

Virkemidler til reduktion af klimaaftryk på grisebedrifter

Forfattere

Finn Udesen

Michael Holm

Michael Groes Christiansen

SEGES Innovation P/S

STØTTET AF

Svineafgiftsfonden

Hovedkonklusion

I alle nye staldanlæg skal gylle ud af stalden hurtigst muligt. Linespilsanlæg og automatisk udslusningssystemer skal sikre mindst mulig emission af metan fra stalden. Jo større omsættelig tørstofmængde, der er i gyllen, når det kommer fra stalden, jo større potentiale er der for metanemission fra lagret, især i varme perioder. Hvis gyllen ikke kan afleveres til biogas, bør gyllen behandles i lagret med syre, afbrænding af metan eller biologisk oxidering af metan. Den største effekt opnås, når staldteknologi kombineres med lagerteknologi. Staldteknologier kan typisk kun etableres i forbindelse med nybyggeri eller renovering, hvorimod afsætning til biogas eller lagerbehandling kan iværksættes af alle bedrifter.

Sammendrag

De teknologiske virkemidlers effekt til at reducere metanemission fra gyllen og omkostningen til at reducere metanemissionen er analyseret for fire staldteknologier og fire lager teknologier. Stald- og lagerteknologier kan kombineres på forskellige måder, så der i alt er 26 virkemidler at vælge imellem. Udover hyppig udslusning, som er lovkrav i slagtegrisestalde, kan staldteknologier ikke implementeres i eksisterende stalde. Ved etablering af nye stalde og renovering af bestående stalde er det vigtigt at hyppig udslusning eller linespilsanlæg er en del af staldens indretning.

De viste reduktionseffekter for de forskellige teknologier er den reduktion, der opnås i % af den totale metanemission, der er fra stald og lager. F.eks. har hyppig udslusning en reduktionseffekt på 50 % i stalden, men kun 17 % af den totale metanemission.

Staldforsuring og linespil kombineret med biogas er de to virkemidler med størst reduktionspotentiale. Staldforsuring er kun økonomisk relevant for meget store staldanlæg, idet grundinvesteringen er i overkanten af 2 mio. kr. Linespil kan etableres i nye eller renoverede stalde og er mest relevant i drægtighedsstalder. Det vil dermed være ganske få bedrifter, der kan benytte

virkemidler med de maksimale reduktionspotentialer. De teknologier, som langt de fleste bedrifter har mulighed for at benytte, er hyppig udslusning kombineret med en lagerteknologi. Hvis der er mulighed for at levere gyllen til biogas, vil den største effekt opnås. Alternativerne til biogas er lavdosis-tankforsuring, fakkelfabrænding af metanen eller biologisk oxidering af metanen. Disse teknologier kan etableres på stort set alle bedrifter. Luftrensere er ikke medtaget som klimavirkemiddel. Biologiske luftrensere reducerer ammoniakemissionen og dermed den indirekte lattergasemission, men der mangler undersøgelser af, om der er direkte emission af N₂, som bliver til lattergas. Det bør afklares nærmere, så nettoeffekten på lattergas kendes.

Alle teknologiske virkemidler har effekt på bedriftens direkte CO₂e-udledning, også kaldet territorial udledning. Forbedret produktivitet har en lille effekt på den direkte udledning af CO₂e. Mindre foder pr. gris giver mindre gylle, som resulterer i mindre metan og lattergas. Anvendelse af foder med mindre klimaaftryk har ingen indvirkning på bedriftens direkte udledning af CO₂e fra grisestaldene. Produktivitet og foder er gode virkemidler til at reducere grisenes klimaaftryk, idet foder udgør den største andel af grisenes klimaaftryk. Den største del af proteinkilderne i fodret importeres. En større andel af danske proteinkilder som hestebønner, ærter, rapskager og græsprotein kan være med til at reducere efterspørgslen efter soja. På kort sigt er certificeret soja måske løsningen på sojas klimaaftryk, men på lang sigt er det nødvendigt at få balance mellem efterspørgsel og udbud af soja for at undgå afskovning. De teknologiske virkemidler har god effekt på grisens klimaaftryk og på bedriftens territoriale klimaaftryk. Alle former for virkemidler bør derfor tages i anvendelse, så både det territoriale og det globale klimaaftryk reduceres mest muligt.

Baggrund

Grisebedriftenes klimaaftryk består af en række kilder til klimagasser. Alle input i griseproduktionen, hovedsagelig indkøb af foder og grise, har et klimaaftryk med sig, som indregnes i grisens klimaaftryk. Derudover er der direkte emissioner af metan og lattergas fra fordøjelse af fodret samt fra gyllen. Alle kilder bidrager til bedriftens klimaaftryk, uanset om de er direkte emissioner fra stald eller gyllelager, eller om det er foder, indkøb af smågrise, energi eller andet.

Bedriftens klimaaftryk er især afhængig af produktionens størrelse. Klimagasserne opdeles efter, om det er klimagasser opstået på bedriften (direkte udledning af klimagasser) eller et klimaaftryk, som følger med et indkøbt produkt (indirekte klimagasser).

Griseproducenternes mulighed for at beregne grisebedriftens og grisens klimaaftryk er en helt afgørende forudsætning for at dokumentere bedriftens og grisens klimaaftryk samt effekten af de tiltag, der er gjort på bedriften til at reducere klimaaftrykket. Grisebedrifter vil på sigt skulle udarbejde en ESG-rapport, der er et vigtigt ledelsesværktøj, hvor klimaaftrykket på bedrift og grisen dokumenteres, sammen med en redegørelse om de tiltag, der arbejdes med på bedriften. Dokumentation kræver et beregningsværktøj, der kan beregne klimaeffekt på både bedrifts- og produktniveau samt beregne effekten af forskellige virkemidler på såvel bedriftens direkte klimaaftryk som på produkterne.

Formålet med dette notat er at vise de forskellige virkemidlers klimaeffekt samt kombinationer af virkemidlers reducerende klimaaftryk, på bedriftens direkte klimaaftryk og på grisens klimaaftryk. Det er målet, at griseproducenten skal kunne se virkemidlets reducerende effekt på grisen, og hvad det koster. Hvis bedriften består af flere lokaliteter med forskellige stalde og forskellige muligheder for at anvende virkemidler, er det nødvendigt at tage et klimaværktøj i brug for at få de rigtige klimaaftryks beregninger. Teknologier til reduktion af klimagasser har en omkostning, som er angivet som omkostning pr. ton reduceret CO₂e. Der er også angivet den reducerende effekt pr. gris og omkostningen pr. gris.

Klimavirkemidler varierer betydeligt i deres direkte effekter og afledte effekter, og der er stor variation i deres omkostningseffektivitet målt som omkostning pr. ton reduceret CO_{2e}. Nogle virkemidler kan kombineres og dermed give additiver effekter. Andre virkemidler kan ikke kombineres, såsom staldforsuring med biogas. Desuden er der virkemidler, der kun kan implementeres i forbindelse med totalrenovering eller nybyggeri.

Virkemidler som produktivitet og fodersammensætning kan altid kombineres med de teknologiske virkemidler. De har generelt en meget lille effekt på bedriftens territoriale klimaaftryk, men til gengæld stor indflydelse på grisens klimaaftryk.

I aftalen om grønt Danmark blev parterne enige om at indføre en afgift på 300 kr. pr. ton CO_{2e} i 2030 stigende til 750 kr. pr. ton CO_{2e} i 2035 med et bundfradrag på 60 %. De bedrifter, der ikke har taget lagerteknologi i anvendelse i 2030, risikerer dermed at skulle betale CO_{2e}-afgift.

Materialer og metoder

Som baggrundsmateriale er der anvendt Henricksen et al. (2024). Formålet med dette notat er at omsætte resultaterne fra rapporten, så de kan anvendes i klimaværktøjet ESGreen Tool og på en måde, så den enkelte bedrift kan anvende notatet som baggrundsmateriale til at udarbejde relevante handleplaner for reduktion af klimagasser samt få et overblik over omkostningerne ved handleplanerne.

De viste omkostninger nedenfor er baseret på en slagtegriselokalitet med en ca. stistørrelse på 4.000 stipladser fra beregninger bag dette katalog. Der er størrelsesøkonomi i gylleforsuring, hvori der er brugt ca. 8.000 stipladser, idet kapitalomkostningen (afskrivninger og rentekomkostninger) ellers vil stige fra de 12,42 kr./tons gylle til 22,63 kr./tons gylle. Der er fortsat stor usikkerhed om investeringsbeløbet ved fakkelafløb fra gyllebeholdere. Her kan størrelsesøkonomi måske også komme til at spille en rolle. I forhold til klimavirkemiddelrapporten er automatiseret hyppig udslusning sat til 0 kr./tons, fordi hyppig udslusning er et lovkrav.

Tabel 1. Variable omkostninger og kapitalomkostning pr. tons gylle.

	Variable omkostninger per ton gylle	Kapital omkostning per ton gylle	Samlede omkostning per ton gylle
Hyppig udslusning	0,00	0,00	0,00
Linespil	2,84	4,72	7,56
Gyllekøling	1,78	3,22	5,00
Gylleforsuring	9,77	12,42	22,19
Biogas	0,05	3,13	3,18
Lavdosis-forsuring i lager	3,94	0,00	3,94
Fakkelaftbrænding fra lager	1,00	9,73	10,73
Kompost-biofilter fra lager	2,21	12,53	14,74

Kilde: Grunddata slagtegrise fra Henriksen et al. (2024).

Tabel 2. Grundlæggende forudsætninger for beregning af virkemidlernes effekter.

Forudsætning	Kilde
1 kg metan CH ₄ lig med 28 kg CO ₂ e	IPCC
1 kg lattergas N ₂ O er lig med 265 kg CO ₂ e	IPCC
1,67 kg metan fra stalden, 1,47 kg metan fra lagret, i alt 3,14 kg metanudledning pr. ton gylle	DCE
5,87 ton gylle pr. årso	NORMtal 2023
0,128 ton gylle pr. smågris	NORMtal 2023
0,533 ton gylle pr. slagtegris	NORMtal 2023

Fordelingen af metan mellem stald og lager er estimeret ud fra den nationale opgørelse (Nielsen et al., 2024).

For at nå langt nok i reduktion af klimagasser kan det være nødvendigt at kombinere forskellige virkemidler. Når gyllens metanemission bliver reduceret i stalden ved f.eks. hyppig udslusning, linespil eller gyllekøling, øges opholdstiden i lagret, og dermed øges emission fra lagret, hvis der ikke foretages en lagerbehandling. Metanemissionen fra lager øges med forskellige faktorer, som afhænger af staldteknologien.

Tabel 2. Faktorer, som tillægges emissionens potentiale fra gyllelagret.

	Kg metan pr. ton gylle
Hyppig udslusning	0,30
Linespil	0,54
Gyllekøling	0,10
Hyppig udslusning + gyllekøling	0,36

Ved beregning af emissionerne fra lagret tillægges grundemissionen den emission, som skyldes, at gyllen er tilført lagret fra stalden hurtigere eller koldere end ved normal udslusning af gyllen.

Når der kombineres staldvirkemidler med lagervirkemidler, øges den samlede effekt. F.eks. har hyppig udslusning og lavdosis-forsuring i lager en samlet effekt på 47 %, hvis de ikke kombineres, men en effekt på 54 %, når de kombineres. I Tabel 2 ses eksempler på reduktionseffekten for enkeltvirkemidler og kombinationen af virkemidler.

Tabel 3. Eksempler med flere virkemidler.

Virkemidler	Reduktion af metan, %
Hyppig udslusning (50 % reduktion i stalden)	17
Gyllekøling (17 % reduktion i stalden)	6
Lavdosis-lagerforsuring (65 % reduktion i lager)	30
Hyppig udslusning + lavdosis-lagerforsuring	54
Hyppig udslusning + gyllekøling + lavdosis-lagerforsuring	60

Reduktionseffekterne i parentes er den direkte effekt i stalden eller lagret. Den angivne reduktionseffekt er den reducerede metan i % af den samlede grundudledning. Eksempel på beregning af reduktionseffekten når flere virkemidler kombineres er vist i Tabel 5. Princippet er at virkemidlets effekt i stalden beregnes af staldens udledning. Hyppig udslusning har f.eks. en effekt på 50 %. Når gyllen, der overføres til lagret, har en højere tørstofindhold og lidt længere opholdstid, så tillægges der en konstant, som gælder for hyppig udslusning på 0,3 kg metan, så den samlede udledning fra lagret er 0,3 + 1,47, i alt 1,77 kg metan. Det virkemiddel, der anvendes i lagret, reducerer dernæst den nye udledning på 1,77 kg metan med den direkte effekt på 65 %, så emissionen er på 0,62 kg metan. Den samlede emission bliver dermed 0,84 kg + 0,62 kg i alt 1,46 kg metan. Udledning før virkemidler var 3,14 kg metan og efter virkemidler 3,14 - 1,46 = 1,68 kg metan. I % en reduktion på 54 %.

Tabel 4. Reduktionseffekten af flere virkemidler beregnes trin for trin inden for stald og lager.

Slagtegrise	Stalden, kg metan/ton	Overført til lager, kg metan/ton	Lager, kg metan/ton	Emission i alt, kg metan/ton	Reduktion, kg/% metan/ton
Traditionel udslusning	1,67	0	1,47	3,14	
Hyppig udslusning	0,835	0,30	1,77	2,61	0,53/17 %
Hyppig udslusning + lavdosis-lagerforsuring	0,835	0,30	$(1,47 + 0,3) \times 0,35 = 0,62$	1,46	1,68/54 %
Hyppig udslusning + gyllekøling + lavdosis-lagerforsuring	$0,835 \times 0,75^*)$ 0,63	0,30 0,06	$(1,47 + 0,36) \times 0,35 = 0,64$	1,27	1,87/60 %

*) Gyllekøling forventes at have en større køleeffekt og dermed lidt mindre metanemission ved hyppig udslusning pga. af mindre gyllemængde.

Bedriftens og grisenes klimaaftryk

Følgende underafsnit beskriver de enkelte virkemidler.

Staldteknologier

Den gennemsnitlige temperatur over et år er næsten dobbelt så høj i grisestalden som i gyllelagret. Under iltfattige forhold dannes metanen ved at nedbryde let omsætteligt tørstof i gyllen. Jo højere temperaturen er i gyllen, jo mere metan dannes der. Staldteknologier som automatisk rørudslusning og linespilsanlæg, der kan bringe gyllen hurtig ud af stalden, nedbringer derfor metandannelsen betragteligt i stalden men øger til gengæld mængden af omsætteligt tørstof i gyllelagret og dermed emissionen fra gyllelagret. Gyllekøling reducerer gyllens temperatur og dermed metandannelsen og øger ligeledes emissionen fra gyllelagret.

Gyllelagerteknologier

I gyllelagret er der forskellige metoder til at reducere metandannelsen eller omdanne metanen til CO₂. Potentialet for at danne metan i gyllebeholderen øges, når der kommer mere omsætteligt tørstof til gylletanken. I lagret kan gyllen være afgasset (biogas), tilsat syre, som hæmmer metandannende

mikroorganismer, eller det dannede metan opsamles fra gyllebeholderen og ledes til en flammefakkel eller et biologisk filter, hvor metanen omdannes til CO₂.

Produktivitet

Øget produktivitet, som reducerer foderforbruget pr. fravænnet gris eller foderforbrug pr. kg tilvækst hos smågrise og slagtegrise, giver mindre gylle og dermed mindre metan og lattergas. Reduceret dødelighed reducerer klimaaftrykket pr. gris, når der er flere grise til at fordele det samlede klimaaftryk på.

Foder

Foderets proteinindhold har betydning for lattergasemissionen. Derudover har foderets sammensætning stor indflydelse på foderblandings klimaaftryk. Især proteinkilder uden Direct Land Use Change (dLUC) (fældning af regnskov), brugen af olie, der ikke er påvirket af dLUC og lavbundsjord, og brugen af syntetiske aminosyrer, som reducerer mængden af øvrige proteinkilder, reducerer foderets klimaaftryk. Bælgplanter og græsprotein kan være med til at reducere foderets klimaaftryk.

Resultater og diskussion

Hyppig udslusning af gyllen

Ved at udsluse gyllen én gang ugentlig i stedet for at reducere gyllens opholdstid i stalden hver femte-sjette uge reduceres gyllens opholdstid i stalden og dermed afgivelse af metan. Ved at levere frisk gylle til et biogasanlæg er der ligeledes en større mængde organisk materiale, der kan omdannes til biogas. Metanafgivelsen fra gyllen er stærkt påvirket af opbevaringstemperaturen og opholdstid i stalden og gyllebeholderen. Udslusningen af gyllen kan både foretages automatisk og manuelt, men det skal kunne dokumenteres, at udslusningen er foretaget med en ugentlig frekvens. Hyppig gylleudslusning er i de senere år blevet anvendt i nogle slagtegrisestalde med fulldrænet gulv som en del af miljøgodkendelsen, idet det er optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste (Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, n.d.) som teknologi til at reducere lugtemissionen fra stalden med 20 %. Hyppig automatiseret gylleudslusning anses også for at reducere risikoen for svovlbrinteforgiftning og et forbedret arbejdsklima (Jonassen, 2011).

Klimaeffekt på hyppig udslusning af gylle

Nettoeffekten af hyppig udslusning på metanemissionen afhænger af, om der foretages en lagerbehandling af gyllen i form af biogas, lavdosis-forsuring, fakkelafløbning eller biologisk filter. Effekterne vist i Tabel 6 gælder for slagtegrise. Effekterne ved hyppig udslusning for smågrise og søer er lidt mindre på grund af lempeligere krav til udslusningshyppighed. Det er kun i stalde, som er ansøgt og bygget efter maj 2023, hvor der er krav til hyppig gylleudslusning i so- og smågrisestalde. I drægtighedsstalder skal der ligeledes kun udsluses gylle hyppigt i nye stalde. I drægtighedsstalder med halmstrøelse er linespilsanlæg et oplagt valg til hyppig udslusning.

Reduktionseffekten for lavdosis-lagerforsuring, fakkelafløbning og biologisk filter er for overskueligheden indregnet med samme effekt. I Tabel 6 ses de effekter, der også er anvendt i SEGES' klimavirkemiddelrapport, og som anvendes i ESGreen Tool Climate. Hyppig udslusning i slagtegrisestalde med gyllepropper er lovkrav.

Tabel 5. Effekt af hyppig udslusning (én gang pr. uge).

	Klimaeffekt
Hyppig udslusning af gyllen	15 kg CO ₂ e/ton grisegylle
Hyppig udslusning + biogas	59 kg CO ₂ e/ton grisegylle
Hyppig udslusning + gyllekøling + lagerbehandling	52 kg CO ₂ e/ton grisegylle

Implementering af hyppig gylleudslusning

Hyppig udslusning af gyllen kan praktiseres i mange stalde med gyllesystem. Det kræver dog en tilstrækkelig ugentlig gødningsproduktion for at kunne tømme kummerne. Hyppig udslusning er derfor mest relevant i stalde til slagtegrise. Praksis med hyppig gylleudslusning skal kunne dokumenteres, for at effekten kan medregnes i bedriftens klimaregnskab.

I nye stalde bør der installeres et automatisk udslusningssystem for at reducere arbejdsforbrug og reducere risiko for svovlbrinte. Automatisk gylleudslusning kan etableres i traditionelle gyllekummer, hvor gyllen udsluses via ventiler placeret på rørstrengen.

I eksisterende stalde er eneste mulighed for hyppig gylleudslusning at trække propperne ugentligt. Det øger arbejdsforbruget til gylleudslusning.

Hyppig gylleudslusning er et lovkrav i henhold til Bekendtgørelse om godkendelse og tilladelse m.v. af husdyrbrug i alle eksisterende slagtegrisestalde samt alle nye stalde, hvor der er søgt miljøgodkendelse fra 1. maj 2023. Da hyppig udslusning ikke kan udelades, er de ca. 3 kr. pr. ton gylle ikke inkluderet som en marginal omkostning, idet man ikke kan undlade hyppig udslusning.

Linespilsanlæg

Linespilsanlæg fungerer ved, at en wire trækker en skraber i gyllekanalen, så gyllen trækkes hen til en nedsænket tværkanal eller en forsænket kumme med udslusningsprop, hvorfra gyllen ledes til en fortank. Linespilsanlægget kan indstilles til at køre dagligt eller med få dages mellemrum.

Linespilsanlæg er især relevant i stalde, hvor man ønsker at anvende et større forbrug af halmstrøelse, dels som redebygning, dels på grund af produktion med hele haler. Linespil er den mest effektive metode til at få gødning og gylle hurtig ud af stalden.

Lugtmissionen fra stalden forventes at blive reduceret med linespilsanlæg, når gyllen dagligt skrubes ud af stalden. Der er udført to afprøvninger på slagtegrisestalde, hvor linespilsanlæg er målt op imod rørudslusning. Her er der vist cirka 40 % mindre lugtmission fra sektionerne med linespilsanlæg (Holm og Grønborg, 2021). Målet er at få linespilsanlæg optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste med effekt på metan, lugt og måske ammoniak.

Både økologiske og konventionelle griseproducenter kan anvende linespil.

Klimaeffekt på linespilsanlæg

Metanemission ved linespilsanlæg er beregnet på basis af forskellige afprøvninger til i gennemsnit 90 %. En del af staldeffekten tabes i lageret. I Aarhus Universitets rådgivningsnotat (Dalby et al., 2022) er der beregnet en øget metanemission fra lageret til 0,5-0,6 kg CH₄ pr. ton gylle. På den baggrund anvendes der et øget emissionspotentiale fra lagret på 0,54 kg metan pr. ton gylle i klimaeffektberegningerne.

Ud fra den forventede reduktion i metanemissionen pr. ton gylle i stalden på 90 % af 1,67 kg giver det en reduktion i metanemissionen på 1,50 kg fra stalden. Denne værdi skal fratrækkes 0,54 kg ekstra

metanemission fra lageret. I alt giver det en mindre metanemission på 0,96 kg svarende til 27 kg CO₂e pr. ton gylle.

Der vil være en væsentlig synergieffekt ved at kombinere linespilsanlæg med enten biogas, lavdosis-lagerforsuring, fakkelafløb eller kompostfilter. I Tabel 7 ses de beregnede klimaeffekter af linespilsanlæg pr. ton gylle.

Tabel 6. Effekt af linespilsanlæg.

	Klimaeffekt
Linespil, daglig udtræk af gyllen	27 kg CO ₂ e/ton grisegylle
Linespil + biogas	77 kg CO ₂ e/ton grisegylle
Linespil + lagerbehandling	64 kg CO ₂ e/ton grisegylle

Implementering af linespilsanlæg

I drægtighedsstalde vurderes der ikke at være væsentlige meromkostninger ved at installere linespilsanlæg frem for rørdslusning. Løbe-/drægtighedsstalde er store staldrum, hvor der typisk monteres et eller to linespilsanlæg. Hertil skal lægges omkostningen til tværkanalen. Omkostninger til rørdslusning med automatisk udslusning er næsten den samme.

Omkostning ved linespilsanlæg

Meromkostninger til linespilsanlæg i forhold til automatisk rørdslusning i slagtesvinestalde er omkring 7,56 kr. pr. ton slagtegrisegylle svarende til 281 kr. i årlig omkostning pr. ton reduceret CO₂e, når der ikke er nogen form for lagerbehandling. Ved lagerbehandling øges effekten af linespilsanlæg fra 27 kg CO₂e pr. ton gylle til 37 kg CO₂e pr. ton gylle, og omkostningen pr. ton reduceret CO₂e falder dermed til 205 kr. pr. ton reduceret CO₂e. I beregning af omkostningerne er der ikke taget hensyn til, at der kan være besparelse til anden teknologi til lugtreduktion.

Gyllekøling

Gyllekøling er en teknologi, der oprindeligt er udviklet til at bidrage med varme til staldrum, beboelse samt andre bygninger på ejendommen. Det er en energieffektiv energikilde, hvor opsamlet varme i køleslanger i gyllekummernes betonbund overføres til centralvarmeanlæg via en varmepumpe. 1 kWh el konverteres derved til 3,5-4 kWh varme. Samtidig sænkes staldgyllens temperatur, hvilket medfører, at fordampningen af ammoniak og dannelsen af lugtstoffer fra gyllen reduceres. Gyllekøling er en godkendt teknologi på Miljøstyrelsens Teknologiliste til reduktion af ammoniak og lugt (Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, n.d.).

Reduktionseffekten afhænger af kølingsgraden i gyllekummen (W/m²). Ofte kan al den genererede varme ikke anvendes på ejendommen, og det er derfor nødvendigt at afsætte varmen via en udendørs frikøler (kalorifere). Dette er specielt i sommerhalvåret i sohold samt både i sommer- og vinterhalvåret på ejendomme med slagtegrise med et lille varmebehov. Gyllekøling anvendes hyppigt i forbindelse med miljøgodkendelser. Det vurderes, at den gennemsnitlige køleeffekt er 16,8 W pr. m². Både konventionelle og økologiske griseproducenter kan i anvende gyllekøling, hvis staldsystemerne giver mulighed for det.

Klimaeffekt på gyllekøling

Nedkøling af gyllen i stalden vil reducere den mikrobielle aktivitet og dermed også dannelsen af metan. Når gyllekøling kombineres med hyppig udslusning, som det ofte vil være tilfældet i slagtegrisestalde, forventes der en synergieffekt, da gyllen køles bedst ved bunden, og en større andel af gyllen dermed er nedkølet. Hvis gyllekøling kombineres med linespil, forventes der ikke

nogen synergieffekt fra nedkølingen, idet gyllemængden er meget lille, og linespil allerede har reduceret metanemissionen med 90 %.

Når den friske gylle er sluset ud i forbeholder/gylletank, forventes der efterfølgende en lidt højere metanemission fra gylletanken, da gyllen vil indeholde en større mængde let omsættelige kulstofforbindelser. En del af staldeffekten vil altså tabes i lageret. Ud fra Aarhus Universitets virkemiddelkatalog (Andersen et al., 2023) vurderes gylletankens emission af metan at blive øget med ca. 0,10 kg CH₄ pr. ton gylle. Den forventede effekt pr. ton gylle i stalden ved køling med 16,8 W/m² er en reduktion af metanemissionen på 17 %.

Tabel 7. Effekt af gyllekøling.

	Klimaeffekt ¹⁾
Gyllekøling	5,1 kg CO ₂ e/ton grisegylle
Gyllekøling + hyppig udslusning	19,1 kg CO ₂ e/ton grisegylle
Gyllekøling + hyppig udslusning + lagerbehandling	52,5 kg CO ₂ e/ton grisegylle
Gyllekøling + biogas	44,3 kg CO ₂ e/ton grisegylle

Implementering af gyllekøling

I so- og smågrisestalde forventes det, at varmen fra gyllekølingen kan anvendes i så stor udstrækning, at det dækker omkostningerne. I slagtegrisestalde er det begrænset, hvor stor en andel af varmen der kan anvendes i staldene. I slagtegrisestalde, hvor der køles med 16,8 W pr. m², er omkostningerne beregnet til 10,8 kr. pr. ton gylle. Effekten på metanemissionen er begrænset, hvorfor omkostningen pr. ton reduceret CO₂e bliver meget høj.

Omkostning ved gyllekøling

I slagtegrisestalde er investering og driftsomkostninger beregnet til 5 kr. pr. ton gylle. Prisen pr. ton sparet CO₂e bliver dermed ca. 971 kr. Gyllekøling har i stalde med rørudslusning udover effekt på metan også effekt på ammoniakemissionen (22,3 %) og lugt (20 %). Disse positive sidegevinster er ikke indregnet.

Uanset hvilket formål gyllekøling måtte have, er udnyttelsen af varmen helt afgørende for økonomien ved at investere i gyllekøling. Gyllekøling anvendes ofte sammen med andre virkemidler, f.eks. hyppig udslusning og lagerbehandling, og derved øges effekten lidt fra gyllekøling. Den isolerede effekt på metanemissionen vil dog altid være lille fra gyllekøling.

Biogas

Gylle og dybstrøelse indeholder organisk materiale, der i stalden og på lageret omdannes til metan. Ved at få gylle og dybstrøelse i et biogasanlæg bliver metan i stedet nyttiggjort som brændsel, samtidig med at metanemissionen fra lageret reduceres.

Klimaeffekten ved at reducere metanemissionen fra gylle og gødningslager medregnes i bedriftens klimaregnskab, mens klimagevinsten for den fossile energi, som biogassen fortrænger, medregnes i energisektorens regnskab.

Dybstrøelse kan afleveres til biogas, men der er ingen kilder, der angiver de klimamæssige effekter. På biogasanlægget blandes al input til metanproduktionen, hvorfor det er rimeligt at antage, at alle, der får gylle retur, får gylle med samme gennemsnitlige indhold af næringsstoffer. Emissionen af metan fra lagret må derfor anses for at være den samme for gylle og dybstrøelse. Ved at sende

dybstrøelse til biogas er der både en metanreduktion og en betydelig reduktion i lattergas fra lagret. Lattergas er den største klimagas kilde ved dybstrøelse.

Der er usikkerhed om, hvor stor klimagevinsten er ved afgangning af gylle, og effekten er blevet op- og nedskrevet flere gange. Effekten er baseret på et teoretisk beregnet grundlag, og der er begrænset dokumentation for de reelle emissioner. De anførte effekter kan derfor meget vel blive justeret, når der foreligger ny, dokumenteret viden.

Klimaeffekt på biogas

Under afsnittene med staldteknologi er der redegjort for de kombinerede effekter. I Tabel 9 vises den direkte effekt af at reducerede klimagasser fra gyllelagret.

Tabel 8. Effekt af biogas.

	Klimaeffekt
Biogas baseret på gylle	35,3 kg CO ₂ e/ton grisegylle
Biogas baseret på dybstrøelsesreduktion i metan fra lager	35,3 kg CO ₂ e/ton grisegylle
Biogas baseret på dybstrøelsesreduktion i lattergas fra lager	144,0 kg CO ₂ e/ton grisegylle

Implementering af biogas

For at kunne afsætte gylle til et biogasanlæg skal det undersøges, om der er et biogasanlæg i nærheden med ledig kapacitet. Der skal evt. sikres passende tilkørselsforhold samt investeres i en fortank, hvorfra gylle kan hentes. Ved levering til biogas bør afhentnings- og lagertankene ikke placeres tæt ved staldbygningerne, da dette øger risikoen for kontaminering af indsugningsluften til ventilationsanlæggene, når der kommer luft retur ud ved fyldning af tankbilerne. Der bør etableres en pumpeledning fra gennempumpningsbrønden, så vaskevand kan ledes udenom afhentningstanken og direkte til en lagertank.

Omkostning ved aflevering af gylle til biogas

Transport med tunge gylletrailere vil medføre ekstra slid på tilkørselsvejene og øge vedligeholdelsesomkostningerne. Der skal investeres i fortank til afhentning af gyllen. Investeringen i fortank og omkostninger til køreveje mv. udgør ca. 3,18 kr. pr. ton gylle, svarende til ca. 90 kr. pr. ton CO₂e.

Lavdosis-forsuring i gylletanke

Undersøgelser har vist, at tilsætning af en lille dosis svovlsyre til gyllen har en relativ stor effekt på metanemissionen. Aarhus Universitet har i et forsøg med små pilotskala testtanke vist 70 % reduktion i metanemission ved at tilsætte 2,1 kg svovlsyre pr. m³ gylle (Chun et al., 2022). Teknologien "lavdosis-forsuring i gylletanke" er en ny teknologi, hvor effekten af tilsætning af en lille dosis svovlsyre til gyllen i lageret om sommeren kombineres med temperaturfaldet i gyllen om vinteren. Svovlsyren holder således et lavt emissionsniveau om sommeren og sensommeren, hvorefter temperaturen holder emissionsniveauet nede hen over vinteren.

Ved lavdosis-forsuring i lager tilsættes svovlsyre til gyllen i den varme sommerperiode samt evt. i den første del af efteråret med en dosis svarende til 2-3 kg svovlsyre pr. m³ gyllekapacitet i gyllebeholder. På dette tidspunkt dannes der mest metan, da gyllens temperatur er relativ høj (17-18°C). I efteråret og hen over den kolde vinterperiode tilsættes ikke svovlsyre.

Tilsætning af syre kræver certifikat, og forholdsregler bør overholdes under håndtering ved tilsætning af syren. Man bør derfor leje en maskinstation til tilsætning af koncentreret svovlsyre til gyllen. Syren skal tilsættes under omrøring af gyllen, hvilket kræver en vis gyllestand i tanken, f.eks. 80-100 cm. Der

er behov for at udvikle en teknologisk løsning, hvor syren kan tilsættes i forbindelse med overpumpning af gylle fra fortank til gylletank.

Når svovlsyre tilsættes i gylletanken, sker der samtidig skumdannelse i tanken med frigivelse af både kuldioxid og svovlbrinte. På enkelte teltoverdækkede gylletanke er set skader/erosioner på tankens betonelementer. Selv om det ikke er afklaret, om det skyldes syretilsætning i gylletankene, bør det undersøges, om tankforsuring giver risiko for syreskader på betonvægge, når svovlsyre tilsættes direkte i gylletanken.

Ammoniakfordampningen kan i mindre grad blive reduceret ved denne lavdosis-forsuring, men det kan dog også virke modsat, da syretilsætningen kan medvirke til mindre flydelagsdannelse på gylleoverfladen. Den forsurede gylle vil i mange tilfælde tilføre tilstrækkelig mængde svovl til markerne til at dække afgrødernes behov.

Det er kun konventionelle landmænd, der kan anvende syntetiske og mineralske syrer, mens økologerne har mulighed for at anvende naturlige syrer. Effekten af naturlige syrer er ikke undersøgt.

Klimaeffekt på lavdosis-forsuring i gylletanke

I gennemsnit over året forventes der en gennemsnitlig effekt på 65 % ved lavdosis-forsuring.

Der vil være en synergieffekt ved at kombinere en staldteknologi med lavdosis-forsuring, f.eks. ved hyppig udslusning fra grisestalde vil en del af den reducerede emission, der opnås i stalden, blive flyttet til en øget emission fra lageret. Lavdosis-forsuringen vil nedbringe denne meremission fra lageret. Kombinationseffekterne er vist i afsnittene med staldteknologier.

Tabel 9. Effekt af lavdosis-forsuring i gylletanken.

	Klimaeffekt
Lavdosis-forsuring i gylletanken	26,8 kg CO ₂ e/ton grisegylle

Implementering af lavdosis-forsuring i gylletanke

Tilsætning af syre i gylletanken foretages to gange årligt af en maskinstation med en omrører og en tankvogn med svovlsyre.

Omkostning ved lavdosis-forsuring i gylletanke

Omkostninger til maskinstation er anslået til 20.000 kr. pr. lokalitet. Derudover er der omkostninger til svovlsyren på ca. 2,5 kg svovlsyre pr. m³ gyllelager. De samlede omkostninger pr. ton behandlet grisegylle er ca. 3,94 kr. Pr. ton reduceret CO₂e bliver omkostningen 147 kr.

Fakkelafløbning af metan fra gylletanke

Fakkelafløbning af biogas er en velkendt teknik til at skaffe sig af med overskydende metan på biogasanlæg, når der er metanoverskud i bufferlageret.

Fakkelafløbning af metan fra gylletanke med teltoverdækning vil være en mulighed og foregår ved, at der suges en luftstrøm fra luftrummet under teltoverdækningen hen til en fakkelafløber. Metankoncentrationen skal være tilstrækkelig høj til at kunne brænde, dvs. sandsynligvis over eller omkring 6-7 %, da der ellers skal tilføres "støttegas" til at drive flammen. Metankoncentrationen under teltoverdækningen på gylletanke vil dog ikke altid være så høj, men særligt i sommer- og efterårsmånederne vil der kunne opnås tilstrækkelig høj koncentration til, at metanen kan afbrændes, og særligt i tanke med grisegylle findes høje koncentrationer i denne periode med 7-9 % metan i luften under teltoverdækningen (Afp. 1718, 2021).

I undersøgelser har SEGES Innovation fundet en udskiftning af luften under teltoverdækningen svarende til 50-200 m³ pr. time (Afp. 1718, 2021). Luftsiftet genereres af små ventilåbninger øverst på teltdugen samt små utætheder langs betonkanten og sandsynligvis ved pumpelugerne. Disse åbninger reducerer metankoncentrationen. Ventilationen af teltoverdækkede gylletanke er et krav i Landbrugets Byggeblad (Landbrugets Byggeblad, 2019) for at sikre, at der ikke opbygges så høje metankoncentrationer, så man risikerer en gasekspllosion. Men i forbindelse med fakkelaflbrænding ønskes netop høje metankoncentrationer, og teltoverdækningen skal derfor tætnes ved, at ventilerne øverst på teltdugen skal lukkes og utætheder tættes. Derved vil man, ud over at opnå en højere metankoncentration, undgå et unødigt tab af metan til atmosfæren. Det kræver dog, at kravet til ventilation ændres, så det kan opfyldes ved en mekanisk ventilation af luften under teltoverdækningen.

Både økologiske og konventionelle landmænd kan anvende fakkelaflbrænding.

Klimaeffekt på fakkelaflbrænding

Gylletankens teltoverdækning skal være tæt, så metanen kan suges til fakkelaflbrænderen. Det forventes, at 70-80 % af metanen kan suges til aflbrænding, og at 80-90 % af det metan, der pumpes til faklen, aflbrændes til CO₂. Derved opnås en samlet metanreduktion fra lagertanken på 64 %, hvilket er det estimat, der angives i Aarhus Universitets virkemiddelkatalog (Andersen et al., 2023). Det forventes, at der vil være et minimalt behov for støttegas, da tætningen af beholderen – sammen med et lille pumpeflow – skal sikre en høj metankoncentration til faklen.

Der vil være en synergieffekt ved at kombinere en staldteknologi med fakkelaflbrænding. F.eks. ved hyppig udslusning fra grisestalde vil en del af den reducerede emission i stalden blive flyttet til en øget emission fra lageret. Fakkelaflbrænding vil nedbringe denne meremission fra lageret, og metanreduktionen ved fakkelaflbrænding er derfor indregnet under staldteknologierne.

Tabel 10. Effekt af fakkelaflbrænding af metan fra lager.

	Klimaeffekt ¹⁾
Fakkelaflbrænding af metan fra gylletank	26,3 kg CO ₂ e/ton grisegylle

Implementering af fakkelaflbrænding

Der er usikkerhed om omkostningen ved anskaffelse og etablering af et anlæg til fakkelaflbrænding. For at kunne opsamle metanen fra gylletanken skal der investeres i en tæt teltoverdækning af gyllebeholderen, sugeslange, svovlbrinte-filter, pumpe, brænder, støttegas og styring.

Omkostning ved fakkelaflbrænding

Der må forventes en kort afskrivningstid på pumpen, da gassammensætningen under teltoverdækningen vil være meget aggressiv på grund af bl.a. svovlbrinte og høj luftfugtighed. Desuden skal svovlbrinte-filteret vedligeholdes, og evt. støttegas skal indkøbes. Omkostningerne er usikre men skønnes til at blive omkring 10,73 kr. pr. ton gylle. Pr. ton reduceret CO₂e bliver omkostningen ca. 407 kr.

Biologisk oxidering af metan fra gylletanke

DTU Miljø og COWI har tidligere arbejdet med kompostfilter (Biocover) til oxidering af metanudslip fra ældre affaldsdeponier. Biocover består af et rørsystem under et gasfordelingslag af sten, hvorpå der er lagt cirka 1 meter modnet kompost. I komposten omsætter bakterier metan til CO₂. Undersøgelser

har vist en høj, næsten fuldstændig, fjernelse af metan via biocover, hvor luften fra affaldsdeponiet diffunderer passivt gennem kompostfilteret med lang opholdstid.

I et Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogramprojekt (BioMet) har DTU Miljø, COWI og SEGES Innovation undersøgt biologisk oxidering i et kompostfilter placeret ved en teltoverdækket gylletank med grisegylle. Teltoverdækningens ventiler øverst på teltdugen blev lukket, og en sugeslange blev tilsluttet en pumpe, der sugede 100 m³ luft fra tanken pr. time. Luften blev ledt ind under kompostfilteret i et rørsystem. Resultaterne var meget positive. Der blev fundet omkring 90 % reduktion af det metan, der blev tilført med luftstrømmen. Gyllebeholderens størrelse var 4.300 m³, og størrelsen på filteret var 400 m². Filterstørrelsen blev bestemt ud fra nogle indledende koncentrationsmålinger, hvor der fra denne gylletank blev fundet høje koncentrationer af metan, svarende til 15-17 % i perioder. Der er desuden målt, hvor meget metan der ikke bliver opsamlet i suget til kompostfilteret, hvilket estimeres til ca. 25 % metan. Det skal dog undersøges nærmere. Den effektive reduktion af metan er beregnet til 68 %.

Både økologiske og konventionelle landmænd kan anvende kompostfilter.

Klimaeffekt på biologisk oxidering af metan fra lager

Tabel 11. Effekt af biologisk oxidering af metan fra lager.

	Klimaeffekt
Kompost-biofilter fra lager	28,0 kg CO ₂ e/ton grisegylle

Implementering af biologisk oxidering af metan fra lager

Kompostfilter skal i kvadratmeter svare til 9,1 % af opbevaringskapaciteten fra gylleproduktion. Et filter kan f.eks. bestå af 10 cm vandtæt ler membran i bentonit eller en plastmembran samt et 30 cm tykt gasfordelingslag bestående af knust beton, hvori gasfordelingsrørene ligger. Der anvendes kompost-materiale, pumpe mv.

Omkostning for biologisk oxidering af metan fra lager

Driftsomkostningerne omfatter vedligehold af filter og strømforbrug til at transportere metanen til filtret. De samlede omkostninger pr. ton gylle er ca. 14,74 kr. pr. ton. Omkostningen pr. ton reduceret CO₂e bliver dermed ca. 526 kr.

Gylleforsuring i grisestald

Forsuring af gylle i stald med svovlsyre er som teknologi 'JH Forsuring NH₄⁺ Svinestalde' optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste (Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, n.d.).

Forsuringen i grisestalde fungerer ved, at gyllen dagligt sluses ud i en procestank, hvor der under omrøring tilsættes svovlsyre (93-96 % koncentreret svovlsyre). Når gyllen er forsuret ned til pH 5,5 og ligger stabilt på dette niveau, pumpes hovedparten af den forsurede gylle tilbage i stalden, så der opnås en gyllestand på 20-25 cm i gyllekummerne. Den overskydende del af dagens gylleproduktion overføres til lagertanken. Stalden er opdelt i gyllekredse, så der behandles gylle fra maksimalt 1.000-1.500 m² gyllekumme ad gangen i procestanken. En typisk slagtegrisestald består af fire til seks gyllekredse.

Forsuring af gylle i grisestalde er godkendt til 64 % ammoniakreduktion i stalde med fulddrænet gulv, når der anvendes 11-13 kg svovlsyre pr. ton grisegylle. Tilslutter man en JH Smelfighter (tromlesi) til procesanlægget, opnås desuden 51 % lugtreduktion fra stalden. På grund af det høje svovlindhold i forsuret gylle ønsker biogasanlæg ikke – eller kun i mindre grad – at modtage staldforsuret gylle, da

det hæmmer de metanproducerende mikroorganismer i anlægget og øger svovlbrinteindholdet i biogassen.

Ammoniakreduktionen fra stald og fra lager vil bidrage med et højere ammoniumindhold i gyllen ved udbringning. Samtidig vil ammoniakfordampningen blive reduceret ved udbringning på grund af det lave pH, og udnyttelsen af gyllens kvælstof øges derved, hvilket kan føre til højere udbyttepotentiale eller nedsættelse af behovet for kunstgødning.

Udbringning af forsuret gylle medfører et overskud af svovl ved normal gylletilførsel, hvilket giver potentiale for udvaskning af sulfat. Aarhus Universitet har igangsat et projekt i 2023, som skal belyse miljømæssige effekter af at udbringe forsuret gylle.

Ved udbringning af forsuret gylle i marken stiger behovet for kalkning. Kalkbehovet vurderes at udgøre i størrelsesordenen 1,0-1,8 kg calciumkarbonat (CaCO_3)/L svovlsyre (dvs. 0,55-1,0 kg CaCO_3 pr. kg svovlsyre, eller 6,0-13 kg CaCO_3 pr. ton staldforsuret grisegylle). Kalkning bidrager med en øget CO_2 -emission fra markdriften.

Økologiske griseproducenter må ikke anvende svovlsyre i gyllen.

Klimaeffekt på gylleforsuring i stald

Der findes endnu ikke afsluttede målinger af metanemissionen fra grisestalde med svovlsyreforsuret gylle. Forsøg ved Aarhus Universitet har vist, at staldforsuret grisegylle lagret i gyllebeholdere (pilot-skala) over 83 dage havde en reduceret metanemission på over 90 % i forhold til lagret kontrolgylle (Petersen et al., 2014). Det er derfor forventningen, at gylleforsuring i stald vil medføre en høj effekt på metanemissionen fra gyllen fra stald og lager. Aarhus Universitet har sat et konservativt estimat til 70 % mindre metanemission fra gyllen fra både stald og lager, når gyllen staldforsures (Andersen et al., 2023).

Tabel 12. Effekt af forsuring af gyllen i stalden.

	Klimaeffekt
Forsuring af gylle i stalden	61,5 kg CO_2e /ton grisegylle

Implementering af gylleforsuring i stald

Etablering af staldforsuring af gyllen er mest relevant i nye anlæg men kan eftermonteres i de fleste stalde med vacuum-rørudslusning. Grundinvesteringen er meget stor, ca. 2,1 mio. kr., stalden skal derfor være meget stor for at holde omkostningerne nede. Gylleforsuring med Smellfighter har effekt på metan (70 %), ammoniakemissionen (64 %) og lugt (51 %).

Samme effekt på ammoniakemissionen, lugt og metan kan opnås med hyppig udslusning af gyllen, biologisk luftrensning, og at gyllen afsættes til biogas. Hvis stalden etableres med skrabe anlæg, vil klimaeffekten endda være lidt større. I lageret er der ikke krav til flydelag eller overdækning, når gyllen er staldforsuret. Syren øger kvælstofindhold i gyllen på grund af den mindre fordampning fra stald og lager samt mindre fordampning i forbindelse med udbringning. Gylle forsuret med svovlsyre vil have et højt indhold af svovl, som ved fuldgødskning vil ligge tre til fire gange højere end afgrødernes behov. Der er derfor ikke behov for tilførsel af svovl.

Omkostning ved gylleforsuring i stald

Der er omkostninger til etablering, vedligehold, samt syre og el til daglig drift. Gyllens øgede gødningsværdi er indregnet som indtægt.

De samlede nettoomkostninger til behandling af gyllen er ca. 22,19 kr. pr. ton. Omkostningen pr. ton reduceret CO₂e er ca. 361 kr. Da der er en større besparelse ved ikke at skulle investere i anden form for teknologi som biologisk luftrensning og hyppig udslusning, er den reelle udgift pr. ton reduceret CO₂e noget mindre. Omkostningen gælder for relativt store anlæg, so-lokalitet med 1.600 årssøer og smågrise samt slagtegrise stalde med 8.000 stipladser.

Produktivitet

Foderforbruget sammen med foderets indhold af råprotein påvirker alle udledningsskilder til klimagasser. Foderforbruget samt foderets proteinindhold har betydning for metan- og lattergasemissioner fra gyllen samt metan fra mavetarmsystemet under foderets fordøjelse.

Klimaeffekten på produktivitet

Foderforbruget har indflydelse på alle emissionskilder til grisens klimaaftryk. Ved at sammenligne klimaaftrykket for slagtegrise med et gennemsnitligt foderforbrug på 2,63 FEsv pr. kg tilvækst med et foderforbrug for de 25 % bedste bedrifter på 2,50 FEsv falder slagtegrisens klimaaftryk med 9,78 kg CO₂e. Faldet er fordelt med 0,7 kg CO₂e fra enterisk metan, 1,0 kg CO₂e fra lattergas, 0,8 kg CO₂e fra gødningsmetan og 7,3 kg CO₂e fra foderets klimaaftryk (Hyttel, 2024).

Produktivitet har stor klimaaffekt på grisens klimaaftryk og kun mindre effekt på det territoriale klimaaftryk.

Implementering af produktivitet

Mange faktorer er afgørende for produktivitet, og der lægges vægt på forskellige faktorer for søer og vækststyr.

Søer

Ernæring: Korrekt fodring og ernæring er afgørende for soens sundhed og produktivitet. Foder og nærmiljø i fællesskab skal sikre optimal mælkeydelse og lavest mulige pattegrisedødelighed.

Miljø: Et godt miljø, herunder passende temperatur, ventilation og belysning, kan forbedre soens trivsel og produktivitet. Dårlige miljøforhold kan føre til stress og sygdom.

Sundhed: Regelmæssig sundhedskontrol og vaccinationer kan forebygge sygdomme, der kan påvirke produktiviteten. Sundhedsmæssige problemer kan reducere soens evne til at producere mælk og passe sine smågrise.

Management: Effektiv management, herunder korrekt håndtering og pleje af soen, kan forbedre produktiviteten. Dette inkluderer også god hygiejne og stressreduktion.

Genetik: Avl og genetisk spiller en helt afgørende rolle, dels for at have de bedste søer, dels for at søernes afkom har de bedst mulige egenskaber for vækst, foderudnyttelse samt overlevelse.

Generel smittebeskyttelse: Transporter med grise, foder og gylle må ikke kunne påføre bedriften smitte. Personale, håndværkere og andre bør kun have adgang gennem autoriseret forrum, og polte bør være i karantæne.

Smågrise og slagtegrise

Foderkvalitet og -udnyttelse: Foder produceret af sunde råvarer og med det rigtige næringsstof indeholder en forudsætning for effektiv foderudnyttelse og høj foderoptagelse, som er afgørende for grisenes vækst. Høj daglig tilvækst er en forudsætning for en god foderudnyttelse.

Sundhed: Et godt miljø med passende temperatur, ventilation og plads kan reducere stress og give god tilvækst.

Hygiejne: God hygiejne kan reducere sygdomme og dødelighed.

Management: Effektiv management, herunder korrekt håndtering og pleje, kan forbedre grisenes trivsel og vækst.

Genetik: LYD-grise med god genetik og høj sundhedsstatus er en afgørende forudsætning for god produktivitet.

Foderets klimaaftryk

Foderets sammensætning af råvarer har mindre betydning for udledning af lattergas og metan. Fodersammensætningen har derimod stor indflydelse på foderets klimaaftryk, når der indregnes effekter fra Land Use Change (LUC). De største effekter fra LUC kommer fra afskovning og kulstofrige jorde.

Foderet kan have en effekt på den enteriske metanproduktion, som kommer fra den del af foderet, der fermenteres i grisenes tyktarm. Generelt gælder det, at den enteriske metanproduktion følger foderets indhold af fermenterbare kulhydrater, dvs. den andel af de fordøjede kulhydrater, som fermenteres af mikroflora i blind- og tyktarm.

Foderet har også en effekt på metan produktionen i gyllen. Her er det foderets indhold af ufordøjeligt, organisk stof, som bestemmer metan potentialet. Foderets råproteinindhold har indflydelse på gyllens indhold af kvælstof og dermed på lattergasemissionen.

Relevant litteratur om emnet

Vils et al. (2021) dykker ned i klimavenlige foderblandinger, Tybirk (2022) skriver om klimaaftryk på typiske foderblandinger til grise, og Udesen (2024) viser scenarier, der beskriver effekten af produktivitet, foder og teknologiske virkemidler. Derudover er Klimafoderdatabasen et værktøj til at beregne foderblandingers næringsstofindhold samt klimaaftryk. Hvis foderets klimaaftryk ikke kendes, kan det beregnes i Klimafoderdatabasen (SEGES Innovation P/S, n.d.).

Klimaeffekt på foder

Med en standardfoderblanding til slagtegrise som udgangspunkt er følgende scenarier beregnet. Råproteinindhold er reduceret fra 127 til min. norm på 120 g ved at tage lidt sojaskrå ud og supplere med syntetiske aminosyrer. Palmeolien blev udskiftet med raps/sojaolie. I næste fase blev en større andel af sojaskråen udskiftet med hestebønner og ærter. Alle beregninger er udført med Klimafoderdatabasen. Resultaterne af scenarierne ses i bilaget. Hovedresultaterne er vist i Tabel 14.

Tabel 13. Klimaoptimeret foder til slagtegrise.

Fodermiddel/blanding	Standard slagtegriseblanding	Klimaeffekt af min rå protein indhold, ingen palmeolie	Klimaoptimeret foderblanding
Korn	77,6	79,8	70,5
Sojaskrå	16,7	14,2	7,5
Rapskrå	2,0	2,1	3,2
Hestebønner			10,0
Ærter			5,0
Palmeolie	0,8		
Soja/rapsolie		0,8	0,8
Mineralsk forblanding ¹⁾	2,9	3,1	3,0
I alt	100	100	100
<i>Indhold</i>			
FESv/Kg	1,06	1,06	1,05
Fordøjelig rå protein pr. g FESv	127	120	120
Ford. lysin, g pr. FESv	8,7	8,7	8,7
Kg CO ₂ e inkl. LUC pr. FESv	1,19	1,11 (1,07)	0,84
Kg CO ₂ e uden LUC pr. FESv	0,49	0,45 (0,48)	0,42
<i>Ved et forbrug på 220 FESv pr. slagtegris (30-115 kg), er der sparet følgende:</i>			
Sojaskrå, kg pr. slagtegris		5,5	20,2
Kg CO ₂ e inkl. LUC pr. slagtegris		18	77
Kg CO ₂ e uden LUC pr. slagtegris		9	15

¹⁾ Justeret med syntetiske aminosyrer, så normerne er overholdt.

Effekten ved at udskifte 2,5 % af sojaskråen med korn og aminosyrer er vist i parentes.

Råproteinindhold er meget lav i standardfoderblandinger, hvorfor proteinfodermidlerne kan erstattes af aminosyrer i et begrænset omfang. Hvis der ses på CO₂e-reduktionen inkl. LUC, bliver store mængder CO₂e sparet med klimaoptimeret blanding. Hvis hele den danske griseproduktion konverteres til slagtegrise, svarer det til ca. 26 mio. slagtegrise. Hvis alle grise fik klimaoptimerede blandinger, ville CO₂e besparelsen være ca. 2 mio. tons CO₂e, når LUC indregnes. Uden indregning af LUC er besparelsen kun 0,39 mio. ton CO₂e.

Implementering af klimaoptimeret foder

Anvendelsen af klimaoptimerede foderblandinger til grise kan medføre dyrere foder, når traditionelle fodermidler erstattes af alternative proteinkilder som hestebønner, ærter og rapskager. Certificeret soja og palmeolie kan være løsningen på kort sigt, men på lang sigt afhænger effekten af certificering af, om det reelt reducerer eller stopper afskovning af regnskov.

Konklusion

I Tabel 15 ses de teknologiske virkemidlers effekt og omkostning. Det skal bemærkes, at reduktionseffekten er den reduktion, der opnås i % af den totale metanemission, der er fra stald og lager. F.eks. har hyppig udslusning en reduktionseffekt på 50 % i stalden, men kun 17 % af den totale metanemission.

Gylleforsuring i stald og fakkelaftænding er forbundet med store grundinvesteringer, og omkostningen til at reducere metan er derfor meget afhængig af gyllemængden pr. lokalitet. For gylleforsuring er den viste omkostning for 8.000 slagtegriseestipladser. Ved 4.000 slagtegriseestipladser øges kapitalomkostningen med ca. 10,2 kr./ton. Dermed øges omkostningen pr. reduceret ton CO₂e fra 361 kr. til 527 kr. Omkostninger til hyppig udslusning er ikke medregnet, idet hyppig udslusning er et lovkrav.

Tabel 14. Virkemidlernes reduktionspotentiale samt omkostning pr. ton reduceret CO₂e.

Virkemiddel	Reduktion af metan i % af metan fra stald+lager	Reduktion kg CO ₂ e/ton gylle	Variable omkostninger kr./ton CO ₂ e	Kapitalomkostning kr./ton CO ₂ e	Omkostning kr./ton CO ₂ e
Hyppig udslusning	17,0 %	15,0	0,00	0,00	0
Linespil	30,7 %	27,0	2,84	4,72	281
Gyllekøling	5,9 %	5,15	1,78	3,22	971
Gyllekøling + hyppig udslusning	21,9 %	19,3	1,78	3,22	260
Gylleforsuring	70,0 %	61,5	9,77	12,42	361
Biogas	40,1 %	35,3	0,05	3,13	90
Lavdosis-forsuring i lager	30,4 %	26,8	3,94	0,00	147
Fakkelafløbbrænding fra lager	30,0 %	26,3	1,00	9,73	407
Kompost-biofilter fra lager	31,8 %	28,0	2,21	12,53	526
Hyppig udslusning + biogas	66,7 %	58,7	0,05	3,13	54
Hyppig udslusning + lavdosis-forsuring i lager	53,7 %	47,2	3,94	0,00	84
Hyppig udslusning + fakkelafløbbrænding fra lager	53,1 %	46,7	1,00	9,73	230
Hyppig udslusning + kompost-biofilter fra lager	55,4 %	48,7	2,21	12,53	303
Gyllekøling + biogas	50,0 %	44,0	1,84	6,35	186
Gyllekøling + lavdosis-forsuring i lager	38,4 %	33,7	5,73	3,22	265
Gyllekøling + fakkelafløbbrænding fra lager	37,9 %	33,3	2,78	12,95	473
Gyllekøling + kompost-biofilter fra lager	39,9 %	35,0	3,99	15,74	563
Linespil + biogas	88,0 %	77,4	2,90	7,85	139
Linespil + lavdosis-forsuring i lager	72,3 %	63,5	6,79	4,72	181
Linespil + fakkelafløbbrænding fra lager	71,6 %	63,0	3,84	14,45	290
Linespil + kompost-biofilter fra lager	74,2 %	65,2	5,05	17,25	342
Hyppig udslusning + gyllekøling + biogas	74,0 %	65,1	1,84	6,35	126
Hyppig udslusning + gyllekøling + lavdosis-forsuring i lager	72,0 %	63,3	5,73	3,22	141
Hyppig udslusning + gyllekøling + fakkelafløbbrænding fra lager	59,0 %	51,9	2,78	12,95	303
Hyppig udslusning + gyllekøling + kompost-biofilter fra lager	61,0 %	53,6	3,99	15,74	368
Dybstrøelse til biogas	40,0 %	35,2			?

I Tabel 16 ses reduktionspotentialet pr. gris samt omkostningen pr. slagtegris. I alt har otte virkemiddelskombinationer en reduktionseffekt pr. slagtegris på mere end 30 kg CO₂e. Hyppig udslusning eller linespil kombineret med biogas eller lavdosis-forsuring i gylletanken er de mest omkostningseffektive virkemidler.

Tabel 15. Virkemidlernes reduktionspotentiale pr. fravænet gris, pr. smågris eller pr. slagtegris samt omkostning pr. ton reduceret CO_{2e} slagtegris.

Valg	Kg CO _{2e} pr. fravænet gris	Kg CO _{2e} pr. 6,4-30 kg gris	Kg CO _{2e} pr. 30-115 kg gris	Omkostning kr. pr. slagtegris
Hyppig udslusning	2,59	1,92	7,98	0,00
Linespil	4,67	3,45	14,37	4,03
Gyllekøling	0,89	0,66	2,74	2,66
Gyllekøling + hyppig udslusning	3,33	2,46	10,26	2,66
Gylleforsuring	10,66	7,88	32,80	11,83
Biogas	6,11	4,52	18,80	1,70
Lavdosis-forsuring i lager	4,63	3,42	14,26	2,10
Fakkelaftbrænding fra lager	4,56	3,37	14,04	5,72
Kompost-biofilter fra lager	4,85	3,58	14,92	7,85
Hyppig udslusning + biogas	10,16	7,51	31,27	1,70
Hyppig udslusning + lavdosis-forsuring i lager	8,17	6,04	25,15	2,10
Hyppig udslusning + fakkelaftbrænding fra lager	8,09	5,98	24,89	5,72
Hyppig udslusning + kompost-biofilter fra lager	8,43	6,23	25,95	7,85
Gyllekøling + biogas	7,62	5,63	23,45	4,36
Gyllekøling + lavdosis-forsuring i lager	5,84	4,32	17,97	4,77
Gyllekøling + fakkelaftbrænding fra lager	5,76	4,26	17,74	8,38
Gyllekøling + kompost-biofilter fra lager	6,07	4,49	18,68	10,52
Linespil + biogas	13,40	9,90	41,24	5,73
Linespil + lavdosis-forsuring i lager	11,00	8,13	33,87	6,13
Linespil + fakkelaftbrænding fra lager	10,91	8,06	33,57	9,75
Linespil + kompost-biofilter fra lager	11,30	8,35	34,77	11,89
Hyppig udslusning + gyllekøling + biogas	11,27	8,33	34,68	4,36
Hyppig udslusning + gyllekøling + lavdosis-forsuring i lager	10,96	8,10	33,74	4,77
Hyppig udslusning + gyllekøling + fakkelaftbrænding fra lager	8,98	6,64	27,65	8,38
Hyppig udslusning + gyllekøling + kompost-biofilter fra lager	9,29	6,86	28,59	10,52

Referencer

Afp. 1718. (2021). *Måling af ammoniak- og metanemission fra fire gyllebeholdere*. Endnu ikke publiceret metandata. SEGES Innovation P/S.

Andersen, M.N., Adamsen, A.P., Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Hutchings, N.J., Elsgaard, L., Jørgensen, U., Munkholm, L., Børgesen, C.D., Sørensen, P., Petersen, S.O., Lærke, P.E., Olesen, J.E., Børsting, C.F., Lund, P., Kjeldsen, M.H., Maigaard, M., Villumsen, T.M., Dalby, F.R., Kai, P., Nørremark, M., Blicher-Mathiesen, G., Audet, J., Bruus, M., Krogh, P.H., Kronvang, B., Winding, A. og Kristensen, H.L. (2023). *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget – 2023*. 305 sider. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 28.09.2023. <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport220.pdf>

Chun, M., Dalby, F.R., Feilberg, A., Jacobsen, B.H. og Petersen, S.O. (2022). *Low-Dose Acidification as a Methane Mitigation Strategy for Manure Management*. ACS Agricultural Science & Technology. Volume 2, Issue 3. pp. 437-442. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsagascitech.2c00034>

- Dalby, F.R., Kai, P. og Adamsen, A.P. (2022). *Fastsættelse af klimaeffekt for daglig udslusning for slagtesvin og søer, hvor der muges ud med linespil*. Rådgivningsnotat fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug. Aarhus Universitet. Leveret 14.09.2022.
https://pure.au.dk/ws/portalfiles/portal/281891111/Fasts_ttelse_af_klimaeffekt_for_daglig_udslusning_140922.pdf
- Henricksen, L., Holm, M., Hvid, S.K., Hylgaard, B., Kaiser, K., Udesen, F. (2024). *Klimavirkemidler til dansk landbrug*. 129 sider. SEGES Innovation P/S.
https://segesinnovation.dk/media/1jqnbs3z/klimavirkemidler-til-dansk-landbrug_juni2024.pdf?e=imPpkq
- Holm, M. og Grønborg, S. (2021). Linespilsanlæg i slagtegrisestalde. Afp. 1606 (upubliceret), SEGES Innovation P/S.
- Hyttel, H. (2024). *Landsgennemsnit for produktivitet i produktionen af grise i 2023*. Notat 2408. SEGES Innovation P/S.
https://www.landbrugsinfo.dk/public/3/1/0/management_landsgennemsnit_produktion_grise_2023
- Jonassen, K. (2011). *Reduceret lugtemission fra slagtesvinestald ved hyppig udslusning af gylle*. Meddelelse 899. SEGES Innovation P/S.
https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_medd/2011/899
- Landbrugets Byggeblad. (2019). Nr. 103.04-29. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/b/1/4/bb_103_04_2923062009.pdf
- Miljøministeriet, Miljøstyrelsen (n.d.) *Miljøstyrelsens Teknologiliste*. Staldindretning.
<https://mst.dk/erhverv/groen-produktion-og-affald/landbrug-og-husdyrbrug/teknologilisten/staldindretning#A6>
- Nielsen, O.K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Levin, G., Callisen, L.W., Andersen, T.A., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Stupak, I., Scott-Bentsen, N., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Baunbæk, L. and Hansen, M.G. (2024). *Denmark's National Inventory Report 2024. Emission Inventories 1990-2022 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 768 pp.
<https://cdr.eionet.europa.eu/dk/eu/govreg/inventory/envzfp3eg/>
- Petersen, S.O., Højbjerg, O., Poulsen, M., Schwab, C. og Eriksen, J. (2014). *Methanogenic community changes, and emissions of methane and other gases, during storage of acidified and untreated pig slurry*. Journal of Applied Microbiology, Volume 117, Issue 1, pp. 160-172.
<https://academic.oup.com/jambio/article-abstract/117/1/160/6716783?redirectedFrom=fulltext&login=false>
- SEGES Innovation P/S. (n.d.). Klimafoderdatabase – blandingsberegner.
<https://www.klimafoderdatabase.dk/Blandingsberegner/>
- Tybirk, P. (2022). *Klimaaftryk for typisk foder til søer, smågrise og slagtegrise*. Notat 2213. SEGES Innovation P/S.
https://www.landbrugsinfo.dk/public/6/4/2/foder_ernaring_klimaaftryk_for_typisk_foder_til_grise
- Udesen, F. (2024). *Scenarier for udledning af klimagasser ved griseproduktion*. Notat 2407. SEGES Innovation P/S. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/d/b/d/scenarier_for_udledning_af_klimagasser_griseproduktion_notat_2407.pdf

Vils, E., Sloth, N.M. og Udesen, F. (2021). *Klimavenlige foderblandinger til hjemmeblandere*. Notat 2110. SEGES Innovation P/S. <https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/notater/2021/2110>

Sagsnr. 101986

Journalnr.: xxxx-x-xx-xxxxxx

//PELW//

Dyregruppe: Alle

Fagområde: Klima og Bæredygtighed

Nøgleord: Virkemidler, reduktion af metan. Pris per ton CO₂e



Tlf.: 87 40 50 00

info@seges.dk

Ophavsretten tilhører SEGES Innovation P/S. Informationerne fra denne hjemmeside må anvendes i anden sammenhæng med kildeangivelse.

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov.

SEGES Innovation P/S er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.