe Pinholt Krogh, Michael Holm og Claus Vestergaard

SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning

STØTTET AF

Svineafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Der blev ikke fundet statistisk sikre forskelle i metanemission fra stald mellem en kontrol- og to forsøgsgrupper med alternative proteinråvarer i foderets sammensætning. Emissionsmålinger fra lagertanke viste dog, at det gav lavere emissioner at fodre med alternative proteinråvarer. Foderets eget klimaaftryk bliver især påvirket af niveau af soja, når der regnes inkl. LUC.

Sammendrag

I denne afprøvning blev det undersøgt, hvordan alternative proteinkilder i foderblandinger påvirker klimaaftrykket fra slagtegriseproduktion. Tre foderblandinger blev testet på 540 slagtegrise fra 30 – 120kg; en kontrolblanding med sojaskrå som primær proteinkilde samt to blandinger med mere eller mindre alternative proteinråvarer (raps, ærter, hestebønner, rug, tritcale og solsikkekrå). Der blev gennemført emissionsmålinger i både stald og lagertanke over tre hold slagtegrise. Resultaterne viste, at metanemissionerne fra stald var ens på tværs af grupper, mens emissionerne fra lagertankene var højere for kontrolgruppen. Det samlede klimaaftryk pr. produceret slagtegris i denne afprøvning var ca. 300 kg CO₂-e for kontrolgruppen med soja-baseret foder, mens det for forsøgsblandinger med alternative proteinråvarer var henholdsvis 152 kg og 136 kg CO₂-e. Disse klimaaftryk er specifikke for denne afprøvning og kan ikke ekstrapoleres til en almindelig danskproduceret slagtegris i en fuldskalabesætning.

Baggrund

Dette baggrundsafsnit er konstrueret med det formål at give læseren en grundlæggende forståelse af de parametre, der indgår i beregningen af "grisens klimaaftryk". Afsnittet indeholder en kort gennemgang af forskellige klimaregnskabsmodeller, et afsnit om landbrugets klimaaftryk i Danmark, en

beskrivelse af de faktorer, der bidrager til grisens klimaaftryk og afslutningsvis en beskrivelse af incitamentet til denne afprøvning.

Klimaregnskabsmodeller

I denne rapport skelnes der mellem to metoder til opgørelse af klimaaftryk:

- 1) Det territoriale klimaaftryk, som omfatter metan og lattergas fra gødning og fordøjelse af foderet
- 2) Det produktbaserede klimaaftryk, som udover det territoriale også omfatter energi og foderets klimaaftryk

Denne skelnen er nødvendig, da afprøvningen sammenholder klimapåvirkninger fra både metanemissionen i griseproduktion (stald og lager) og foderets klimapåvirkning. Metan fra griseproduktionen indgår i det territoriale klimaaftryk [1]. Foderets klimabidrag påvirker primært det produktbaserede klimaaftryk.

Det danske landbrugs klimaaftryk

I 2023 bidrog det danske landbrug med 29% af den totale nationale drivhusgasemission i CO₂-e [1]. De fleste af disse stammer fra metan (CH₄) og lattergas (N₂O), som fra landbruget udgør henholdsvis 80% og 88% af den samlede danske udledning af disse gasser. Totalt betyder det omtrent 11,2 mio. tons CO₂-e årligt fra landbruget. Den samlede drivhusgasudledning stammer både fra mark- og husdyrbrug. Metan fra griseproduktion udledes fra enterisk fermentation (gæddannelse i tyndtarmen på dyrene) og gylleopbevaring, hvor sidstnævnte bidrog med cirka 1,7 mio. tons CO₂-e i 2023 [1]. En anden gren af klimaaftrykket fra landbruget er foderproduktion, som ofte indbefatter komponenter, der produceres i udlandet og transporteres til Danmark. Desuden bidrager "Land Use Land Use Change and Forestry" (LUC) betragteligt til klimaaftrykket på f.eks. soja [2].

Grisens klimaaftryk

Grisens klimaaftryk beregnes i denne afprøvning som produktbaseret for at inkludere flest mulige faktorer, herunder foderproduktionen. Udledningen af CO₂-e ved produktion af et kilo grisekød ligger mellem 3,3 [3] og 4,7 [4] kg CO₂-e pr. kg produceret grisekød. Foderet udgør ca. 67% af klimaaftrykket, CH₄ fra gyllen ca. 22%, og enterisk CH₄ fra grisenes tarme ca. 3-5%. Resterende bidrag stammer fra energiforbrug og foderets klimaaftryk. Metan er 28 gange mere potent end CO₂ og udgør fra gylle ca. 7% af det samlede klimaaftryk i Danmark [5]. I griseproduktion kommer ca. 10% af CH₄ fra gyllen.

Klimaaftrykket på foderblandinger kan beregnes ved at bruge tal fra den europæiske Global Feed LCA Institute-database (GFLI). Her findes råvarers klimaaftryk med og uden LUC. Reduktion opnås eksempelvis ved at fokusere på lokalt-producerede råvarer. Foruden fokus på at reducere klimaaftrykket fra selve foderblandingen er det også vigtigt at holde foderforbruget for øje. Et lavere foderforbrug per kg produceret gris bidrager i sig selv direkte til en reduktion i klimaaftrykket for grisens samlede produktion, og et højere foderforbrug vil øge klimaaftrykket på det producerede kød.

Incitament

I 2021-22 testede SEGES Innovation fire foderblandinger fra forskellige firmaer med lavere klimaaftryk end en standard slagtegriseblanding baseret på sojaskrå [6]. Resultaterne viste, at klimaaftrykket fra foderet kunne reduceres med op til 58%, når beregningen blev gjort inklusiv LUC og med grisens produktivitet taget i betragtning. Nogle alternative foderstoffer gav dog dårligere produktivitet, hvilket gør det svært at sætte værdi på klimareduktion, især uden økonomisk gevinst ved dette for nuværende.

Alternative proteinkilder til soja har en anderledes fibersammensætning. Det er uvist, hvordan dette påvirker emission fra stald og lagertanke, da der pt. anvendes standardværdier for dette uafhængigt af foderets sammensætning. Dette forsøg skal derfor være med til at afklare, om fibersammensætningen

har betydning for emission målt fra stald og lagertanke ved at måle i forskellige forsøgsgrupper, der fodres med blandinger indeholdende forskellige proteinkilder.

Materialer og metoder

Designet af denne afprøvning tog afsæt i resultaterne fra en tidligere afprøvning, hvor produktiviteten på foderblandinger med reduceret klimaaftryk blev testet [6]. Det er nogle af de samme foderblandinger, som går igen i denne afprøvning og skaber sammenhæng mellem produktivitet og emissionsmålinger, dog ikke på statistisk niveau, da det ikke er de samme grise, der er lavet målinger på.

Besætning og faciliteter

Forsøget blev gennemført på Forsøgsstation Grønhøj i seks kamre á to stier (2,4x4,8 m hver). Hver sti havde 15 stipladser og kamrene var specialdesignede til emissionsmålinger.

Kamrene var indrettet med undertryksventilation i form af diffust luftindtag med mulighed for supplerende ventilation. Loftventilationen blev styret af KJ-Klimateknik. Kamrene målte hver 5,6 * 4,8 * 2,5 m (l*b*h). Gulvprofilen var 1/3 drænet betongulv og 2/3 traditionel betonspalte. Trælægter udgjorde beskæftigelsesmateriale. Kamrene havde vakuum-rør gylleudslusning.

Foder

Den planlagte fodersammensætning i de tre foderblandinger var som beskrevet i tabel 1. Yderligere information om sammensætning, fx aminosyrer og mineraler findes i appendiks 1.

Tabel 1 – Fodersammensætning, procentvist

Gruppe	1 Kontrol	2 Danish	3 BAT Agrar
Byg	28,2	25,0	25,0
Hvede	49,0	25,0	31,7
Hvedeklid	4,0		
Sojaskrå	14,6		
Rapsskråfoder			10,0
Hestebønner			10,0
Triticale			10,0
Rug		20,0	5,0
UniBio Protein 59,9		1,0	
Kartoffelprotein		1,0	
Rapskagefoder, Scanola		16,1	
Ærter		4,0	
Palme-fedt	0,8	0,5	
Solsikkeskråfoder			3,1
Sukkerroemelasse		2,0	1,5
Næringsindhold			
FEsv/kg foder	1,07	1,06	1,03
Råprotein, %	154	14,6	15,5
Ufordøjeligt org. stof, g/kg	104,1	120,4	119,3

Ufordøjeligt protein, g/kg	23,4	29,1	29,3
Træstof, %	3,6	4,5	5,5
Opløselige fibre, g/kg foder	33	33	36
Uopløselige fibre, g/kg foder	125	132	144
Totalt fiberindhold, g/kg	158	165	180

Grupperinger og rotation af grupper

Grisene blev fordelt i en af de tre grupper: fodergruppe 1 (FG1), fodergruppe 2 (FG2) og fodergruppe 3 (FG3). Grupperne blev fordelt systematisk mellem kamre for at minimere risikoen for kammereffekt på emissionerne og sikre ensartet fordeling. Gruppernes organisering i kamrene kan ses i tabel 2. Der blev gennemført tre hold, som beskrevet længere nede i dette afsnit.

Tabel 2- Fordeling af grupper i forsøgskamre

	Kammer 1	Kammer 2	Kammer 3	Kammer 4	Kammer 5	Kammer 6
Hold 1	FG3	FG1	FG2	FG3	FG1	FG2
Hold 2	FG1	FG2	FG3	FG1	FG2	FG3
Hold 3	FG2	FG3	FG1	FG2	FG3	FG1

Gylleudslusning og lagertanke

Gyllen fra hvert kammer blev udsluset til hver deres respektive tank. Tankene var plastiktanke med højden 265 cm og ø 230 cm. Se Figur 1.



Figur 1 - Lagertanke, tilkøbt stald

Da grupperne ikke kunne roteres mellem tankene for hvert hold, blev de i stedet fordelt, så påvirkningen af varme- og/eller kuldeforhold på emissionerne tankene imellem blev minimeret.

Grupperne i tankene var fordelt således:

Tabel 3 - Fordeling af grupper i lagertanke

Tank 1	Tank 2	Tank 3	Tank 4	Tank 5	Tank 6
FG1	FG2	FG3	FG1	FG2	FG3

Der blev udsluset gylle fra stalden hver 14. dag. Dog fandt den første udslusning først sted efter fire uger, da der ellers ikke var stor nok mængde gylle at udsluse. En delmængde på cirka 10% af gyllen fra hvert kammer blev overført til forsøgstankene tilhørende den respektive gruppe. Restmængden blev flyttet til en lagertank.

Gennemførsel og registreringer

Afprøvningen blev gennemført med tre hold slagtegrise á cirka 12 uger pr. hold. Grisene blev indsat ved 30 kg og taget ud til slagtning ved cirka 120 kg ved optimal slagtevægt. Minimum ugentligt blev stalden besøgt af en miljøtekniker fra Den Rullende Afprøvning for at foretage kontrolmålinger og/eller registreringer.

Måleperioder

Der blev gennemført otte målekampaner over ni måneder, fordelt med tre målekampaner i hvert af holdene 1 og 2, samt to målekampaner i hold 3. Samlet udstrakte afprøvningen sig fra juni 2023 til februar 2024.

Målekampanerne blev tilstræbt fordelt over kalenderåret og grisenes vækstperiode, så der blev taget højde for disse parametre i indsamlingen.

Måling i stald

Metanemission fra stalden blev målt ved gaskoncentration, ventilationsydelse, antallet af grise og temperatur i kammeret.

Måling i lagertanke

Metanemission fra tankene blev målt ved koncentrationer af CH₄, antal kubikmeter gylle i tanken, temperatur i headspace-luften og med fast ventilationsrate, som var udsuget fra tankene til koncentrationsmålingerne.

Gasmålinger

Koncentrationerne af CH₄ og CO₂ blev målt med Cavity Ring Down Spectrometry (Picarro G4301/2508). Hvert målepunkt blev målt i 7 minutter. Ved målekampagnens start blev der tjekket for lækager i måleslanger og fejl i måleudstøt vha. kontrolgas (1500 ppm CO₂/100 ppm CH₄). Målepunktet for gaskoncentrationer var placeret under loftudsuget i hvert respektive kammer og tank, samt et punkt uden for stalden.

Temperatur, luftfugtighed og ventilation

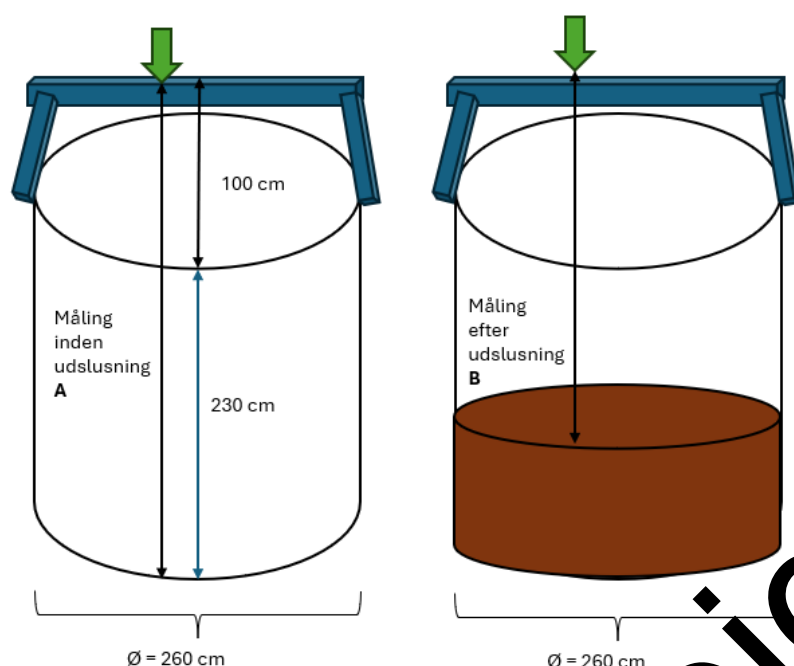
Ventilationsydelsen i kamrene blev målt kontinuerligt med en målevinge (Fancom AT) og data logget hver 5. min via PC-log (VengSystem A/S). Temperatur blev målt, samme placering som gasmålinger med en temperatursensor (VE10A) og blev logget med samme system som ventilationen.

Ventilation i lagertanke blev fastsat ens for alle tanke, da kun udsuget til gasmålinger blev etableret som eneste udgangsluft. Udsuget til gasmålingerne blev fortaget med Charles Austin pumper. Ydelsen på Charles Austin pumperne blev kontrolleret med flowmeter ved opstart af hver måleperiode. Temperatur blev målt i headspace-luften i tanken og cirka 10 cm over bunden med temperatursensorer (VE10A). Temperaturmålingerne blev kontinuerligt logget via PC-log (VengSystem A/S).

Manuelle registreringer

Gyllehøjder i stalden, antal grise, svineri og estimeret vægt på grisene blev registreret manuelt på måledage. Indgangsvægt og slagtevægt blev registreret på stiniveau. Målinger af mængde gylle produceret pr. kammer blev målt ved en fikseret højde over fortanken, før og efter udslusning. Mængde gylle i lagertankene ved målekampaner blev målt med samme fremgangsmåde, se Figur 2. Der blev

ved hver udslusning til lagertankene udtaget prøver af gyllen fra alle kamre. Udtagningen fandt sted efter gyllen var omrørt i fortank, inden videre udslusning til lagertankene.



Figur 2 - Registrering af gyllemængder i fortank og lagertank. Afstand fra fikseret punkt over tank til gylleoverflade måles før og efter udslusning. Mængde gylle i tanken kan derefter udregnes via rumfangsberegninger.

Fodermængde

Der var én foderautomat pr. sti med vandtilslutning (Stald Maximat-foderautomat). Grisene fik pelleteret tørfoder. Foderforbruget blev opgjort pr. sti.

Analysér

Fodersammensætning og -analyser

Foderet i denne afprøvning blev produceret af hhv. Danish Agro og BAT Agrar og den primære fodersammensætning kan ses i tabel 4. Information om CO₂-e aftryk fra foderblandingerne ses i appendiks 4. Yderligere information om foderblandingerne sammensætning og foderanalyser kan findes i appendiks 1-3.

Tabel 4 - Hovedbestanddele i foderblandinger

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Primære råvarer	Hvede, byg og sojaskrå	Hvede, byg, rug, raps og ærter	Hvede, byg, triticale, hestebønner, raps og rug

Ved hver foderlevering blev der indsendt prøver til analyse for kemisk og mikrobiel sammensætning hos hhv. Eurofins Steins Laboratorium og Fødevarestyrelsen.

Gylleanalyser

I alt blev ni gylleprøver sendt til analyse af fibersammensætning hos Eurofins Steins Laboratorium. Der indgik tre prøver pr. gruppe. Hver prøve bestod af en 50:50 sammensætning af gylle fra de to kamre, der tilhørte samme gruppe inden for hvert hold. På den måde blev alle grupper repræsenteret på tværs af de tre hold.

Statistik

Emissioner

Metanemission fra stald blev korrigeret for indhold af CH₄ i indkommen luft til sektionen. Koncentrationsmålinger af CH₄ blev redigeret ved at fjerne de første tre og sidste 0,5 minutters måling for at undgå krydskontaminering mellem målepunkter.

Derefter udregnes et døgnmiddel for emissionerne. Emissionsopgørelsen fra stalden er inklusiv enterisk bidrag fra grisene og beregnes som følgende:

$$\text{gram CH}_4/\text{gris}/\text{time} = \frac{M_{\text{CH}_4} (g \cdot \text{mol}^{-1}) * C_{\text{CH}_4} (\text{ppm}) * V (m^3 \cdot \text{time}^{-1}) * P (\text{atm})}{0,0821 L \cdot \text{atm mol}^{-1} K^{-1} * T (\text{kelvin}) * N_{\text{gris}} * 1000 \text{ mg} \cdot g^{-1}}$$

Metanemissioner fra lagertankene blev beregnet ud fra målte koncentrationer af CH₄, antal kubikmeter gylle i tanken, temperatur i headspace-luften og med fast ventilationsrate, som var udsuget fra tankene til koncentrationsmålingerne.

Produktionsværdi

Produktionsværdien beregnes baseret på 5-årsprisen fra 2018-2022. Der er regnet samme foderpris for alle tre blandinger (foderpris på 1,76 kr. pr. FEsv). Øvrige beregningsdata og formel for beregning findes i appendiks 5.

Klimaværdi foder

Klimaafttrykket på foderet er beregnet via GFLI data. Der beregnes klimaafttrykket med og uden LUC. Klimaafttrykket er samlet i appendiks 4.

Klimaafttryk på grisen

Det samlede klimaafttryk for en gris i denne afprøvning blev beregnet som summen af tre bidrag:

- 1) CO₂-e fra foder
- 2) CO₂-e fra stald (bestående af bidrag fra gylle og enteriske emissioner)
- 3) CO₂-e fra oplagret gylle i lagertanken

Emissionerne fra lagertanke blev estimeret over en periode svarende til det antal vækstdage, slagtegrisen har i stalden. For at kunne relatere emissionerne fra lagertanke til klimaafttrykket pr. gris, blev emissionerne først bestemt pr. m³ gylle. Dette blev efterfølgende omregnet til udledning pr. gris ved at anvende den målte gylleproduktion pr. gris over vækstperioden i stalden (fra 30 kilo til slagting).

Det skal understreges, at resultaterne fra denne afprøvning ikke kan anvendes som fuldstændige beregninger af grisens klimaafttryk. Dette skyldes, at de anvendte emissionsfaktorer fra både stald og lagertanke ikke kan overføres direkte til fuldskalatanke eller almindelige produktionssystemer, da udslningsprofilen fra stalden i forsøget afviser fra standard og tankenes udformning, materiale og ventilation er markant anderledes end fuldskalatanke i besætninger. Resultaterne kan derfor udelukkende anvendes til at vurdere, hvorvidt metanemissioner adskiller sig mellem kontrolgruppen og de to forsøgsgrupper i dette forsøg.

Til omregning af metanemissionerne til CO₂-e blev der brugt det globale opvarmningspotentiale (GWP) for CH₄ brugt. Vi anvendte en GWP-værdi på 28 (100-års tidshorisont) i henhold til IPCC AR5.

Resultater og diskussion

Staldregistreringer

Antal grise i forsøget samlet er vist i tabellen nedenfor sammen med produktionsdata.

Tabel 5 - Gennemsnit antal grise pr. gruppe, antal dage i forsøg, start og slutvægt

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Antal grise indsat	180	180	180
Antal dage i forsøg pr. gris, gns.	75,6	77,3	75,8
Startvægt, kg	31,7	31,8	31,9
Slutvægt, kg	122,4	121,3	119

Samlede gylleregistreringer

Gylleregistreringer i kummer, lagertanke og pr. gris igennem forsøget ses nedenfor i tabel 6.

Gyllekumnehøjden var 40 cm, hvilket er inden for normale grænser.

Tabel 6 – Gyllehøjde og registreringer af gylle.

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Gyllehøjde i kummen (cm)			
Hold 1	20,8 cm	20,9 cm	19,4 cm
Hold 2	21,0 cm	20,4 cm	21,5 cm
Hold 3	17,7 cm	13,6 cm	13,6 cm
Gennemsnit alle hold	21,0 cm	18,9 cm	18,7 cm
Samlet mængde gylle i lagertanke ved afslutning på forsøget (liter)			
Tank 1 + 2 samlet	10.589 liter	14.700 liter	13.745 liter
Gylle produceret pr. gris (liter)			
Gennemsnit alle hold	528 liter	465 liter	425 liter

Der blev ikke observeret nogen statistisk signifikant forskel i den producerede mængde gylle pr. gris i forsøgsperioden.

Måling af ventilation og temperatur i gylle og luft kan ses i tabel 7. Ventilationsydelse på lagertanke blev fastsat til 8 liter/minut.

Tabel 7 - Gennemsnit for ventilationsydelse og temperatur.

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Ventilation i stald målt ved loftudsug (m3/time)			
Gennemsnit alle hold, m3/time	2717	2710	2770
Temperatur i stalden (C*)			
Gennemsnit alle hold, C*	19,0	19,2	19,1
Temperatur i lagertanke (C*)			
Gennemsnit alle hold, top (luft), C*	12,3	12,8	12,5
Gennemsnit alle hold, bund (gylle), C*	11,5	11,3	11,5

Temperaturen i gyllen og i luften i tankene kan være influeret af materiale og udformning på lagertankene sammenlignet med traditionelle fuldskala-lagertanke. Tankene i denne afprøvning er lavet af plastik, hvilket giver mindre varmekapacitet end beton og en lukket udformning vil give mindre ventilation end en traditionel teltoverdækning med naturlig ventilation.

Analysér

Foderanalyser

Resultaterne af foderanalyserne kan findes i bøgerne 2 og 3 for henholdsvis kemiske og botaniske analyser.

Analyserne viste et generelt lidt lavere proteinindhold i blandingerne end forventet, mens øvrige næringsstofværdier lå i god overensstemmelse med de deklarerede værdier. De botaniske analyser understøttede ligeledes en tilfredsstillende overensstemmelse mellem de forventede og de angivne komponenter. Metoden er meget anvendelig i forsøg som dette, idet analysen kan indikere tilstedeværelsen af specifikke fodermidler, som ikke umiddelbart kan verificeres gennem kemiske analyser.

Analyse for fiberindhold i gylle

Resultaterne af fiberanalyse af gylleprøverne fra de tre grupper kan ses nedenfor i tabel 8.

Tabel 8 - Resultater af fiber analyse, gennemsnit for tre prøver udtaget over tre hold

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Kostfiber total, % W/v	38,3	44,5	41,2
Uopløselige fibre, % W/v	33,8	39,7	36,5
Opløselige fibre, % W/v	4,5	4,8	4,7
Råaske i TS, %	20,2	19,2	18,7

Der blev fundet en højere procentdel kostfibre total i gylleprøverne fra grise fodret med alternativer til sojaskrå (FG2 + 3). Denne højere fraktion af fibre skyldes, at der blev fundet et højere indhold af uopløselige fibre i gyllen i FG2 og FG3. Der blev ikke fundet nogen forskel i indholdet af opløselige fibre.

Produktionsresultater

Produktionsresultaterne for afprøvningen kan ses i tabel 9. Det skal understreges, at der i denne afprøvning ikke er dimensioneret efter at måle produktivitet. Produktivitetens resultaterne i denne afprøvning er derfor ikke med statistisk sikkerhed. En større undersøgelse af produktivitet ved brug af de tre foderblandinger er allerede foretaget og resultaterne kan findes i Meddelelse 1267 udgivet i 2022 [6]. Foderets klimaaftryk er desuden også nævnt i tabellen inkl. LUC, hvor den store forskel er den udledning af CO₂-e, der sker ved afskovning af soj (beregning af foderets klimaaftryk inkl. LUC).

Tabel 9 - Produktionsresultater for forsøgsperioden (standardafvigelser angivet i parentes)

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Kødprocent	57,4	57,6	57,7
Foderoptagelse, FESv/dag	3,08	3,14	3,02
Tilvækst, g/dag	1161,2	1144,6	1113,5
Foderforbrug, FESv/kg tilvækst	2,65	2,75	2,71
Produktionsværdi pr. gris, indeks	100	92,4	89,9
kg CO ₂ -e inkl. LUC/FESv	1,09	0,49	0,44
Tilvækst i afprøvningen (kg)	90,7	89,5	87,1
CO ₂ -e fra foder pr. produceret gris (kg)	262	121	104

Metanemissioner

Fra stald (inkl. omregning i CO₂-e)

I tabel 10 er vist de beregnede middelværdier af metanemissioner fordelt på de tre forsøgsgrupper fra stalden. Metanemissionen i stalden er inklusiv det enteriske bidrag. I tabel 10 er der ligeledes omregnet, hvad denne metanemission vil betyde i samlet CO₂-e bidrag til grisens klimaaftryk.

Tabel 10 - Metanemissioner for hver forsøgsgruppe i stald og lagertanke

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Gns. CH ₄ i stald pr. døgn/gris, gram	7,5	6,7	8,2
Antal dage i forsøg	75,6	77,3	75,8
Samlet CH ₄ i stald pr. gris i hele perioden, gram	570	521	619
Samlet CO ₂ -e i stald pr. gris i hele perioden, kg	15,9	14,6	17,3
Gylle i lagertank pr. gris, m ³	0,5	0,5	0,4
Gns. CH ₄ i lagertank pr. døgn, gram	20,1	15,9	14,6
Samlet CH ₄ i lagertank pr. gris i hele perioden, gram	822	588	512
Samlet CO ₂ -e i lagertank pr. gris i hele perioden, kg	23,0	16,4	14,3

Der blev ikke fundet nogen statistisk signifikant forskel mellem metanemissionerne fra stalden mellem de tre forsøgsgrupper. Metanemissionerne i stalden under afprøvning er inklusiv det enteriske bidrag. Viden om de alternative proteinkilders påvirkning af den enteriske metanproduktion er begrænset og denne faktor medregnes derfor her, da den enteriske produktion derudover også indregnes, når man opgør grisens samlede klimaaftryk i en produceret beregning.

Mere detaljeret opgørelse af metanemissionerne fra stalden kan findes i appendiks 6 og 7.

Der blev i denne afprøvning fundet en højere metanemission fra lageret indeholdende gylle fra slagtegrise fodret med en traditionel solsikkeblanding.

En mulig forklaring på dette kan være, at uopløselige fibre i gyllen omsættes langsommere til CH₄ af metanogene arkæer [7,8].

Som det sås i afsnittet "Gylle fiberindhold analyser" indeholdt gyllen fra de to forsøgsgrupper en højere andel uopløselige fibre. Dette kan forklares, da rug indeholder typisk 7–12 % arabinoxylaner (herunder både opløselige og uopløselige fraktioner), samt cellulose og lignin [9]. Triticale bidrager med cirka 7% arabinoxylan samt 2% cellulose og lignin [10]. Solsikkestrå indeholder omkring 14% cellulose og 7% lignin [11]. Rug, triticale og solsikkestrå er alle råvarer, der var at finde i de to forsøgsblandinger, men ikke i kontrolblandingen.

Uden yderligere undersøgelser af fiberindholdet og diskussion af fraktionernes betydning kan vi ikke drage en entydig konklusion.

Det samlede klimaaftryk

Nedenfor i tabel 11 kan det samlede klimaaftryk for en produceret slagtegris ses. Opgørelsens tre komponenter (foder, CH₄ fra stald og lagertanke) bidrager forskelligt, men dog væsentligst er klimabidraget fra foderet (beregnet med data fra GFLI-databasen), da dette er næsten dobbelt så stort for sojabaseret foder som for alternativene i dette forsøg, når der regnes inkl. LUC. Dette sammen med

den højere metanemission fra lagertanke indeholdende gylle fra grise fodret med traditionel sojablanding, skubber yderligere til den samlede mængde CO₂-e, der er pr. produceret slagtegris i denne afprøvning.

Formlen brugt til udregning af en slagtegris' samlede CO₂-e i afprøvningen er som følger:

$$FE_{sv}/kg \text{ tilvækst} * CO_2\text{-e}/FE_{sv} * gns \text{ tilvækst} + CO_2\text{-e fra stald}/gris/døgn * \text{antal vækstdage pr. gris} + CO_2\text{-e lagertanke}/m^3 \text{ gylle/døgn} * \text{antal vækstdage pr. gris} * m^3 \text{ gylle/gris}$$

Tabel 11 - Det samlede klimaaftryk pr. produceret gris i denne afprøvning

Samlede klimaaftryk pr. produceret slagtegris	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
CO ₂ -e inkl. LUC fra foder/produceret gris (kg)	262	121	104
CO ₂ -e fra stald (enterisk og gylle) / produceret gris (kg)	15,9	14,6	17,3
CO ₂ -e fra lager/ produceret gris (kg)	23,0	16,5	14,3
Samlet CO ₂ -e/ produceret gris (kg)	300,9	151,6	135,5

Det samlede klimaaftryk i denne afprøvning for en slagtegris fodret med en foderblanding baseret på soja er minimum dobbelt så højt, som for en gris fodret med en af de to forsøgsblandinger.

Konklusion

Den største effekt på klimaaftrykket var foderets sammensætning, hvor der var stor forskel mellem klimaaftrykket på kontrolfoderet og de to forsøgsblandinger, når klimaaftrykket blev målt som CO₂-e inkl. LUC pr. FE_{sv}.

Der var ikke statistisk sikre forskelle i metanemissionen fra stalden grupperne imellem, men der blev dog fundet et lavere niveau målt i CO₂-e fra lagertanke.

Referencer

[1] Nationalt center for miljø og energi (2023): Nr. 655: Danmarks Nationale Opgørelsesrapport 2025. Emissionsopgørelser 1990-2023. Århus Universitet, DCE.

[2] Global Feed LCA Institute (2020): LCIA results of feed material. Tilgængelig på: <https://globalfeedlca.org/downloads/gfli-lca-database-excel/gfli-lcia-results-of-feed-material/>

[3] The Pig Site (2021): Environmental Assessment of Danish Pork. Tilgængelig på: <https://www.thepigsite.com/articles/environmental-assessment-of-danish-pork>

[4] CONCITO (u.å.): The big climate database. Tilgængelig på: <https://denstoreklimadatabase.dk/en/food/pork-meat-average/ra00501>

[5] Folketinget (2020): Besvarelse af spørgsmål nr. MOF 686 af 2019-21. Tilgængelig på: <https://www.ft.dk/samling/20191/almindel/MOF/bilag/686/2235017.pdf>

[6] Petersen, T. S. og Sommer, H. M. (2022): Foderblandinger med lavt klimaaftryk leverer tilfredsstillende produktivitet. Meddelelse 1267, SEGES Innovation.

[7] Pokój, T. et al. (2020): Effect of Individual Components of Lignocellulosic Biomass on Methane Production and Methanogen Community Structure. Waste Biomass Valor 11, 1421–1433 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0434-3>

[8] Sun, Z. et al. (2024): *Deciphering the Impact of Lignin on Anaerobic Digestion: Focus on Inhibition Mechanisms and Methods for Alleviating Inhibition*. ACS Omega 2024 9 (44), 44033-44041. DOI: 10.1021/acsomega.4c04375

[9] Németh, R., og Tömösközi, S. (2021). *Rye: Current state and future trends in research and applications*. Acta Alimentaria, 50(4), 620-640. <https://doi.org/10.1556/066.2021.00162>

[10] Rakha, A, Aman, P., og Andersson, R. (2011): *Dietary fiber in triticale grain: Variation in content, composition, and molecular weight distribution of extractable components*. Journal of Cereal Science, Volume 54, Issue 3, 2011, Pages 324-331, ISSN 0733-5210. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.06.010>.

[11] Simović, M. et al (2024): *Sunflower Meal Valorization through Enzyme-Aided Fractionation and the Production of Emerging Prebiotics*. Foods. 2024 Aug 10;13(16):2506. doi:10.3390/foods13162506. PMID: 39200433; PMCID: PMC11353406.

Deltagere

Tekniker: Hans Peter Thomsen, Henry Kousgaard Aalbæk, Per Mark Hagelskjær

Statistikere: Claus Vestergaard

Øvrig information

Afprøvning nr. 1842

NAV nr.: 1450

Dyregruppe: Gris, Slagtegris

Fagområde: Miljø og Klimateknologi

Nøgleord: Metan, metan emission, Klima, foder, slagtegrise

Foreløbig

Appendiks

Appendiks 1

Fodersammensætning af de tre blandinger brugt i forsøget, hvoraf gruppe 2 og 3 går igen fra tidligere afprøvning [6].

Gruppe	1 Kontrol	2 Danish Agro	3 BAT Agrar
Byg	28,2	25,0	25,0
Hvede	49,0	25,8	31,7
Hvedeklid	4,0		
Sojaskrå	14,6		
Rapsskråfoder			10,0
Hestebønner			10,0
Triticale			10,0
Rug		20,0	5,0
UniBio Protein 59,9		1,0	
Kartoffelprotein		1,0	
Rapskagefoder, Scanola		16,1	
Ærter		4,0	
Palmefedt	0,8	0,3	
Solsikkeskråfoder			3,1
Sukkerroemelasse		2,0	1,5
Kridt	1,506	0,865	1,050
Monocalciumfosfat 22,8%	0,370	0,423	0,150
Natriumklorid	0,599	0,580	0,460
Lysin sulfat 80 %	0,140	0,731	0,600
Methionin DL 98%	0,07	0,084	0,050
Threonin 98%	0,140	0,283	0,140
Tryptophan 99 %		0,055	0,030
Valin L 96,5%	0,005	0,121	
DV SL Enz	0,20	0,20	
Fytase	0,02	0,02	
Benzoesyre (Vevovital) 4d210		0,50	
Formic Acid - Calciumformiat		0,50	
GærPlus 2.0		0,10	
TechnoMos		0,05	
Kornklid			1,00
Hemicell HT			0,03

Appendiks 2

Resultaterne af de kemiske analyser af de tre blandinger foretaget hos Eurofins Steins Laboratorium. Der er foretaget 3 analyser pr. gruppe, og tallene i denne tabel er gennemsnit herfra.

F=forventet, A=analyseret og Afv=afvigelse mellem A og F i %.

Gruppe	Kontrol			Danish Agro			BAT Agrar		
	F	A	Afv,%	F	A	Afv,%	F	A	Afv,%
FEsv/kg	1,07	1,08	1,1	1,06	1,07	0,7	1,03	1,05	1,9
Råprotein, g/kg	154	170	10,4	146	152	4,1	155	163	5,2
Ford. råprotein, g/FEsv	131	143	9,2	117	122	4,3	122	131	7,2
Lysin, g/kg	9,7	10,5	8,6	10,9	11,4	4,9	9,6	10,0	3,9
Ford. lysin, g/FEsv	8,6	9,2	7,4	9,5	10,0	5,1	8	8,5	5,9
Treonin, g/kg	6,6	6,9	5,2	8	7,9	-1,4	6,5	7,4	14,3
Ford. treonin, g/FEsv	5,7	5,9	4,0	6,7	6,6	-1,2	5,3	6,2	16,5
Methionin, g/kg	2,9	2,9	0,3	3,3	2,9	-11,2	2,8	2,7	-3,6
Ford. methionin, g/FEsv	2,6	2,6	-0,7	2,9	2,6	-10,0	2,4	2,4	-1,7
Cystin, g/kg	2,8	2,9	5,0	3	2,8	-7,7	2,9	3,0	2,1
Ford. cystin, g/FEsv	2,3	2,4	3,9	2,4	2,2	-6,5	2,5	2,6	4,0
Råfedt, %	3,1	3,5	11,9	4	4,1	11,8	2,1	2,5	19,0
Råaske, %	5,1	4,3	-15,7	5,1	4,5	-11,8	4,8	4,2	-12,5
Calcium, g/kg	7,49	7,2	-3,7	7,4	7,5	0,9	6,2	6,2	-0,2
Fosfor, g/kg	4,17	4,38	5,0	3,85	4,9	1,6	4,4	5	13,6
Zink, mg/kg	104	107	6	100	135	35,3	50 ¹	93	85,9
Kobber, mg/kg	21	18	-14,3	19	22	13,2	10 ¹	14	41,7

¹ Der er kun deklareret det tilsatte niveau, hvilket ikke stemmer overens med det analyserede totalindhold.

Appendiks 3

Resultaterne fra de botaniske analyser af de tre forsøgsgrupper foretaget af Fødearestyrelsen. Der er foretaget 3 analyser pr. gruppe, og tallene i denne tabel er gennemsnit herfra.

F=forventet, A=analyseret.

Gruppe	Kontrol		Danish Agro		BAT Agrar	
	F	A	F	A	F	A
Korn	81	87	70	78	73	73
Soja	15	13				
Raps			16	17	10	12
Ærter			4	4		
Hestebønne					10	9
Solsikke					3	4
Kartoffelprotein			1	<2		
Gær						
Sukkerroe					1,5	0

Appendiks 4

Det udregnede klimaaftryk af de forskellige foderblandinger brugt i denne afprøvning. Der er beregnet både med og uden LUC.

Firma	Kontrol	Danish Agro	BAT Agrar
Gruppe	FG1	FG2	FG3
Primære fodermidler	Hvede, byg, sojaskrå	Byg, hvede, rug, raps, ærter	Hvede, byg, triticales, hestebønner, raps
CO ₂ -e Med LUC pr. FEsv	1,09	0,49	0,44
CO ₂ -e Uden LUC pr. FEsv	0,48	0,46	0,41
FEsv pr. kg foder	1,07	1,06	1,03
Råprotein, %	15,4	14,6	15,5
Opl. / uopl. Fibre, gram pr. kg foder	33 / 125	33 / 132	36 / 144

Appendiks 5

Produktionsværdien beregnes under følgende antagelser:

- Produktionsværdi pr. gris = Salgspris - købspris - foderomkostninger - diverse omkostninger
- Produktionsværdi pr. stiplads pr. år = $\text{produktionsværdi pr. gris} * \left(\frac{365 \text{ dage}}{\text{antal foderdage pr. gris}} \right) * \text{staldudnyttelse (\%)}$

Staldudnyttelse på 95%. Diverse omkostninger dækker blandt andet medicin og er fastsat til cirka 20 kr. pr. gris.

Appendiks 6

Uddybende resultater på metan emission fra stalden.

Emission i stalden	Antal dage i stald		Antal måledage	Metan emission, g CH ₄ /gris pr. døgn (std).	Gennemsnit Metan emission, g CH ₄ /gris pr. døgn, hele perioden	Akkumuleret gram metan pr. gris produceret	kg CO ₂ -e pr. produceret slagtegris – stald bidrag
Fodergruppe 1	75,6	Hold 11	10	6,8 (3,6)	8,0 (5,3)	512	16,0 (2,9)
		Hold 12	15	9,5 (6,8)		719	
		Hold 13	6	6,4 (6,2)		482	
Fodergruppe 2	77,3	Hold 11	10	6,7 (3,4)	7,0 (5,0)	517	14,5 (1,6)
		Hold 12	15	7,7 (6,2)		592	
		Hold 13	6	5,8 (2,2)		449	
Fodergruppe 3	75,7	Hold 11	10	7,1 (2,3)	8,8(7,5)	535	17,3 (4,2)
		Hold 12	15	11,0 (10)		831	
		Hold 13	6	6,5 (2)		494	

Appendiks 7

Uddybende resultater på målt emission fra stalden.

Uddybende resultater på målt emission fra lager.		1 Kontrol	2 Danish Agro	3 BAT Agrar
M ₃ gylle/gris	Hold 1	0,6	0,5	0,5
	Hold 2	0,5	0,5	0,5
	Hold 3	0,5	0,4	0,3
Gram CH ₄ /m ₃ gylle/døgn	Hold 1	33,5	28,4	19,9
	Hold 2	18,6	15,2	20,2
	Hold 3	8,1	4,2	3,5
Gram CH ₄ /m ₃ gylle/vækst periode	Hold 1	2532,4	2193,1	1511,8
	Hold 2	1405,2	1173,0	1531,7
	Hold 3	615,2	325,7	267,7
Gram CH ₄ /gris/vækst periode (samlet/akkumuleret)	Hold 1	1397,6	1017,4	711,3
	Hold 2	798,0	576,8	737,0
	Hold 3	300,3	139,4	87,1
Kg CO ₂ -e/produceret gris fra lager	Hold 1	39,7	29,3	19,9
	Hold 2	14,5	16,2	20,6
	Hold 3	8,4	3,9	2,4