

Virkemiddelkatalog klima:

Virkemidler til reduktion af bedriftens drivhusgasudledning

Udarbejdet i projektet *Virkemidler til en handlingsorienteret bæredygtig landbrugsproduktion, finansieret af Promeleafgiftsfonden for landbrug 2021.*

Forfattere: Morten Nyland Christensen, Søren Kolind Hvid, Alice Toft Christensen, Frank Oudshoorn, Majken Husted, Finn Udesen, Michael Groes Christiansen, Martin Øvli Kristensen, Nicolaj Ingemann Nielsen, Jette Søholm Petersen og Anna Marie Thierry

Indhold

Indledning	3
Resume	3
Mark	6
Nedmuld halmen	6
Nitrifikationshæmmer i handels- og husdyrgødning	11
Sædskifteændring	15
Efterafgrøder og mellemafgrøder	18
Reduceret tildeling af kvælstof	24
Hæv vandstanden på organogene jorde, der ikke er i omdrift	30
Stop omdrift på organogene jorde	34
Grise	42
Gyllen afsættes til biogas	42
Forbedret produktivitet	48
Forsuring af gyllen i stalden	51
Gyllekøling	56
Hyppig udslusning af svinegyllen	60
Klimaoptimeret foder	64
Kvæg	69
Afgasning af kvæggylle	69
Fodring med fedt	74
Forsuring af gyllen i kvægstalden	80
Fjerkræ	85
Varmeveksler til slagtekyllinger	85
Fast overdækning af gylletank med fjerkrægødning	87
Bedre foderudnyttelse og reduceret foder klimaaftryk hos fjerkræ	88

Indledning

Globale klimaforandringer som følge af stigninger i atmosfærens indhold af drivhusgasser som CO₂ (kuldioxid), N₂O (lattergas) og CH₄ (metan) har medført krav og forventninger om at begrænse de skadelige konsekvenser af globale temperaturstigninger via reduktioner i udledningen af drivhusgasser. Krav og forventninger, der stammer fra både nationale og internationale politiske organer, såvel som markedsdrevne krav til alle erhvervssektorer – også landbrugserhvervet.

Landbruget skal levere emissionsreduktioner på den korte bane såvel som på den lange. Rapporten her beskriver konkrete virkemidler, som kan iværksættes på landbrugsbedrifter, som producerer mælk, kød, æg og planteprodukter. På længere sigt er der brug for nye teknologier, hvis erhvervet skal nå målsætningen om netto-0 i 2050. Disse teknologier, som fx sikrer langvarig kulstoflagring, nedbringelser af metanproduktionen i vommen osv., er ikke beskrevet i denne rapport, hvor der er lagt vægt på virkemidler, der kan iværksættes her og nu. Tilmed har fokus været på virkemidler, som kan indgå i scenarieberegninger i Landbrugets Klimaværktøj 1.0.

Virkemidler til reduktion af landbrugets drivhusgasemissioner defineres i denne rapport som tiltag, teknologier eller praksisser, der er implementeret, eller kan implementeres, på bedriften med det formål at reducere udledningen af drivhusgasser pr. produceret enhed. Virkemidler, der reducerer udledningen af drivhusgasser fra den enkelte bedrift som følge af produktionsreduktioner, er med undtagelse af 'reduceret kvælstof tildeling' ikke indregnet i denne rapport som virkemidler.

Resume

Virkemidler, som er beskrevet i denne rapport, dækker områderne planteproduktion, mælkeproduktion, griseproduktion og fjerkræproduktion og følger således strukturen i Landbrugets Klimaværktøj 1.0.

Rapporten her beskriver følgende virkemidler inden for de fire kategorier:

Virkemidler til drivhusgasreduktioner fra markbruget

- **Nedmuld halmen** frem for at sælge den. Effekten er beregnet som øget kulstofindlejring i jorden. Omkostningsniveauet er 450-650 kr. pr. ton CO₂e reduceret ved fravalg af levering til kraftvarmeverk. Økonomien er især afhængig af salgsprisen på halmen.
- Tilsætning af **nitrifikationshæmmer** i handels- og husdyrgødning, som ved at hæmme de biologiske processer, der bidrager til omdannelsen af kvælstof i jorden, tilskrives en reduktion i dannelsen af lattergas. Ved tilsætning i gylle og uden merudbytter er omkostningsniveauet 800-1.400 kr. pr. reduceret ton CO₂e, afhængigt af gyllemængde ved tildeling. Et merudbytte i majs på lettere jorde gør nitrifikationshæmmere økonomisk fordelagtige.
- **Sædskitteændringer**, der bidrager til et lavere kvælstofforbrug og/eller øget kulstofindlejring, reducerer bedriftens klimaaftryk. Det kan fx være en større andel af græs, frøgræs eller bælgsgødning i sædskittet.
- En **veletableret efterafgrøde** tilskrives en effekt på kulstofindlejringen og en reduceret udvaskning, som netto tilskrives en lavere udledning, end det er tilfældet på arealer uden bevoksning i efterår og vinter. Omkostningerne er 500 - 900 kr. pr. ton CO₂e reduceret for sandjord og 900 - 1.300 kr. for lerjord. Dette er ved etablering i majs og kornafgrøder uden tilskud og sædskitteændringer.

- **Reduceret tildeling af kvælstof** har en effekt på bedriftens klimaaftryk i form af en reduceret lat-tergasemission. Det er dog væsentligt at bemærke, at hvis denne reduktion i kvælstoftildelingen resulterer i udbyttetab, så vil reduktionen kun slå igennem på bedriftsniveau (som følge af en produktionsreduktion), hvorimod effekten kan være modsat pr. produceret enhed. En kornsælger vil med 5 pct. reduktion i et normalt år, afhængigt af jordtype, have en omkostning på 550-800 kr. pr. ton CO₂e reduceret. For en kornkøber er omkostningerne 900-1.300 kr. Omkostningsniveauet stiger yderligere ved øget kvælstofreduktion.
- **Stop omdrift på organogene jorde** (JB11 jorde) i form af udlæg til permanente afgrøder uden pløjning reducerer afbrændingen af organisk materiale fra arealet. Det kan være omkostningsneutralt at stoppe omdrift med ekstensiveringstilskud. Uden tilskud er omkostningsniveauet på dyrkningssikker jord med husdyrgødning 450-650 kr. pr. ton CO₂e reduceret.
- **Hæv vandstanden på organogene jorde** (JB11) gøres oftest ved at skabe betingelser for genetablering af naturlig hydrologi på arealerne og på den måde bremse nedbrydningen af organisk materiale. Projekterne gennemføres ofte via tilskudsordninger. Der findes tilskudsmuligheder, der dækker en stor andel af omkostningerne, såfremt arealet ikke bruges til højværdiafgrøder eller intensivt i den animalske produktion.

Virkemidler til drivhusgasreduktioner fra grisestalden

- Når **grisegyllen afsættes til biogas**, reduceres metanemissionerne fra lageret, da den afgassede gylle, som returneres, indeholder mindre letomsætteligt organisk materiale, som ellers danner grundlag for metandannelse under iltfattige forhold. Virkemidlet tilskrives i denne rapport kun effekten fra stald og lager og medtager ikke fortrængningseffekter. Omkostninger til etablering af større fortank og drift i kombination med hyppig udslusning er 250-450 kr. pr. reduceret ton CO₂e. Ved anvendelse af alm. udslusning er omkostningerne større pr. ton CO₂e.
- **Forbedret produktivitet** i form af øget foderudnyttelse, flere fravænnede grise osv. er ikke kun et vigtigt virkemiddel i griseproduktionen, men det gælder faktisk alle fire produktionstyper. Jo mere output pr. enhed input, jo lavere klimaaftryk på produkterne. Der vil normalt være en økonomisk gevinst ved at øge produktiviteten i griseproduktionen. Der vil altid være en klimagevinst ved at producere mere for mindre.
- **Forsuring af grisegylle** er en staldteknologi med et stort potentiale for at reducere metandannelsen både i stalden og på lageret, derudover er det en teknologi, der allerede er på teknologilisten over ammoniakreducerende teknologier. Omkostningen ved 1.000 årssøer med grise op til 30 kg er 850-950 kr. pr. reduceret ton CO₂e, og 550-650 kr. ved 8.000 stipladser til slagtegrise. Omkostningsniveauet er meget afhængigt af besætningsstørrelsen.
- **Gyllekøling** reducerer metandannelsen i stalden, fordi temperaturfaldet sænker den biologiske omsætning af organisk materiale. Gyllekøling er, ligesom forsuring, allerede på teknologilisten over ammoniakreducerende teknologier. Gyllekøling kan hurtigt give et positivt afkast, hvis det erstatter opvarmning med fyringsolie. Omkostningerne kan være høje i forhold til klimaeffekten, hvis der ikke opnås en god udnyttelse af varmen.
- **Hyppig udslusning, min. en gang om ugen**, reducerer metandannelsen i stalden, da opholdstiden reduceres. Virkemidler skal helst kombineres med biogas for at optimere effekten, idet organisk materiale i gyllen omdannes til metan på biogasanlægget, og derfor er det relativt lidt metan, der dannes i den afgassede gylle, som kommer retur fra biogasanlægget. Omkostningsniveauet er

400-500 kr. pr. reduceret ton CO₂e for slagtegrise med drænet gulv og spalter samt manuel udslusning. Pr. kg CO₂e er virkemidlet også billigere i kombination med biogas.

- **Klimaoptimeret foder** kan være mange ting. Hestebønner eller foder uden palmeolie. Foderets klimaaftryk udgør to tredjedele af klimaaftrykket fra en gris. Omkostninger til ændring af foderplan (brug af ærter eller skift fra palmeolie til rapsolie) er 200-250 kr. pr. reduceret ton CO₂e for slagtegrise. Dette er med udgangspunkt i et normalt fodermiddelsprinsniveau.

Virkemidler til drivhusgasreduktioner fra kvægstalden

- **Afgasning af kvæggylle** reducerer metandannelsen i stald og lager. Virkemidlet tilskrives i denne rapport kun effekten fra stald og lager og medtager ikke fortrængningseffekter. Investering i fortank samt tilkørselsforhold har en omkostning på 100-200 kr. pr. reduceret ton CO₂e ved 300 årskør. Det er væsentligt billigere, hvis der ikke er behov for en større fortank.
- **Fodring med fedt** reducerer metandannelsen i vommen, bl.a. fordi fedt erstatter en del af foderets kulhydrater, og fordi fedt ikke er basis for metandannelse. Dette kan være økonomisk fordelagtigt for økologer. For konventionelle er omkostningsniveauet på 500-650 kr. pr. reduceret ton CO₂e, men det er særdeles følsomt for råvarepriser og ydelsesrespons.
- **Forsuring af kvæggylle** er en staldteknologi med et stort potentiale for at reducere metandannelsen både i stalden og på lageret, derudover er det en teknologi, der allerede er på teknologilisten over ammoniakreducerende teknologier. Omkostningen er 450-550 kr. pr. reduceret ton CO₂e ved nybyg til 600 køer. Der er indregnet værdi af ekstra kvælstof, men ikke investeringsstøtte. Omkostningerne vil variere som konsekvens af besætningsstørrelse.

Virkemidler til drivhusgasreduktioner fra fjerkræproduktion

- **Varmeveksler til slagtekyllinger** fungerer ved varme fra stalden veksles med kold luft udefra. Herved dannes kondens, indeholdende ammoniak og støv, som herefter behandles som flydende gødning. Desuden reducerer varmeveksleren behovet for ekstern opvarmning af stalden, og dette mindsker energiforbruget til opvarmning af stalden. For at installere en varmeveksler skal der støbes sokkel, etableres forsyning og indkøbes en varmeveksler. Den samlede pris er ca. 500.000 kr. per stald.
- **Fast overdække på af gylletank med fjerkrægødning** reducerer ammoniakfordampningen fra gyllelagre, og sikrer dermed optimal udnyttelse af husdyrgødning i marken. Ammoniakfordampning fra bl.a. gyllelagre har en effekt på kvælstofindholdet i gylle. Overdækning af gylletanke kan reducere behovet for at supplere med handelsgødning i marken og dermed reducere lattergasudledningen fra dyrkningsfladen. Omkostninger inkl. etablering, for hhv. telt overdækning og betonlåg er 340 og 600 kr. pr. m².
- **Bedre foderudnyttelse og reduceret foder klimaaftryk hos fjerkræ.**
I slagtekyllinge-, opdræts- og ægproduktion er foderet den faktor, som har størst betydning for produktionens klimaaftryk. For at reducere klimaaftrykket skal foderudnyttelsen optimeres, så forbruget af foder per kg kylling eller kg æg bliver så lavt som muligt samtidig med, at der anvendes foderblandinger med et lavt klimaaftryk.

Mark

Nedmuld halmen

Emissionskilde: Afgrøderester, Kulstofbalancen, udvaskning,

Aktivitetsdata: 31: Halmnedmuldning, 19: Afgrødetype, 21: Jordtype, 14: Areal, 15: Afgrødetype 1 og 2, 16: Udbytte.

Udledning: N₂O, NO₃, CO₂

Sådan virker virkemidlet

En stor bestanddel af halm er kulstof. Når halmen snittes på marken, nedbrydes det over tid, og en del af kulstoffet i halmen indbygges i jordens organiske pulje. Man regner med, at omkring 10 pct. af kulstoffet i halmen lagres i et 100-års-perspektiv. Ved at nedmulde mere halm på marken vil kulstoflagringen derfor øges. Der vil desuden være en mindre stigning i emissionen af lattergas, da mængden af afgrøderester øges.

Effektberegning

Klimaeffekten af halmnedmuldning beregnes som differencen mellem klimaaftrykket ved dyrkning af en afgrøde med og uden halmnedmuldning. Der anvendes samme klimaaftryk for al kornhalm, da der kun er lille forskel i klimaaftrykket mellem de forskellige kornarter. Nedenstående klimaaftryk er beregnet ud fra 50 pct. byghalm og 50 pct. hvedehalm. Klimaaftrykket er beregnet med og uden kulstoflagring, så kulstoflagring i de videre beregninger kan opgøres særskilt i klimaværktøjet.

Nedmuldning af halm i stedet for bjærgning påvirker flere forskellige drivhusgasemissioner. Nogle emissionskilder påvirkes i positiv retning, f.eks. kulstoflagring, mens andre emissionskilder som f.eks. lattergasemission fra afgrøderest påvirkes negativt ved nedmuldning. Denne fremgangsmåde for beregning af klimaaftryk for halmen har endvidere den fordel, at klimaaftrykket for hovedproduktet (kerne/frø) er upåvirket af, om halmen nedmuldes eller ej.

Klimaaftrykket for halm afhænger af halmens næringsstofindhold. I Tabel 1 er vist de mest almindelige halmarters næringsstofindhold (data er fra Mark Online).

Tabel 1 Næringsstofindhold i halm (data fra Mark Online)

	Tørstof, pct.	N-indhold, pct. af tørstof	P-indhold, pct. af tørstof	K-indhold, pct. af tørstof
Hvedehalm	85	0,53	0,09	1,50
Byghalm	85	0,64	0,08	1,70
Havrehalm	85	0,59	0,14	2,10
Rughalm	85	0,61	0,10	1,00

Klimaaftrykket for nedmuldning af 1 ton hhv. hvedehalm og byghalm er derudfra udregnet vha. følgende:

Mindsket produktion af P gødning:

Da P i halmen nedmuldes, vil det medvirke til mindre behov for gødskning med P i den næste afgrøde. Indholdet af P i halmen vil derfor reducere produktionen af P gødning:

P i halm: kg P x 3,6 kg CO₂e

Mindsket produktion af K gødning:

Da K i halmen nedmuldes, vil det medvirke til mindre behov for gødskning med K i den næste afgrøde. Indholdet af K i halmen vil derfor reducere produktionen af K gødning:

K i halm: kg K x 0,7 kg CO₂e

Reduceret lattergasemission:

Ved nedmuldning af mere halm vil jorden tilføres en større mængde kvælstof med afgrøderesterne. Dette vil medføre en større lattergasemission. Den angives her med en negativ værdi under navnet reduceret lattergasemission for at lette beregningsprocessen reduceret N₂O-emission:

-(kg N x 0,01 x 44/28 x 298)

Øget kulstoflagring:

Ved nedmuldning af halm tilføres jorden en større mængde kulstof. 9,7 pct. af dette kulstof regnes som værende stabilt over en 100-års-periode og lagres dermed i jorden. Kulstofindholdet regnes for at være 45 pct. af halmens tørstofindhold (85 pct.).

Øget kulstoflagring:

1 kg halm x 0,85 x 0,45 x 0,097 x 44/12

Den samlede ændring i emission for nedmuldet halm fremfor bjærget halm er angivet i tabel 2 for hvedehalm og i tabel 3 for bygghalm:

Tabel 2 Klimaaftryk for 1 ton hvedehalm (85 pct. ts, 0,53 pct. N i ts, 0,09 pct. P i ts, 1,5 pct. K i ts)

Hvedehalm	Pr. ton halm (85 pct. ts)	Klimaaftryk pr. ton
Snitning af halm	0,5 l diesel	-1,6 kg CO ₂
Presning og hjemtransport (sparet)	2,0 l diesel	6,4 kg CO ₂
Mindsket produktion af P gødning:	0,765 kg P	2,8 kg CO ₂ e
Mindsket produktion af K gødning:	12,75 kg K	8,9 kg CO ₂ e
Reduceret lattergas emission	4,5 kg N	-21,1 kg CO ₂ e
Kulstoflagring (øget)	382,5 kg C	136 kg CO ₂
Samlet		131,4 kg CO₂e
		Klimaaftryk pr. kg
Klimaaftryk (ekskl. C)		-0,005 kg CO₂e
Kulstoflagring (C)		0,136 kg CO ₂ e
Klimaaftryk inkl. C		0,131 kg CO₂e

Tabel 3 Klimaaftryk for 1 ton bygghalm (85 pct. ts, 0,64 pct. N i ts, 0,08 pct. P i ts, 1,70 pct. K i ts)

Byghalm	Pr. ton halm (85 pct. ts)	Klimaaftryk pr. ton
Snitning af halm (sparet)	0,5 l diesel	-1,6 kg CO ₂
Presning og hjemtransport	2,0 l diesel	6,4 kg CO ₂
Bortførsel af P	0,68 kg P	2,4 kg CO ₂ e
Bortførsel af K	14,45 kg K	10,1 kg CO ₂ e
Lattergasemission (undgået)	5,44 kg N	-25,5 kg CO ₂ e

<i>Kulstoflagring (reduceret)</i>	382,5 kg C	136 kg CO ₂
<i>Samlet</i>		127,8 kg CO₂e
		Klimaaftryk pr. kg
<i>Klimaaftryk (ekskl. C)</i>		-0,008 kg CO₂e
<i>Kulstoflagring (C)</i>		0,136 kg CO ₂ e
<i>Klimaaftryk inkl. C</i>		0,128 kg CO₂e

Den gennemsnitlige reduktion i emissioner ved nedmuldning af halmen ses i tabel 4:

Tabel 4 Klimaaftryk for halm med og uden kulstoflagring, kg CO₂e/kg

**Klimaaftryk pr. kg halm (85 pct. ts.)
kg CO₂e/kg halm**

<i>Klimaaftryk (uden kulstoflagring)</i>	-0,006
<i>Kulstoflagring</i>	0,136
<i>Klimaaftryk (med kulstoflagring)</i>	0,130

Effekt på klimagasser

Standardudbyttet i vinterhvede er 75 hkg kerne og 4.125 kg halm (55 pct. af kerneudbyttet) pr. ha. Halmens klimaaftryk ved standardudbyttet i vinterhvede er da 542 kg CO₂e pr. ha. Det vil typisk svare til ca. 20 pct. af hvedemarkens samlede klimaaftryk.

Standardudbyttet i vårbyg er 57,3 hkg kerne og 3153 kg halm (55 pct. af kerneudbyttet) pr ha. Halmens klimaaftryk ved standardudbyttet i vårbyg er da 410 kg CO₂e pr. ha.

Sideeffekter

Der er muligvis udvaskningseffekt af halmnedmuldning. Dette er baseret på, at halm med højt C:N-forhold efter iblanding i jorden medfører, at mikroorganismer immobiliserer uorganisk kvælstof. Det immobiliserede kvælstof tilbageholdes i jorden og vil på et senere tidspunkt remineraliseres. Dette ses kun i vintersæd, idet der er forbud mod jordbearbejdning forud for vårsåede afgrøder (Landbrugsstyrelsen 2020), hvilket betyder, at halm før vårafgrøder ikke vil kunne indarbejdes i jorden og dermed opnå en effekt via immobilisering (Eriksen et al 2020). Forsøg viser, at potentialet til kvælstofimmobilisering er til stede under kontrollerede forhold, men at dette potentiale generelt ikke kom til udtryk i storskalaforsøg (Thomsen og Hansen 2014).

Halmrester på overfladen vil kunne reducere effekten af herbicider, som optages af underjordiske plantedele som følge af binding til halmrester. Et forøget kulstofindhold i jorden som følge af mange års halmnedmuldning vil ligeledes kunne reducere effekten af disse herbicider som følge af en forøget binding til jordkolloiderne.

Nedmuldning af halm før vintersæd vil, sammenlignet med at efterlade halmrester på overfladen, øge nedbrydningen og omsætningen, hvilket er positivt i forhold til at minimere evt. efterfølgende problemer med sygdomme som Fusarium og hvedebladplet. Dette gælder hovedsageligt, når der er tale om ensidig dyrkning af f.eks. vinterhvede.

Implementering

Der, hvor halmen i dag bjerges, bruges den typisk enten til afbrænding i kraftvarmeværker eller til strøelse i husdyrproduktionen. Den andel, som bruges til strøelse, bliver senere returneret til marken med husdyrgødning. For at kunne efterlade mere halm på marken og øge kulstoflagringen på landsplan, skal der derfor findes alternativer til den nuværende udnyttelse af halmen. Det kan for eksempel være i andre fibre som savsmuld til strøelse og træflis i kraftvarmeværkerne. Alternativt kan vi bevidst gå efter at øge halmproduktionen ved at vælge arter og sorter med et højt halmudbytte.

Økonomi

Udgangspunktet for nedenstående beregninger er, at halmen sælges til et kraftvarmeværk, og at landmanden selv står for levering til varmeværket, hvilket også inkluderer opbevaring indtil levering. Der er indregnet effekter af gødningsværdi af halmen, ændringer i maskinopgaver samt nettoændring af indtægt fra kraftvarmeværket efter lagring og levering. Beregningerne af værdi er foretaget for halm og vårbyg særskilt i den første tabel, mens der i den efterfølgende tabel også er udregnet følsomheder på halmpris og udbytte.

Tabel 5 Beregning af værdi af halm

Vægt af bigballe			500	kg	
Værdi af P			12,00	kr. pr. kg P	
Værdi af K			6,00	kr. pr. kg K	
Værdi af N			7,00	kr. pr. kg N	
			Vinterhvede	Vårbyg	
Halmudbytte			4.125	3.153	kg pr. ha
Værdi af N-P og K, vinterhvede			484	419	Kr. pr. ha
Snitning af halm, vinterhvede			-75	-75	Kr. pr. ha
Presning	85	kr. pr. stk	701	536	Kr. pr. ha
Vending og sammenrivning	250	kr. pr. ha	250	250	Kr. pr. ha
Hjemkørsel maks 2 km	40,00	kr. pr. balle	330	252	Kr. pr. ha
Lagring	6	øre pr. kg	248	189	Kr. pr. ha
Forsikring	2	øre pr. kg	87	66	Kr. pr. ha
Transport ved 5 km	7,50	øre pr. kg	309	236	Kr. pr. ha
Tabt indtægt	65,00	øre pr. kg	-2.681	-2.049	Kr. pr. ha
Omkostninger			-348	-175	Kr. pr. ha
Reduceret CO ₂ e			0,54	0,41	Tons pr. ha
Pris, ton CO ₂ e reduceret			649	427	Kr. pr. tons CO ₂ e

Dermed koster det 649 kr. pr. tons CO₂e reduceret at nedmulde hvedehalm, og for vårbyg koster det 427 kr.

Resultatet er samlet i Tabel 6. Der er udregnet følsomheder på halmprisen og udbyttet.

Tabel 6 Omkostning ved nedmuldning af halm

Følsomhed, kr. pr. tons CO ₂ e	Vinterhvede	Vårbyg	50/50 fordeling
Udgangspunkt	649	427	538
+10 øre halmpris	1.418	1.197	1.307
-10 øre halmpris	-120	-342	-231
+10 pct. halm udbytte	679	466	572
-10 pct. halm udbytte	613	380	496

Det koster i udgangspunktet 500 kr. pr. tons CO₂e at anvende halmnedmuldning som virkemiddel. Afregningsprisen på halmen er dog afgørende for den samlede økonomi. Mindre end 10 øres fald i halmprisen gør, at indtægterne ved at bruge virkemidlet er større end omkostningerne.

Referencer

Eriksen, J., Thomsen, I. K., Hoffmann, C. C., Hasler, B., Jacobsen, B. H. 2020. Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet. Aarhus Universitet. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 452 s. – DCA rapport nr. 174 <https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport174.pdf>

Landbrugsstyrelsen 2020. Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2020 til 31. juli 2021. https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Files/Landbrug/Goedningsregnskab/Vejledning_om_goedsknings-_og_harmoniregler_i_planperioden_2019_2020.pdf

Nitrifikationshæmmer i handels- og husdyrgødning

Emissionskilde: Handelsgødning i marken, Husdyrgødning på mark

Aktivitetsdata: 8: Mængde N; 11: Mængde N; 9: Type gødning

Udledning: N₂O

Sådan virker virkemidlet

Når gødning udbringes på marken, tilføres kvælstof i enten ammonium- eller nitratform. Kvælstof tildelt i ammoniumform forbliver ikke i ammoniumform, men omdannes til nitrit og herefter nitrat i jorden ved hjælp af forskellige bakterielle processer. Disse bakterielle processer lækker lattergas, hvorfor tildeling af kvælstofholdig gødning er kilde til drivhusgasudledning fra markbruget. Ved tilsætning af en nitrifikationshæmmer til gødningen hæmmes de bakterier, der omsætter ammonium til nitrit og nitrat. Kvælstof vil derfor blive holdt i ammoniumform, og læk af lattergas fra nitrifikation og denitrifikation mindskes markant. Desuden adsorberes ammonium bedre af jordpartikler og udvaskes dermed ikke og vil i længere tid være tilgængelig for optag i afgrøderne.

Effektberegning

Ved beregning af dette virkemiddel i klimaværktøjet behøves ikke yderligere input.

Ved brug af nitrifikationshæmmere i husdyr- eller handelsgødning regnes med en gennemsnitlig reduktion i udledningen af lattergas fra gødningen på 40 pct. på tværs af afgrøder og gødningstyper.

Handelsgødning:

Emissionen af lattergas (handelsgødning på marken) beregnes ud fra udbragt N i handelsgødning på den enkelte mark i gødningsplanåret. Ved beregning af emissioner af lattergas differentieres indtil videre ikke mellem forskellige typer af handelsgødning og udbringningstidspunkt.

$$N_2O_{\text{handelsgødning}} = EF_{\text{handelsgødning}} \times N_{\text{handelsgødning}} \times 44/28$$

Emissionsfaktoren ($EF_{\text{Handelsgødning}}$) for handelsgødning er 0,01.

$$N_2O\text{-reduktion}_{\text{handelsgødning}} = N_2O_{\text{handelsgødning}} \times 0,4$$

Husdyrgødning:

Emissioner af lattergas beregnes ud fra udbragt N i udbragt husdyrgødning. Der differentieres mellem de forskellige husdyrgødningsarter.

$$N_2O_{\text{Udbragt}} = EF_{\text{husdyrgødning}} \times N_{\text{Udbragt}} \times 44/28$$

Emissionsfaktoren ($EF_{\text{Husdyrgødning}}$) for husdyrgødning er 0,01.

$$N_2O\text{-reduktion}_{\text{Udbragt}} = N_2O_{\text{Udbragt}} \times 0,4$$

Nitrifikationshæmmere har også en mulig effekt på udvaskning af kvælstof i foråret og dermed også en mulig effekt på de indirekte lattergasudledninger fra markerne. Denne effekt er dog ikke undersøgt til bunds, men begrænsede observationer tyder på, at risikoen primært er knyttet til dyrkning af majs og kartofler på sandjord. Denne effekt er udeladt i klimaværktøjet, da effekten vurderes at være lille (Søren Kolind Hvid).

Effekt på klimagasser

Brugen af nitrifikationshæmmere har en klimaeffekt, da nitrifikationshæmmere holder det tilførte kvælstof i ammoniumform. Ved hæmning af nitrifikationen og også efterfølgende denitrifikationen pga. manglende nitrat, mindskes lækagen af lattergas fra netop disse processer. Indtil nu findes der ingen

danske undersøgelser af nitrifikationshæmmers effekt på emission af lattergas. Dog findes der internationale studier, der har analyseret effekten af tilsætning af nitrifikationshæmmer til handels- og husdyrgødning, på lattergasemissionen. På tværs af afgrøder og gødningstyper ser det ud til, at tilsætningen af nitrifikationshæmmere kan reducere emissionen af lattergas med ~40 pct. sammenlignet med lattergasemissionen fra kvælstof tilført uden brug af nitrifikationshæmmer (Qiao et al 2015, Akiyama et al 2010). Denne reduktion opnås på tværs af afgrøder og jordtyper ved udbringning af kvælstofholdige handelsgødninger med tilsat nitrifikationshæmmer. Der er desuden en yderligere reducerende effekt på den indirekte lattergasudledning ved udvaskning i foråret. Denne effekt er ikke undersøgt til bunds, men begrænsede observationer tyder på, at denne effekt kun er relevant på sandjorde. Denne udvaskningseffekt er dog udeladt i beregningerne, da effekten vurderes at være lille (Søren Kolind Hvid).

Ved en reduktion i lattergasemissionen på 40 pct. vil reduktionen af drivhusgasudledningen, ved brug af IPCC's default emissionsfaktor på 0,01 kg N₂O-N/kg N, derfor være 0,004 kg N₂O-N/kg N tilført svarende til $0,004 \times 44/28 \times 298$ kg CO₂-ækv/kg N = 1,87 kg CO₂-ækv/kg N.

Hvis man vil have størst mulig effekt af nitrifikationshæmmere, skal der anvendes ammoniumholdige gødninger, da nitrifikationshæmmere netop blokerer omdannelsen af ammonium til nitrat. For nuværende er ca. 60 pct. af kvælstofgødningen, der bruges i landbruget, ammoniumgødning. Bliver denne andel større i fremtiden, vil nitrifikationshæmmernes klimapotentiale muligvis være større. Effekten af nitrifikationshæmmere indgår endnu ikke i den nationale opgørelse, da der ikke findes nogen godkendt effekt-faktor.

Samspil med andre virkemidler

Nitrifikationshæmmere holder ammoniumkvælstof på ammoniumform i længere tid. Hvis man benytter nitrifikationshæmmere, hvor gødning efterlades på jordoverfladen, vil der være en øget risiko for ammoniakfordampning. Dog er det atmosfæriske tab af ammoniak under danske forhold ret lavt for handelsgødning, og der forventes derfor ingen betydende effekt. Ved brug af nitrifikationshæmmere i kombination med husdyrgødning forventes heller ingen betydelig effekt på ammoniakfordampningen. Risikoen for ammoniaktab afhænger af gyllens egenskaber (pH, ammoniumindhold), eksponeret overflade og betingelserne for infiltration. Ingen af disse forhold påvirkes umiddelbart af at tilsætte nitrifikationshæmmer.

Sideeffekter

På nuværende tidspunkt findes der kun få undersøgelser af nedbrydningsprodukter og miljøeffekt af nitrifikationshæmmerne generelt. Derfor er der stort fokus på at undersøge, om nitrifikationshæmmerne nedbrydes og udvaskes til overfladevand og grundvand, og om nitrifikationshæmmerne her kan have uønskede effekter på andre mikroorganismer end netop nitrifikanterne. Litteraturen vedrørende økotoxikologiske effekter er meget begrænset. Kong et al. (2016) undersøgte effekterne af DMPP på udvalgte funktioner og på jordens mikrobielle biomasse, men fandt ingen signifikante effekter ved normal og 10 gange normal dosering.

Der forventes ingen sideeffekter på fosfor eller pesticidanvendelse.

Implementering

Nitrifikationshæmmere kan anvendes i alle situationer, hvor der spredes ammoniumholdig gødning og er dermed, som udgangspunkt, relevant for alle konventionelle bedrifter. Økologiske bedrifter må ikke anvende nitrifikationshæmmere.

Der findes både nitrifikationshæmmere, der kan tilsættes direkte til flydende gødning (handels- og husdyrgødning), og andre, som kan coates på faste handelsgødninger. Ved faste gødninger vil den enkelte bedrift indkøbe handelsgødning med nitrifikationshæmmere, hvorfor praksis på den enkelte bedrift ikke vil ændre sig. Ved brug af nitrifikationshæmmere til flydende gødning vil nitrifikationshæmmeren og gyllen skulle blandes inden anvendelse.

Økonomi

Ved implementering af nitrifikationshæmmere skal der indkøbes nitrifikationshæmmere, enten som tilsætningsmiddel til flydende gødning eller handelsgødning, som er coatet med nitrifikationshæmmere. For handelsgødning vil prisen på nitrifikationshæmmere påvirke det økonomisk optimale gødningsniveau, hvilket kan reducere mængden af gødning, der tilføres. IFRO har vurderet, at indførelse af et krav om anvendelse af nitrifikationshæmmere vil reducere forbruget af ammonium i handelsgødning med 4 pct. (Dubgaard og Ståhl, 2018).

Der opsættes her særskilte scenarier for handelsgødning og husdyrgødning. Som beskrevet ovenfor kan det økonomiske optimum flytte sig, når prisen på gødning stiger. Det tages dog ikke med i betragtning her, hvilket begrundes med, at en kvælstofreduktion i sig selv også er et klimavirkemiddel. Dermed vil begge effekter skulle regnes med sammen med de samlede afledte økonomiske konsekvenser.

Handelsgødning:

Udgangspunktet er handelsgødning, hvor der ved indkøb af gødningen specificeres, at den skal være coatet med nitrifikationshæmmere. Dermed kræves der ikke ændringer i processen omkring gødnings-tildelingen, og meromkostningerne består udelukkende af ekstra stykomkostninger. Der ses her bort fra, at det potentielt kan være fordelagtigt at reducere gødningsmængden som konsekvens af den højere pris på gødningen.

Ifølge Dubgaard og Ståhl (2018) er prisen på nitrifikationshæmmere ca. 2 kr. pr. kg N. Dette gælder for en handelsgødning med 90 pct. ammonium. Ved en reduktion af CO₂e på 1,87 kg/pr. kg ammonium svarer det til en omkostning på 1.200 kr. pr. ton CO₂e reduceret. Der kan dog være udfordringer ved at hæve ammoniumindholdet i gødningen, som der fagligt skal ses på inden implementering. Nitrifikationshæmmere til handelsgødning er dog ikke et produkt, der umiddelbart er tilgængeligt på markedet i dag, hvor der er enkelte produkter til gødning af f.eks. kartofler. Af denne årsag er det svært at vurdere omkostningerne på nuværende tidspunkt.

Husdyrgødning:

For husdyrgødning vil der udover indkøb af nitrifikationshæmmere være et behov for doseringsudstyr på gyllevognen. Udbringning er for de fleste en specialopgave, der købes ind af en maskinstation. Derfor køres der ofte med opdateret udstyr, og kapacitetsudnyttelsen er høj. Det sikrer, at prisen for dosering af nitrifikationshæmmere bliver tæt på det omkostningsniveau, som kørsel og investering i udstyret koster.

Prisen på flydende nitrifikationshæmmere inkl. udbringning er omkring 200 kr. pr. ha, hvilket baserer sig på 2 liter nitrifikationshæmmere pr. ha, som er anbefalet dosis ved øverlig indarbejdelse i jorden. Da nitrifikationshæmmere skal tilsættes ved hver gylletildeling, bliver omkostningen afhængig af afgrøden, gylletypen og mængden af gylle, der udbringes. Tildeling af gylle til vinterraps i efteråret og sædskiftegræs, der gives op til 5 gange om året, vil ske med små mængder ammonium N pr. gylletildeling. Det gør brugen af nitrifikationshæmmere til det formål dyrere end brugen til afgrøder, der får tildelt al gylle på én gang i foråret, eksempelvis majs og kornafgrøder.

I beregningerne i Tabel 7 er der taget udgangspunkt i forskellige niveauer af tildeling af organisk ammonium-N pr. ha. De forskellige niveauer baserer sig på den spredning, der kan være i anvendte tildelingsniveauer.

Tabel 7 Omkostninger ved brug af nitrifikationshæmmer ved forskellige niveauer af tildeling af organisk ammonium-N pr. ha

Omkostninger	200	Kr. pr. tildeling
Reduceret CO ₂ e	1,87	kg CO ₂ e/kg N
Kg Nh₄-N pr. tildeling	Omkostning pr. kg ammonium N	Kr. pr. ton CO₂e reduceret
50	4,00	2.139
80	2,50	1.337
100	2,00	1.070
120	1,67	891
140	1,43	764

Referencer

Petersen, S. O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L. A. R. S., Sørensen, P., & Lassen, J. (2018). Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget. J. E. Olesen (Ed.). DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Hansen et al., 2020. Praktisk implementering af tilsætning af nitrifikationshæmmere til gylle og handelsgødning. Notat.

Qiao, C.L., Liu, L.L., Hu, S.J., Compton, J.E., Greaver, T.L., Li, Q.L., 2015. How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. *Global Change Biology* 21: 1249-1257.

Akiyama, H., Yan, X.Y., Yagi, K., 2010. Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N₂O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. *Global Change Biol.* 16, 1837-1846.

Dubgaard, A., Ståhl, L., 2018. Omkostninger ved virkemidler til reduktion af landbrugets drivhusgasemissioner. Opgjort i relation til EU's 2030-målsætning for det ikke-kvotebelagte område. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Rapport nr. 271

Kong, X., Duan, Y., Schramm, A., Eriksen, J., Petersen, S.O., 2016. 3,4-dimethylpyrazole phosphate (dmpp) reduces activity of ammonium oxidizers without adverse effects on non-target soil microorganisms and functions. *Appl. Soil. Ecol.* 105:67-75.

Sædskifteændring

Emissionskilde: Handelsgødning i marken, Husdyrgødning på mark, afgrøderest, udvaskning og ammoniak

Aktivitetsdata: 8 Mængde N, 9 Gødningstype, 11 Mængde N, 14 Areal, 15 Afgrødetype 1 og 2, 16 Udbytte, 17 Afgrødetype, 18 Arealfordeling, 19 Afgrødetype, 20 Efterafgrøder, 21 Jordtype (sand/ler)

Udledning: N₂O, NH₃, NO_x

Sådan virker virkemidlet

Det sædskifte, som klimaværktøjet bruger til beregning af drivhusgasemissioner, stammer fra gødningsregnskabet. Hver afgrøde har en afgrødenorm for, hvor meget N der må tilføres i forhold til det udbytte, der kan forventes. Emissioner fra gødningsmængden, som er brugt i det pågældende år, regnes, og de omtalte gødningsmængder stammer også fra gødningsregnskabet. Det kan være handelsgødning eller husdyrgødning.

Når sædskiftet ændres til afgrøder med mindre gødningsbehov eller afgrøder, der tilfører jorden større mængder kulstof, så vil det påvirke de totale drivhusgasemissioner, bedriften udløser; enten bliver de mindre eller større. Der er her tale om drivhusgasemissioner på bedriften og emissioner, som indirekte påvirkes, såsom ammoniakfordampning, udvaskning af nitrat og de produktrelaterede emissioner fra handelsgødning eller maskinenergi. Direkte emissioner kan være lattergas fra kvælstof i gødningen eller kuldioxid fra kulstof i jord. Ammoniak og nitrat omregnes til lattergasemissioner; emissionerne, der opstår ved produktionen af gødning, transport, el og diesel, bliver omregnet til CO₂e.

Effektberegning

Handelsgødning (indregnes ikke automatisk i scenarieberegninger)

Emissionen af lattergas (handelsgødning på marken) beregnes ud fra udbragt N i handelsgødning på den enkelte mark i gødningsplanåret og fordampningen af ammoniak ved udbringning. Ved beregning af emissioner af lattergas differentieres indtil videre ikke mellem forskellige typer af handelsgødning og udbringningstidspunkt.

$$N2O_handelsgødning = EF_lattergas \times N_handelsgødning \times 44/28$$

For den indirekte emission fra ammoniakfordampning ved brug af handelsgødning bruges en gennemsnitlig emissionsfaktor for den frigivne ammoniak som kvælstof.

$$N2O_handelsgødning-indirekte = EF\ ammoniak\ N \times EF\ lattergas \times N\ handelsgødning \times 44/28$$

$$\text{Emissionsfaktoren (EF-ammoniakN)} = 0,025$$

Emissionerne fra produktionen af handelsgødningen (indirekte emissioner, som ikke forekommer på landbrugsbedriften) beregnes ud fra indhold af N, P og K. Dette indirekte klimaaftryk udtrykkes i kg CO₂e, selvom der i processen også frigives lattergas og metan. Denne del af ændringen i handelsgødningsforbrug pga. sædskifteændring hører til i import-/eksportdelen af klimaværktøjet.

Følgende værdier bruges for Nudnyttet; Pudnyttet; og Kudnyttet

Tabel 8

Mineral (Kg)	Carbon Footprint (CO₂e pr. kg)
Kvælstof (N)	6,6 (Agrifootprint 2015)

Fosfor (P)	3,6 (Ecoinvent 2013)
Kalium (K)	0,7 (Ecoinvent 2013)

Husdyrgødning (indregnes ikke automatisk i scenarieberegninger)

Emissioner af lattergas fra husdyrgødningen i marken beregnes ud fra udbragt N og den ammoniakmængde, der fordampes ved udbringning. Der differentieres mellem de forskellige husdyrgødningsarter.

$$N_2O_{\text{Husdyrgødning}} = EF_{\text{lattergas}} \times N_{\text{i husdyrgødning}} \times 44/28$$

Emissionsfaktoren ($EF_{\text{lattergas}}$) for husdyrgødning er 0,01.

For den flydende del af husdyrgødning er $N_2O_{\text{husdyrgødning-indirekt}} = EF_{\text{lattergas}} \times TAN_{\text{husdyrgødning}} \times EF_{\text{ammoniak N}} \times 44/28$

Emissionsfaktoren ($EF_{\text{lattergas}}$) = 0,01

$TAN_{\text{husdyrgødning}} = TAN_{\text{fraktionen i husdyrgødning}} \times N_{\text{tot-husdyrgødning}}$

For den faste del af husdyrgødningen beregnes ammoniak emission ud fra N total i gødningen.

$TAN_{\text{fraktionen i husdyrgødning}}$ og $EF_{\text{ammoniak N}}$ for udvalgte husdyrgødningsstyper kan ses i tabellen:

	TAN%	EFNH3-N	EF N2O	Formel
Svinegylle	74,9	0,107	0,01	kg TAN x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O
Kvæggylle	60,0	0,132	0,01	kg TAN x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O
Minkgylle	45,1	0,132	0,01	kg TAN x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O
Fjerkrægylle	64,9	0,132	0,01	kg TAN x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O
Blandet gylle	65,0	0,132	0,01	kg TAN x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O
Fast gødning	25,1	0,067	0,01	kg total N x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O
Ajle kg	90,0	0,132	0,01	kg TAN x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O
Dybstrøelse	20,0	0,067	0,01	kg total N x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O
Væskefraktion efter forarbejdning	45,0	0,132	0,01	kg TAN x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O
Afgasset biomasse	65,0	0,132	0,01	kg TAN x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O
Anden husdyrgødning	25,1	0,067	0,01	kg total N x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O
Forarbejdet husdyrgødning	25,1	0,067	0,01	kg total N x EFNH3-N x 44/28 x EFN2O

Afgrøderest, lattergas (indregnes automatisk i scenarieberegninger)

Afgrøder har forskellige mængder afgrøderest over jord og under jord. Dette hænger nøje sammen med udbytteneiveauet. Vinterhvede for eksempel yder mere end vårbyg og vil derfor også efterlade flere afgrøderester.

Afgrøder har heller ikke samme fraktion underjordiske og overjordiske rester. Græsmarker har for eksempel en rodfraktion på 80 pct., mens korn typisk har en rodfraktion på 22 pct.

Ved beregningen af lattergasemissioner fra afgrøderester er mængdeberegningen vigtig, men også protein- og dermed kvælstofindhold fra de afgrøderester, der efterlades efter høst, er vigtige. Kvælstofindhold af korn er typisk 0,6 pct., mens kvælstofindhold af bælgssæd er 0,8 pct.

For beregningerne henvises til beregningsgrundlaget for klimaværktøjet.

Afgrøderest, kulstof (indregnes automatisk i scenarieberegninger)

Mængdeberegninger for afgrøderester bestemmer ligeledes, hvor meget organisk materiale der efterlades i jorden. Ligesom med lattergasberegningen er rod-/topfraktionen vigtig her. Det organiske materiale, der efterlades (bladrest, avner, stængelrester og rødder) kan suppleres med organisk materiale af halmen, der efterlades. Organisk materiale indeholder i gennemsnit 45 pct. kulstof.

Kulstofmængderne, som beregnes i landbrugets klimaværktøj, beregnes som et samlet input fra alle afgrøder og med et 100-års-perspektiv. Modelleringen har vist, at ca. 9,7 pct. af den totale mængde kulstof, der efterlades, må beregnes som nettoinput og indgå i beregningen, som kompenserer drivhusgasemissioner fra de andre processer i planteavl.

Yderligere relativiseres kulstofinput med en gennemsnitlig mineralisering, som normalt er afhængig af jordbonitet og forhistorien i sædskiftet. Har man et sædskifte, som i mange år har ført til nettoinput af

kulstof, så vil der efter mange år nedbrydes større mængder, og det vil kræve et større input bare for at kunne vedligeholde kulstofniveauet i jorden. Relativeringsfaktoren svarer til det kulstofinput, som en vinterhvedeafgrøde efterlader, hvor 40 pct. af halmen er nedmuldet.

For beregningerne henvises til beregningsgrundlaget for klimaværktøjet.

Energiforbruget (indregnes ikke automatisk i scenarieberegninger)

Når man ændrer afgrøderne i rotationen, vil energiforbruget også ændre sig. I klimaværktøjet udregnes energiforbruget automatisk for afgrøderne, når der beregnes klimaaftryk pr. produktenhed.

Der kan tages hensyn til disse værdier, når man foretager sædskifte.

Praktiseres der for eksempel en del afgræsning, så vil der skulle hentes mindre græs ind som ensilage eller frisk græs i stalden, hvilket vil spare energi.

Ændres sædskifte til afgrøder med mindre vandingsbehov på sandjord, så vil energiforbruget også kunne nedsættes.

Samspil med andre virkemidler

Dette virkemiddel spiller sammen med virkemidlerne reducere af kvælstoftildeling, efterafgrøder samt græs til kulstoflagring. Efterafgrøder er indirekte en del af sædskiftet, da der ikke i alle afgrøder kan etableres efterafgrøder.

Effekt på klimagasser

Der skal gøres opmærksom på, at dette virkemiddel kan bruges i klimaværktøj, men så skal gødnings-tilførslen ved indberetningen også ændres.

Yderligere skal der gøres opmærksom på, at de ændrede afgrøder og udbytter kan have effekt på selvforsyningsgraden af gården, hvis der er tale om husdyrbrug.

Emissionerne som beskrevet er beregnet vha. IPCC 2006-emissionsfaktorerne. Dette gør, at de ikke er særligt specifikke, så der ikke ved valg af gødningsart kan reduceres klimaaftryk. Selve den mængde N, der er nødvendig for at kunne gøde, kan dog påvirkes ved afgrødevalg. Valg af bælgeplanter, som ingen N-behov har, og valg af kl.græs, som ud over udbyttet også giver en forfrugtsvirkning, som også vil kunne formindske den importerede mængde N til en landbrugsbedrift, vil føre til mindre drivhusgasemission på bedriftsniveau og pr. ha.

Sideeffekter

Ændring af sædskiftet vil som sideeffekt kunne være årsag til mere eller mindre sædskiftebårne sygdomme som bælgeplantetræthed eller knoldbagersvamp og Fusarium.

Implementering

Implementeringen i landmandens klimaværktøj vil kræve, at der samtidig planlægges i Mark Online, hvor N-,P- og K-behovet for de nye afgrøder og forfrugtsvirkning kan udregnes. Dette indtastes herfter manuelt i klimaværktøjet.

Efterafgrøder og mellemafgrøder

Emissionskilde: Afgrøderester, udvaskning, kulstofbalance

Aktivitetsdata: 14 Areal, 15 Afgrødetype 1 og 2, 16 Udbytte, 17 Afgrødetype, 18 Arealfordeling, 19 Afgrødetype, 20 Efterafgrøder, 21 Jordtype (sand/ler)

Udledning: N₂O, CO₂

Sådan virker virkemidlet

Dyrkning af efterafgrøder og mellemafgrøder virker på flere forskellige poster i bedriftens klimaregnskab. Efterafgrøder vil øge og mellemafgrøder vil påvirke lattergasudledningen fra afgrøderester og kulstoftilførslen til jorden fra afgrøderester, mængden af gødning, der bruges på bedriften, og brugen af fossile brændstoffer til markarbejde.

Ved brug af en øget mængde efterafgrøder og mellemafgrøder vil kulstoflagringen stimuleres. Dette sker som følge af en øget tilførsel af kulstofholdige planterester. Ved øget brug af efterafgrøder vil der også være en øget kvælstofeftervirkning og dermed mindre behov for gødning til den efterfølgende afgrøde. Derfor vil N₂O-udledningen fra gødskning mindske. Den øgede tilførsel af afgrøderester vil også give en øget indirekte N₂O-lattergasudledning som følge af mineraliseringsprocessen fra denne post, men som sagt giver den øgede tilførsel af afgrøderester også øget kulstoflagring. Desuden vil der være en udvaskningsreduktion, som vil mindske den indirekte udledning af lattergas fra nitratudvaskning. Der vil derudover være et begrænset merforbrug af fossile brændstoffer til såning. Nettoeffekten af efter- og mellemafgrøder regnes for positiv i den forstand, at de medfører en reduktion i drivhusgasudledning set i forhold til sort jord.

Efterafgrøder kan etableres på omdriftsarealer, hvorpå der dyrkes forårssåede afgrøder. Effekten af efterafgrøder i Landbrugets Klimaværktøj er vurderet ud fra, at efterafgrøden har en god etablering og en effektiv kvælstofoptagelse. Særligt for efterafgrødernes effekt på nitratudvaskning er effekten vurderet ud fra, at efterafgrøderne destrueres sent efterår på lerjord og tidligt forår på sandjord. Dette skyldes, at når efterafgrøder på sandjord nedpløjes i efteråret, så er der stor risiko for, at udvaskningsreduktionen bliver væsentlig mindre, end hvis de blev nedpløjet i foråret (Eriksen et al., 2020).

Effektberegning

Ved brug af efterafgrøder beregnes automatisk effekt på indirekte lattergasudledning fra nitratudvaskning, lattergas fra afgrøderester og kulstofopbygning fra afgrøderester. Herudover vil der være et mindsket behov for gødning til den efterfølgende afgrøde, som ikke indregnes for nuværende. For pligtige efterafgrøder er det lovpligtigt at medregne en forfrugtsværdi på hhv. 17 eller 25 kg N/ha, når der tilføres hhv. under eller over 80 kg N/ha i husdyrgødning. Hvis man bruger efterafgrøder med kvælstoffikserende arter i blandingen, skal der medregnes en eftervirkning på 50 kg N/ha. Ved frivillige efterafgrøder og mellemafgrøder er det ikke lovpligtigt at medregne forfrugtsværdien.

Indirekte lattergas fra nitratudvaskning:

Der beregnes en emission af lattergas ud fra en beregning af den udvaskede mængde nitrat. SEGES har beregnet typetal for nitratudvaskning for alle afgrøder. Typetallene er beregnet med brug af N-LES5 modellen. Typetallene udtrykker den udvaskningseffekt, en afgrøde har i et sædskifte samlet set. I tabel 1 er typetallene for efterafgrøder og mellemafgrøder angivet.

Tabel 9 Typetal for udvaskningseffekt for efterafgrøder og mellemafgrøder.

Afgrødekode	Afgrødenavn	Udvaskningseffekt, kg N/ha
968	Efterafgrøder, pligtige, husdyr, målrettede	-30
970	Udlæg og efterafgrøder til grøngødning	-30

$$N_2O_{\text{Nitratudvaskning}} = EF_{\text{Nitratudvaskning}} \times N_{\text{Udvaskningseffekt}} \times 44/28$$

Emissionsfaktoren for nitratudvaskning ($EF_{\text{Nitratudvaskning}}$) er 0,0075.

Afgrøderester:

Til beregning af mængden af afgrøderester samt mængden af kvælstof i afgrøderester bruges metoden fra IPCC's 2019 refinement af 2006 guidelines. IPCC angiver slope, intercept og ratio imellem overjordisk og underjordisk biomasse til beregning af afgrøderester over og under jord. Herudover angiver de kvælstofindhold i overjordiske og underjordiske afgrøderester. Afgrøderester beregnes ud fra udbytte. SEGES har til beregningen estimeret høstbare udbytter for efterafgrøder og mellemafgrøder. De estimerede udbytter er angivet i Tabel 10.

Tabel 10 Estimerede høstbare udbytter.

Afgrøde	Estimeret udbytte, kg ts/ha
Efterafgrøder, pligtige, husdyr, målrettede	1500
Udlæg og efterafgrøder til grøngødning	1500
Mellemafgrøder	750

Til beregning af afgrøderester fra efterafgrøder har vi brugt IPCC data for kløvergræs blandinger, som er angivet i Tabel 11.

Mængden af afgrøderester over jord i kg tørstof pr. hektar beregnes ud fra følgende formel, som er angivet i IPCC's 2019 refinement af 2006 guidelines:

$$AG_{DM(T)} = Crop_{(T)} \times Slope_{(T)} + Intercept_{(T)}$$

Hvor $AG_{DM(T)}$ er afgrøderester over jord for afgrøde T angivet i kg tørstof pr. hektar, $Crop_{(T)}$ er udbyttet af afgrøde T, og $Slope_{(T)}$ og $Intercept_{(T)}$ er slope og intercept for afgrøde T som angivet i tabel 3.

Mængden af afgrøderester under jord beregnes således:

$$BGR_{(T)} = (AG_{DM(T)} + Crop_{(T)}) \times RS_{(T)}$$

Hvor, $BGR_{(T)}$ er den underjordiske afgrøderest, og $RS_{(T)}$ er ratioen mellem overjordiske og underjordisk biomasse.

For at få kvælstofindholdet i hhv. den overjordiske og underjordiske afgrøderest, ganges den beregnede mængde afgrøderest med det angivne N indhold, som er angivet i Tabel 11.

Tabel 11 Data til beregning af afgrøderest over og under jord samt beregning af N indhold i afgrøderester. Data fra "2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories".

IPCC crop: Grass-Clover Mixtures	
Slope	0,3
Intercept	0
Ratio of below-ground biomass til above-ground biomass, $RS_{(T)}$	0,8
N content of above-ground residues	0,025
N content of below-ground residues	0,016

Lattergas fra afgrøderester:

For at beregne lattergasudledningen fra afgrøderester beregnes først den totale mængde kvælstof i afgrøderester angivet i kg kvælstof pr. hektar. Herefter omregnes mængden af kvælstof til kg lattergas udledt pr. hektar.

Da man ved mellem- og efterafgrøder nedmulder det høstbare udbytte, inkluderes mængden af kvælstof fra det høstbare udbytte også i beregningen af total N i afgrøderest.

Total N i afgrøderest = N i høstbart udbytte + N i afgrøderest over jord + N i afgrøderest under jord

$N_{2O}(\text{afgrøderester}) = \text{Kg N i afgrøderest} \times EF_{N_{2O}} \times 44/28$

Hvor emissionsfaktoren for lattergas fra afgrøderester ($EF_{N_{2O}}$) er 0,01.

Kulstof fra afgrøderester:

Kulstof fra afgrøderester beregnes ud fra den totale mængde tørstof i afgrøderester angivet i kg tørstof pr. hektar. Mængden af kulstof i afgrøderesten er 45 pct. af mængden af tørstof. I beregningen af kulstof fra mellem- og efterafgrøder inkluderes det høstbare udbytte ligesom i beregningen af lattergas fra nedmuldning af mellem- og efterafgrøder.

Total afgrøderest, over + under jord = høstbart udbytte + afgrøderest over jord + afgrøderest under jord

$\text{Kg C i afgrøderest} = \text{Total afgrøderest, over + under jord} \times 0,45$

Mængden af kulstof i afgrøderesterne omregnes herfra til mængden af CO₂, som kulstofopbygningen fra efterafgrøderne svarer til.

$\text{Kg CO}_2 = (\text{Kg C fra afgrøder} \times 44/12 \times 0,097) \times -1$

hvor 44/12 er omregning fra C til CO₂, 0,097 er omregning til kulstoflagring i 100 års perspektiv (Petersen et al., 2013) og -1 er omregning til kompensering af udledninger.

Den samlede effekt på klimaaftrykket ved etablering af en hektar efterafgrøder er -322 kg CO₂e, og for etablering af en hektar mellemafgrøder er effekten -161 kg CO₂e.

Effekt på klimagasser

Dyrkning af efterafgrøder og mellemafgrøder påvirker som nævnt tidligere flere poster i klimaregnskabet. I Landbrugets Klimaværktøj påvirker tilføjelsen af efterafgrøder og mellemafgrøder den indirekte udledning af lattergas fra nitratudvaskning samt lattergasudledning og kulstofopbygning i jorden fra afgrøderester.

I klimaværktøjet er beregningen af nitratudvaskning og afgrøderester fast for efterafgrøder og mellem-afgrøder, dvs. at klimaeffekten ved etablering af efterafgrøder og mellemafgrøder er den samme for alle, uanset jordtype, etablering og kvælstofoptag. I realiteten er effekten i høj grad afhængig af efterafgrødens eller mellemafgrødens effektivitet, kvælstofoptag og etablering samt jordtype. For efterafgrøder er det også vigtigt, at den destrueres på det optimale tidspunkt for at mindske risikoen for udvaskning, og det optimale tidspunkt er forskelligt, alt efter om det er på ler- eller sandjord. Særligt på sandjorde i nedbørsrige egne er det vigtigt, at efterafgrøden ikke destrueres før om foråret, for at der ikke sker udvaskning (SEGES, 2020).

Samspil med andre virkemidler

Et øget omfang af udtagning af landbrugsjord til braklægning vil mindske behovet og mulighederne for efterafgrøder og mellemafgrøder. Efterafgrøder og mellemafgrøder kan anvendes sammen med andre

virkemidler i dyrkningsfladen, der involverer gødsning (Eriksen et al., 2020). Det kan f.eks. være en reducere af kvælstofdeling og brug af nitrifikationshæmmere.

Sideeffekter

Dyrkning af efterafgrøder er vurderet til at kunne reducere kvælstofudvaskningen med 32 kg N/ha og 12 kg N/ha for henholdsvis sand- og lerjord på arealer under 0,8 DE/ha og med 45 kg N/ha og 24 kg N/ha for henholdsvis sand- og lerjord på arealer over 0,8 DE/ha (Eriksen et al., 2020). I denne vurdering indgår det, at efterafgrøderne destrueres sent efterår eller tidligt forår for henholdsvis ler- og sandjord. I nedbørsfattige områder kan reduktionen i visse år vise sig at være mindre, da der kan være meget lille afstrømning fra disse.

For arealer, der ikke betragtes som risikoarealer for fosfortab, vil etableringen af efterafgrøder ikke påvirke risikoen for fosforudvaskning. Fosfortab som følge af overfladeafstrømning og erosion vil kunne reduceres ved en veletableret efterafgrøde. Sygdomme og skadedyr er i forbindelse med efterafgrøder vurderet neutrale, hvorfor pesticidforbruget ikke forventes ændret. Efterafgrøder kan medvirke til ukrudtsbekæmpelse grundet deres evne til at konkurrere med ukrudtet. En effektiv ukrudtsbekæmpelse kræver dog en tæt og veletableret efterafgrøde. Dog vil effekten være mest udtalt ved etårigt ukrudt, hvorimod effekten på flerårigt ukrudt ikke er lige så sikker.

Etableringen af efterafgrøder vil formentlig have ingen eller en begrænset effekt på natur og biodiversitet (Eriksen et al., 2020). Dog vil den længere periode med plantedække formentlig give grundlag for en større population af invertebrater. Ligeledes vil der formentlig kunne ses en positiv effekt af efterafgrøder på større dyr, der enten kan søge føde direkte i efterafgrøden eller bruge den øgede population af invertebrater som fødegrundlag. Blomstrende efterafgrøder vil kunne gavne bestøvere.

Implementering

Efterafgrøder kan dyrkes før vårsåede afgrøder, men kan ikke dyrkes efter sent voksende afgrøder som f.eks. roer og kartofler. Effekten af efterafgrøder på nitratudvaskning forventes at være størst på sandjorde i nødbørsrige egne, hvor risikoen for udvaskning er størst.

Mellemafgrøder etableres mellem høst af en forudgående hovedafgrøde og indtil såning af en efterfølgende vintersædsafgrøde.

Økonomi

Økonomien i efter- og mellemafgrøder afhænger af, hvilken afgrøde de etableres imellem og især af, om det er nødvendigt med en sædskifteændring. Ved anvendelse af efter- og mellemafgrøder vil der være omkostninger til udsæd, såning og destruering af efter- og mellemafgrøden samt et forventet tab på ikke-succesfuld etablering. Til gengæld vil der være en besparelse på indkøb af kvælstof grundet eftervirkning af afgrøden samt en eventuel udbytteeffekt. Disse parametre er afhængige af, hvilken hovedafgrøde der dyrkes før etablering af efter- og mellemafgrøden, samt af jordtypen. I nedenstående beregninger er der opdelt på forskellige hovedafgrøder samt på niveauet af organisk gødning. Der vises et omkostningsniveau baseret på et normalprisniveau, og evt. efterafgrødetilskud er baseret på målrettet regulering i 2020/2021.

De følgende effekter er ikke kvantificeret i de økonomiske beregninger her: Efterafgrøder kan i mindre omfang medføre en risiko for relative udbyttetab i form af øget høstbesvær, mindre realeftervirkning end forudsat i gødningsplanlægningen og dermed mindre realkvælstofkvote og lavere udbytte m.v. Der vil i nogle tilfælde også kunne opleves en større realkvælstofkvote og højere udbytter (Eriksen et al., 2020).

De økonomiske beregninger er baseret på virkemiddelvælgeren til efterafgrødekravet [lr.dk/virkemiddelvaelger](https://www.livsgodt.dk/virkemiddelvaelger). I Tabel 12 ses den netto-økonomiske konsekvens ved at implementere virkemidlet opgjort i kr. pr. tons CO₂e reduceret. Nogle efterafgrøder er der en nettoindtægt på, hvilket i nedenstående tabel er et negativt beløb, og modsat for de efterafgrøder, der har nettoomkostninger.

Tabel 12 netto-økonomisk konsekvens ved at implementere efterafgrøder opgjort i kr. pr. tons CO₂e reduceret.

Jordtype	Sandjord		Lerjord		Middel
	<80 kg N	>80 kg N	<80 kg N	>80 kg N	
<i>Organisk gødning</i>					
<i>Efterafgrøder efter vårsæd</i>	685	467	1.171	953	819
<i>Med tilskud</i>	-1.261	-1.479	-774	-992	-1.126
<i>Efterafgrøder efter vintersæd</i>	770	553	1.257	1.039	905
<i>Med tilskud</i>	-1.175	-1.393	-689	-907	-1.041
<i>Efterafgrøder i majs</i>	926	708	926	708	817
<i>Med tilskud</i>	-1.019	-1.237	-1.019	-1.237	-1.128
<i>Efterafgrøder med sædskifteændring fra vintersæd til vårsæd</i>	6.743	8.918	10.148	13.257	9.767
	4.798	6.973	8.202	11.311	7.821
<i>Efterafgrøder efter frøgræs</i>	-463	-681	-463	-681	-572
<i>Med tilskud</i>	-2.409	-2.626	-2.409	-2.626	-2.518
<i>Mellemafgrøde efter vintersæd</i>	1.751	1.751	1.751	1.751	1.751
<i>Med tilskud</i>	778	778	778	778	778
<i>Mellemafgrøde efter frøgræs</i>	0	0	0	0	0
<i>Med tilskud</i>	-973	-973	-973	-973	-973

Der er stor forskel på økonomien i efter- og mellemafgrøder. Fra en økonomisk gevinst ved at anvende en frøgræsmark som efterafgrøde til store økonomiske omkostninger ved en sædskifteændring. Det er ikke rentabelt at foretage en sædskifteændring, uanset om det er med eller uden tilskud, da omkostningerne er langt over 1.500 kr. pr. ton CO₂e reduceret, hvilket også gælder mellemafgrøder efter vintersæd, hvis der ikke opnås tilskud.

Ved brug af efterafgrøder vil der være omkostninger til udsæd, såning og destruering af efterafgrøden. Til gengæld vil der være en besparelse på indkøb af kvælstof grundet eftervirkning fra efterafgrøden. Efterafgrøder kan i mindre omfang medføre en risiko for relative udbyttetab i form af øget høstbesvær, omkostninger afholdt, hvor etablering af efterafgrøden alligevel svigter, mindre realeftervirkning end forudsat i gødningsplanlægningen og dermed mindre real kvælstofkvote og lavere udbytte m.v. Der vil i nogle tilfælde også kunne opleves en større realkvælstofkvote og højere udbytter (Eriksen et al., 2020).

Referencer

Eriksen, J., Thomsen, I. K., Hoffmann, C. C., Hasler, B., Jacobsen, B. H. 2020. Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet. Aarhus Universitet. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 452 s. – DCA rapport nr. 174 <https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport174.pdf>

SEGES. 2020. Dyrkningsvejledning for efterafgrøder. https://www.landbrugsinfo.dk/basis/c/7/2/afgrøder_dyrkningsvejledning_efterafgrøder

Petersen, S. O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P., & Lassen, J. (2018). Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget. J. E. Olesen (Ed.). DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

Petersen, B. M., Knudsen, M. T., Hermansen, J. E., & Halberg, N. (2013). An approach to include soil carbon changes in life cycle assessments. *Journal of Cleaner Production*, 52, 217-224.

Reduceret tildeling af kvælstof

Emissionskilde: Handelsgødning i marken, Husdyrgødning på mark

Aktivitetsdata: 8 Mængde N, 11 Mængde N

Udledning: N₂O, NH₃, NO_x

Sådan virker virkemidlet

Ved reduktion af kvælstoftildelingen på markerne vil der være en betydelig reduktion i emissionerne af lattergas fra de pågældende marker. Ved en reduktion i kvælstoftildeling vil man se positive klimaef-
fekter relateret til:

- Reduceret direkte emission af lattergas
- Reduceret emission af ammoniak
- Reduceret udvaskning fra rodzonen
- Reduceret emission relateret til reduceret mængde afgrøderest pga. udbyttenedgang
- Reduceret emission fra produktion af handelsgødning (kg CO₂e)

Der er desuden også negative effekter ved reduktion i kvælstoftilførslen:

- Reduceret kulstoflagring
- Reduceret udbytte
- Reduceret proteinindhold i afgrøden

Effekten på kulstoflagring er medtaget i effektberegningerne.

Effektberegning

Ved beregning af dette virkemiddel i klimaværktøjet benyttes Excel arket Virkemidler_Reduceret kvælstoftildeling.

Udbyttenedgangen stiger stærkt ved stigende reduktion af kvælstoftilførslen. Derfor kan der ikke regnes med samme effekt for hvert kg N, kvælstoftilførslen reduceres. Klimaeffekten af reduceret kvælstoftilførsel er derfor beregnet som en reduktion på enten 5, 10, 15, 20 eller 25 pct. i kvælstoftildelingen.

Kvælstofresponsen er forskellig i forskellige afgrøder, hvorfor det på nuværende tidspunkt er for omfattende at oprette et virkemiddel med kvælstofreduktion for hver afgrøde. Klimaeffekten af reduktion i kvælstoftildelingen er derfor, i første omgang, beregnet for et typisk planteavlssædskifte med 40 pct. vinterhvede, 35 pct. vårbyg, 15 pct. raps og 10 pct. rug.

Klimaeffekten kommer fra flere forskellige poster:

Reduceret direkte emission af lattergas

Den reducerede direkte emission beregnes som reduceret mængde N i handelsgødning * emissionsfaktor for lattergas (0,01 kg N₂O-N/kg N)

Reduceret emission af ammoniak

Den reducerede emission af ammoniak beregnes som reduceret mængde N i handelsgødning * emissionsfaktor for NH₃-fordampning (0,05 kg NH₃-N/kg N for handelsgødning) * emissionsfaktor for lattergas (0,01 kg N₂O-N/kg N)

Reduceret udvaskning fra rodzonen

Den reducerede emission fra den reducerede udvaskning fra rodzonen beregnes som den reducerede mængde af N i handelsgødning * marginaludvaskning (17 pct.) * Emissionsfaktor for lattergas (0,0075 kg N₂O-N/kg N).

Reduceret mængde afgrøderest

Den reducerede mængde afgrøderest beregnes vha. samme metode, som benyttes i forbindelse med det nationale regnskab over emissioner af drivhusgasser. Her er der opstillet retningslinjer for beregning af N i afgrøderest. Det svarer til Tier 1 retningslinjerne fra IPCC (2006).

Tabel 13: Hældning og intercept (ton tørstof) til beregning af overjordisk afgrøderest samt N-indhold i overjordisk afgrøderest for hovedafgrøder (IPCC, 2006).

Afgrøde	Hældning	Intercept (ton tørstof)	N-indhold
Vinterhvede	1,61	0,4	0,006
Vårhvede	1,29	0,75	0,006
Vinterbyg	0,98	0,59	0,007
Vårbyg	0,98	0,59	0,007
Havre	0,91	0,89	0,007
Rug	1,09	0,88	0,005
Majs	1,03	0,61	0,006
Markært	1,13	0,85	0,008
Hestebønner	1,13	0,85	0,008
Kartofler	0,1	1,06	0,019
Roer	1,07	1,54	0,016
Græs	0,3	0	0,015
Kløvergræs	0,3	0	0,025

Afgrøderest overjordisk_{Total} = (Udbytte_{kg tørstof/1000}) * Hældning + Intercept

Afgrøderest overjordisk_{Ej fjernet} = Afgrøderest overjordisk_{Total} – Halm/top bjærget (kg ts/ha)

N i Afgrøderest overjordisk_{Ej fjernet} = Afgrøderest overjordisk_{Ej fjernet} * N-indhold_{overjordisk}

Afgrøderest underjordisk = (Udbytte + Afgrøderest overjordisk_{Total}) * Faktor_{Afgrøderest underjordisk}

Tabel 14 Faktor til beregning af underjordisk afgrøderest samt N-indhold i underjordisk afgrøderest for hovedafgrøder (IPCC, 2006).

Afgrøde	Faktor Underjordisk afgrøderest	N-indhold
Vinterhvede	0,23	0,009
Vårhvede	0,28	0,009
Vinterbyg	0,22	0,014
Vårbyg	0,22	0,014

Havre	0,25	0,008
Rug	0,22	0,011
Majs	0,22	0,007
Markært	0,19	0,008
Hestebønner	0,19	0,008
Kartofler	0,20	0,014
Roer	0,20	0,014
Græs	0,54	0,012
Kløvergræs	0,80	0,016

N i Afgrøderest underjordisk = Afgrøderest underjordisk x N -indhold_{Underjordisk}

Den samlede N -mængde i afgrøderest beregnes da som summen af N i Afgrøderest overjordisk_{Ej fjernet} og N i Afgrøderest underjordisk.

$$N_2O-N_{\text{Afgrøderest}} = EF_{\text{Afgrøderest}} \times N_{\text{Afgrøderest}}$$

Lattergas-emissionsfaktoren ($EF_{\text{Afgrøderest}}$) for afgrøderest efter udlægsafgrøder og efterafgrøder er 0,01.

Reduceret emission fra mindsket produktion af handelsgødning

Den reducerede emission fra produktionen af kvælstofholdig handelsgødning beregnes som den reducerede mængde af N i handelsgødning * Emissionsfaktor for produktion af handelsgødning (6,6 kg CO_2e/kg N).

Reduceret kulstoflagring

Den reducerede kulstoflagring beregnes på baggrund af den reducerede mængde kulstof tilført jorden med afgrøderester * faktor for kulstoflagring i et 100-årigt perspektiv (9,7 pct.; Petersen et al. 2013).

Samspil med andre virkemidler

Ved brug af dette virkemiddel er der overlap med virkemidlets brug af nitrifikationshæmmere. Effekten af brugen af nitrifikationshæmmere afgøres af mængden af kvælstof tildelt. Ved mindsket tilførsel af kvælstof til markerne, vil effekten af nitrifikationshæmmere dermed også mindskes.

Effekt på klimagasser

I Tabel 15 ses en liste over klimaeffekter for reduktion af kvælstoftildelingen i forhold til normen. Klima-effekten er angivet i kg CO_2 -ækv/ha på forskellige jordtyper og er udregnet for et typisk planteavlssædskifte med 40 pct. vinterhvede, 35 pct. vårbyg, 10 pct. rug og 15 pct. raps. I regnearket er det muligt at ændre denne fordeling, men afgrøder kan ikke ændres. Effekten på kulstoflagring er medregnet.

Tabel 15 Klimaeffekten ved reduktion af kvælstofgødningen på forskellige jordtyper i et typisk planteavlssædskifte med 40 pct. vinterhvede, 35 pct. vårbyg, 10 pct. rug og 15 pct. raps. Alle klimaeffekter er opgjort i kg CO_2 -ækv/ha.

	JB 1+3	JB 2+4+11+v	JB 5-6	JB 7-9
5 pct.	104,1	105,3	115,7	120,4

10 pct.	213,6	216,3	238,6	248,9
15 pct.	328,5	333,0	368,8	385,4
20 pct.	448,9	455,4	506,3	530,0
25 pct.	574,7	583,6	651,1	682,7

Ud over klimaeffekterne er der desuden en negativ effekt på udbyttet og på proteinindholdet i afgrøden, der også medfører et øget klimaaftryk (hvilket også er medtaget i beregningerne i Excel-arket så vidt man vælger at indkøbe foderkorn som erstatning), da det vil medføre øget indkøb af foderkorn og/eller proteinerstatning, hvis kornet normalvis fodres.

Tabel 16 Mindsket udbytte og mindsket proteinindhold i afgrøden ved reduceret kvælstoftildeling på forskellige jordtyper i et typisk planteavlssædskifte med 40 pct. vinterhvede, 35 pct. vårbyg, 10 pct. rug og 15 pct. raps. Reduktion i udbytte er opgjort i hkg/ha, mens reduceret proteinindhold i afgrøden er opgjort i kg protein/ha.

	JB 1+3		JB 2+4+11+v		JB 5-6		JB 7-9	
	Udbytte (hkg/ha)	Protein (kg/ha)	Udbytte (hkg/ha)	Protein (kg/ha)	Udbytte (hkg/ha)	Protein (kg/ha)	Udbytte (hkg/ha)	Protein (kg/ha)
5 pct.	0,44	8,24	0,46	10,30	0,52	12,79	0,55	15,04
10 pct.	1,08	16,37	1,13	20,49	1,31	25,44	1,4	29,92
15 pct.	1,92	24,37	2,01	30,54	2,36	37,9	2,54	44,59
20 pct.	2,96	32,20	3,10	40,42	3,68	50,12	3,98	58,99
25 pct.	4,20	39,84	4,40	50,08	5,27	62,06	5,72	23,06

Sideeffekter

Reduktion af kvælstoftildelingen medfører en række sideeffekter. Ved tildeling af mindre kvælstof til marken vil udbyttet reduceres, og landmandens omsætning vil derfor falde. Også udbyttet af protein vil mindskes i afgrøden, når der tildeles mindre kvælstof, hvorfor det kan medføre et øget indkøb på bedriften af både foderkorn og protein til opfodring af fx svin eller kvæg.

En anden effekt er øget arealanvendelse – der ikke er kvantificeret i klimaværktøjet. Ved en udbytte-nedgang vil det reducerede udbytte skulle produceres andet sted for at opretholde den samme mængde føde produceret.

Der vil desuden være en reduceret kulstoflagring i jorden, da mængden af afgrøderester bliver mindre pga. mindsket udbytte. Dette medfører mindre kulstof, der tilføres jorden, og dermed et mindre potentiale for kulstoflagring.

Desuden vil en mindsket kvælstoftildeling have positiv effekt på vandmiljøet, da det også vil betyde mindre kvælstof, der udvaskes.

Implementering

De gældende kvælstofnormer for konventionelle landbrug er i princippet økonomisk optimale, dvs. at i gennemsnit (på tværs af marker og bedrifter) er det økonomisk optimalt at tilføre en kvælstofmængde svarende til de gældende normer. Den økonomisk optimale kvælstofmængde varierer naturligvis mellem bedrifter og marker, men det har vi ikke umiddelbart data på. Derfor er vi nødt til at betragte en reduktion i anvendelsen af kvælstofgødning som en reduktion til et niveau under det økonomisk optimale niveau. Ved implementering af dette virkemiddel er det derfor vigtigt at overveje sideeffekternes effekt på økonomien.

Økonomi

Ved implementering af virkemidlet reduceret kvælstoftildeling er der en del sideeffekter, der har indflydelse på økonomien. Her bruges en "normal" pris og udbyttens niveau for et standardiseret planteavlssædskifte på tværs af jordtyper med 40 pct. vinterhvede, 35 pct. vårbyg, 15 pct. raps og 10 pct. rug.

Der er her indregnet effekt af udbyttetab i udbytte og protein, meromkostning for erstatningskorn og mindre indkøb af kvælstof.

Det tab, landmanden får ved et mindre proteinudbytte, kan være forskelligt, da afregningsparametrene kan være i intervaller. Dette vil for nogen give en mindre salgspris fra første reduktion i kvælstof, mens det for andre først vil ske ved større reduktion i kvælstof.

De økonomiske beregninger er baseret på virkemiddelvælgeren til efterafgrødekravet lr.dk/virkemiddelvaelger, hvor prisforudsætningerne i Tabel 17 er anvendt.

Tabel 17 Prisforudsætninger til beregning af den økonomiske effekt af reduceret kvælstoftildeling. lr.dk/virkemiddelvaelger

Faktor	Prisforudsætning	
Vinterhvede	115	kr./hkg
Vårbyg	110	kr./hkg
Raps	270	kr./hkg
Rug	100	kr./hkg
Indkøbsfaktor	13	kr./hkg
Kvælstof	6,5	kr./kg N
Protein	3,25	kr./kg

Indkøbsfaktoren er forskellen mellem købs- og salgsprisen på kornafgrøderne, hvor den landmand, der køber foder ind, skal ud at købe erstatningskorn, der er 13 kr. pr. hkg dyrere end det, han kunne sælge kornet til, hvis han selv producerede det.

Omkostninger pr. ton CO₂e reduceret for en foderkøber, afhængig af reduktionsniveau og jordbundstype, er vist i Tabel 18.

Tabel 18 Omkostninger pr. ton CO₂e reduceret for en foderkøber, afhængig af reduktionsniveau og jordbundstype.

Kr. pr. tons CO ₂ e	JB 1+3	JB	JB 5-6	JB 7-9	Middel
		2+4+11+v			
5 pct.	891	1.020	1.216	1.307	1.108
10 pct.	966	1.120	1.369	1.469	1.231
15 pct.	1.247	1.423	1.769	1.924	1.591
20 pct.	1.645	1.868	2.351	2.617	2.120
25 pct.	2.171	2.457	3.162	3.592	2.845

Omkostninger pr. tons CO₂e reduceret for en planteavler, afhængig af reduktionsniveau og jordbundstype, er vist i Tabel 19.

Tabel 19 Omkostninger pr. tons CO₂e reduceret for en planteavler, afhængig af reduktionsniveau og jordbundstype.

Kr. pr. tons CO ₂ e	JB 1+3	JB	JB 5-6	JB 7-9	Middel
		2+4+11+v			
5 pct.	537	625	756	810	682
10 pct.	550	635	773	822	695
15 pct.	655	751	905	963	818

20 pct.	792	893	1.065	1.137	972
25 pct.	937	1.049	1.244	1.328	1.140

Omkostningerne til reduktionen er opsummeret, således at en 15 pct. reduktion i N for en foderkøber med jordbundstype 1+3 har en omkostning på 655 kr. pr. tons CO₂e reduceret for hele kvælstofforbruget.

Referencer

Petersen, B.M., Knudsen, M.T., Hermansen, J.E., Halberg, N., 2013. An approach to include soil carbon changes in the life cycle assessments. Journal of Cleaner Production. 52, 217-224
https://www.landbrugsinfo.dk/basis/5/a/d/leo_120426_kvaelstofrespons

Hæv vandstanden på organogene jorde, der ikke er i omdrift

Emissionskilde: Organiske Jorde

Aktivitetsdata: 22 Areal, 23 Areal drænet, 24 Areal i omdrift/afgrøde

Udledning: CO₂, N₂O og CH₄

Sådan virker virkemidlet

Organogene jorde, eller tørvejorde, er typiske lavbundsarealer med et højt kulstofindhold. Tidligere var vandstanden på disse jorde høj, hvilket begrænsede ilttilførslen og dermed også den mikrobielle nedbrydning af det organiske materiale til CO₂. Dræning og opdyrkning har frigivet store mængder kulstof fra organogene jorde, fordi der er skabt iltrige forhold, hvor mikrobiel omsætning af det organiske materiale kan finde sted. Når vandstanden hæves, begrænses iltindholdet i jordene, og dermed begrænses nedbrydningen af organisk stof med en mindsket udledning af CO₂ og lattergas til følge.

Effektberegning

Teksturoplysninger findes ikke for ret mange JB11 marker, hvorfor der i klimaværktøjet regnes med et arealvægtet gennemsnit af udledninger fra organogene jorde. På landsplan er marker med JB11 og i omdrift fordelt med 38 pct. med over 12 pct. C og 62 pct. med 6-12 pct. C i overjorden. For permanent græs er fordelingen 54 pct. med over 12 pct. C og 46 pct. med 6-12 pct. C.

I værktøjet bliver emissionerne beregnet efter tabel 1 (Olesen et al, 2018).

Tabel 20 Effekter af udtagning af organogen jord med ophør af dræning på reduktion af drivhusgasser (ton CO₂e/ha/år). Tabellen er fra Olesen et al. 2018 og tallene ligger til grund for de i klimaværktøjet beregnede effekter af at ophøre med omdrift på JB11.

	> 12% OC		6-12% OC	
	Omdrift	Perm. græs	Omdrift	Perm. græs
Mindre CO ₂ fra nedbrydning	42,17	30,80	21,08	15,40
Øget metan	-7,20	-6,80	-7,20	-6,80
Mindre lattergas fra nedbrydning	3,87	2,44	0,00	0,00
Sparet N-gødning	0,78	0,78	0,78	0,78
Sparet ammoniakfordampning	0,01	0,01	0,01	0,01
Reduceret N-udvaskning	0,15	0,10	0,15	0,10
Reduceret brændstofforbrug	0,40	0,40	0,40	0,40
I alt under LULUCF	34,97	24,00	13,88	8,60
I alt under landbrug	4,82	3,34	0,95	0,89
I alt under fossil energi	0,40	0,40	0,40	0,40

Ved brug af dette virkemiddel svarer det i klimaværktøjets terminologi til, at en mark går fra at være ikke i omdrift og drænet til at være ikke i omdrift og ikke drænet.

Beregning

Udledning, hvis marken ikke er i omdrift og drænet:

a) Beregning på CO₂ fra C pr. ha => tons CO₂ = (areal, ha*0,54*30,8) + (areal, ha*0,46*15,4)

b) Beregning på CO₂e fra N₂O (lattergas) pr. ha=> tons CO₂e = (areal, ha*0,54*2,44) + (areal, ha*0,46*0)

c) Beregning på CO₂e fra CH₄(metan) pr. ha => tons CO₂e=0

$$\text{CO}_2 \text{ (ikke i omdrift og drænet)} = a + b + c$$

Udledning, hvis marken ikke er i omdrift og ikke drænet:

a) Beregning på CO₂ fra C pr. ha => tons CO₂= 0

b) Beregning på CO₂e fra N₂O(lattergas) pr. ha => tons CO₂e= 0

c) Beregning på CO₂e fra CH₄(metan) pr. ha => tons CO₂e= areal, ha*6,8

$$\text{CO}_2 \text{ (ikke i omdrift og ikke drænet)} = a + b + c$$

Udregning af effekt af virkemidlet = CO₂ (ikke i omdrift og drænet) – CO₂ (ikke i omdrift og ikke drænet)

Samspil med andre virkemidler

Hvis man har marker, der er i omdrift, hvor man ønsker at hæve vandstanden, skal der, sammen med dette virkemiddel, benyttes virkemidlet "stop omdrift på organogene jorde".

Mange bedrifter pløjer i forvejen ikke deres organogene jorde, men har dem i græs til hø eller afgræsning. Det kan være værdifulde arealer, da de som regel ikke lider af vandmangel om sommeren. Ved at hæve vandstanden kan de ikke høstes som hø, men måske alligevel afgræsses. Dermed behøver vandstandshævning ikke altid at udelukke udbytte.

Effekt på klimagasser

Ved at hæve vandstanden på de organogene jorde, mindskes nedbrydningen af organisk materiale markant, pga. iltfrie forhold. Til gengæld udledes i stedet methan, som svarer til 6,8 tons CO₂-e/ha.

Udledningen af klimagasser udregnes vha. formlerne ovenfor til:

CO₂-e/ha (ikke i omdrift og drænet) = 25,04 tons CO₂-e/ha

CO₂-e/ha (ikke i omdrift og ikke drænet) = 6,8 tons CO₂-e/ha

Effekt ved implementering af virkemidlet: 18,24 tons CO₂-e/ha

Sideeffekter

Udtagning af organogene jorde med ophør af dræning kan ske som en del af retablering af vådområder med henblik på at reducere kvælstofudledningen til vandmiljøet. Vådområder etableres med henblik på at fjerne kvælstof gennem denitrifikation og placeres oftest, hvor disse vil have den største effekt i form af reduktion af nitrat, der tilføres området gennem dræn eller naturlige strømningsveje. Formålet er her at beskytte vandmiljøet mod tilførsel af for store kvælstofmængder, og der vil her samtidig være et hensyn om at undgå øget tilførsel af fosfor. Vådområder kan derfor etableres på både organiske jorde og mineraljord, men kriteriet vil være, at vådområdet er beliggende, hvor det vil kunne opsamle og fjerne tilstrømmende nitratkvælstof. I relation til arealer med organogen jord vil dette typisk være i lavtliggende arealer og ådale, hvor tilstrømning af (ofte næringsholdigt) vand spiller en stor rolle for arealets karakteristika og funktion. Tilbageholdelse af fosfor i retablerede vådområder er i høj grad afhængig af områdets forhistorie samt hvilken type vådområde, der er tale om. Kvantitativt set er sedimentation af partikulært fosfor i forbindelse med oversvømmelseshændelser langt den vigtigste proces til tilbageholdelse af fosfor i vådområder. Dette vil også gælde kulstofholdige lavbundslande, såfremt disse retableres i områder, hvor mulighederne for naturlige oversvømmelseshændelser er til stede. Mængden af partikulært fosfor, der kan tilbageholdes, er afhængig af tabet af partikulært fosfor fra vandløbsoplandet til det pågældende vådområde og ligger ifølge Hoffmann et al. (2014) på 0,5-1,5 kg P pr. oversvømmet ha pr. dag. Der vil ved etablering af vådområder på kulstofrig lavbundsland også kunne ske fosfortab, men dette vil være afhængig af arealets karakteristika og kræver en konkret risikovurdering. Fosfortab vil ofte kunne mindskes ved fjernelse af den næringsrige topjord med efterfølgende udplantering af ønsket vegetation, bl.a. i henseende til den ønskede biodiversitet på arealet.

Høst af biomasse i en periode efter etableringen af en vegetation vil også være med til at mindske fosfortab.

Implementering

Udtagning af lavbundsjord med ophør af dræning er siden 2014 foregået via tilskudsordningen, Lavbundsordningen, der administreres af Landbrugsstyrelsen. Der er afsat 65 mio. kr. årligt i perioden 2016-2021. Status er, at der pr. juni 2020 er udtaget ca. 2.000 ha kulstofrige landbrugsjorde, og målet er, at der sammenlagt er udtaget 2.500 ha i 2021 ved tilskudsordningens ophør.

I februar 2021 blev der oprettet en ny tilskudsordning, som hedder Klima-lavbund. Ordningen løber frem til 2022, og der er afsat 255,5 mio. kr. til udtagning. Tilskudsordningen kan søges af kommuner, private lodsejere og fonde.

Derudover har Regeringen i 2021-2022 bevilliget 329 mio. kr. til Naturstyrelsen, der kan lave lavbundsprojekter overalt i landet uden at skulle ansøge Landbrugsstyrelsen om tilskud til forundersøgelse og realisering. Det er dermed ikke penge, der indgår i en decideret tilskudsordning, og pengepuljen forvaltes af Naturstyrelsen.

Målet er med den nye Klima-lavbundsordning og bevillingen til Naturstyrelsen at kunne udtage 15.000 ha i 2022.

Det vil sige, at vi med de nuværende ordninger og implementeringstiltag i 2022 gerne skulle have udtaget 17.500 ha.

Økonomi

Omkostningerne forbundet med at tage kulstofholdige jorde ud af omdrift er beskrevet i virkemidlet "Stop omdrift af organogene jorde". Det er vurderet i Pedersen, M. F. (2021), at det for sektoren vil være omkostningsneutralt at indstille omdriften, såfremt der gives et tilskud på 3.000 kr. pr. ha. til ekstensivering af arealet. Der vil være landmænd, hvor dette ikke gælder, men også en stor del, der ikke har en økonomisk værdi over 3.000 pr. ha. om året ved omdrift, og dermed får en gevinst af at udtage arealet.

Virkemidlet her kræver, at vandstanden hæves, hvilket kan gøres ved at sløjfe dræn samt andre foranstaltninger, der kan hæve vandstanden. Det vedrører det omfattede areal, men ofte også omkringliggende arealer. Der kan være tale om egen mineraljord, men også andres arealer. Derfor skal der ved alle arealer, hvor vandet ønskes hævet, arbejdes med en helhedsplan, som vil være forskellig fra areal til areal.

Der er flere forhold, der er af betydning for økonomien i de kulstofrige landbrugsjorde. For at få det komplette billede af landmandens økonomi på disse arealer er det vigtigt at inddrage påvirkning af arealtilskud, jordværdi, harmoniareal, afgræsning samt den direkte indtjening fra afgrøder.

For landmanden har værdisætningen af jorden stor betydning, når jorden skal belånes og handles. Lavbundsjord, som udtages af produktion uden mulighed for at genoptage driften, enten fordi der indgås en aftale herom, arealet kommer under §3, eller det er umuligt pga. vand, kan forventes at falde i værdi. Det har konkret betydning for pant i jorden og skatteforhold, hvilket der skal vurderes konkret på.

Beregninger baseret på tilpassede afgrødekalkuler for landbundsjorde indikerer, at de aktuelle kompensationssatser kun vil kompensere fuldt og helt for tab af indtjening og fald i jordværdi på tørvejorde dyrket med græs og grovfoder med lave udbytter.

Der kan høstes biomasse på lavbundsarealerne efter udtagning, som kan give en alternativ indtjening på arealerne til supplement til compensation. Der er dog for nuværende ikke fundet alternative produktioner med positivt dækningsbidrag.

Der er ikke regnet konkret på den samlede økonomiske konsekvens af at hæve vandstanden i nærværende økonomibeskrivelse, men det må formodes, at der ofte kan søges tilskud med høj dækningsgrad til de anlægsopgaver, der kræves for at hæve vandstanden. Det er dog vigtigt at udføre en specifik vurdering af ændringerne i forbindelse med hævet vandstand og efterfølgende tab af jordværdi.

Referencer

Olesen, J. E., Petersen, S. O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P. & Lassen, J. 2018. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget. Aarhus Universitet. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Rapport nr. 130.

Stop omdrift på organogene jorde

Emissionskilde: Organogene Jorde

Aktivitetsdata: 22 Areal, 23 Areal drænet, 24 Areal i omdrift/afgrøde

Udledning: CO₂, N₂O og CH₄

Sådan virker virkemidlet

Organogene jorde eller tørvejorde er typiske lavbundsarealer med et højt kulstofindhold. Tidligere var vandstanden på disse jorde høj, hvilket begrænsede ilttilførslen og dermed også den mikrobielle nedbrydning af det organiske materiale til CO₂. Dræning og opdyrkning har frigivet store mængder kulstof fra organogene jorde, fordi der er skabt iltrige forhold, hvor mikrobiel omsætning af det organiske materiale kan finde sted. Ved at stoppe omdrift, anlægge flerårige afgrøder og dermed stoppe pløjningen vil ilttilførslen til jorden mindskes, og man vil derfor have en reduceret udledning af klimagasser.

Effektberegning

Teksturoplysninger findes ikke for ret mange JB11 marker, hvorfor der i klimaværktøjet regnes med et arealvægtet gennemsnit af udledninger fra organogene jorde.

På landsplan er marker med JB11 og i omdrift fordelt med 38 pct. med over 12 pct. C og 62 pct. med 6-12 pct. C i overjorden. For permanent græs er fordelingen 54 pct. med over 12 pct. C og 46 pct. med 6-12 pct. C.

I værktøjet bliver emissionerne beregnet efter Tabel 1 (Olesen et al, 2018).

Tabel 21 Effekter af udtagning af organogen jord med ophør af dræning på reduktion af drivhusgasser (ton CO₂e/ha/år). Tabellen er fra Olesen et al. 2018, og tallene ligger til grund for de i klimaværktøjet beregnede effekter af at ophøre med omdrift på JB11

	> 12% OC		6-12% OC	
	Omdrift	Perm. græs	Omdrift	Perm. græs
Mindre CO ₂ fra nedbrydning	42,17	30,80	21,08	15,40
Øget metan	-7,20	-6,80	-7,20	-6,80
Mindre lattergas fra nedbrydning	3,87	2,44	0,00	0,00
Sparet N-gødning	0,78	0,78	0,78	0,78
Sparet ammoniakfordampning	0,01	0,01	0,01	0,01
Reduceret N-udvaskning	0,15	0,10	0,15	0,10
Reduceret brændstofforbrug	0,40	0,40	0,40	0,40
I alt under LULUCF	34,97	24,00	13,88	8,60
I alt under landbrug	4,82	3,34	0,95	0,89
I alt under fossil energi	0,40	0,40	0,40	0,40

Ved brug af dette virkemiddel svarer det i klimaværktøjets terminologi til, at en mark går fra at være i omdrift og drænet til at være ikke i omdrift og drænet.

Beregning

Udledning, hvis marken er i omdrift og drænet:

a) Beregning på CO₂ fra C pr. ha => tons CO₂ = (areal, ha*0,38*42,17) + (areal, ha*0,62*21,083)

b) Beregning på CO₂e fra N₂O(lattergas) pr. ha => tons CO₂e = (areal, ha*0,38*3,87) + (areal, ha*0,62*0)

c) Beregning på CO₂e fra CH₄(metan) pr. ha => tons CO₂e=0

CO₂ (i omdrift og drænet) = a+b+c

Udledning, hvis marken ikke er i omdrift og drænet:

a) Beregning på CO₂ fra C pr. ha => tons CO₂ = (areal, ha*0,54*30,8) + (areal, ha*0,46*15,4)

b) Beregning på CO₂e fra N₂O (lattergas) pr. ha => tons CO₂e = (areal, ha*0,54*2,44) +(areal, ha*0,46*0)

c) Beregning på CO₂e fra CH₄(metan) pr. ha => tons CO₂e=0

CO₂ (ikke i omdrift og drænet) = a+b+c

Udregning af effekt af virkemidlet = CO₂ (i omdrift og drænet) – CO₂ (ikke i omdrift og drænet)

Samspil med andre virkemidler

Virkemidlet vil have den største effekt, hvis det benyttes i samspil med klimavirkemidlet ”hæv vandstanden på organogene jorde”. At hæve vandstanden på de organogene jorde vil yderligere mindske ilttilførslen meget markant med et stort fald i udledningen af klimagasser til følge. Hævede vandstande vil automatisk forhindre ”omdriften”.

Effekt på klimagasser

Ved at stoppe omdriften på de organogene jorde, anlægge flerårige afgrøder og dermed stoppe pløjningen, mindskes nedbrydningen af organisk materiale pga. iltfrie forhold. Udledningen af klimagasser udregnes vha. formlerne ovenfor til:

CO₂-e/ha (i omdrift og drænet) = 30,6

CO₂-e/ha (ikke i omdrift og drænet) = 25,04 tons CO₂-e/ha

Effekt ved implementering af virkemidlet: 5,56 tons CO₂-e/ha

Implementering

Stop af omdrift på JB11 jord kan realiseres ved at erstatte omdriftsafgrøden med flerårige afgrøder. I klimaværktøjet kan effekten af at gå fra omdrift til ikke omdrift opnås i scenarieberegningerne ved at erstatte den nuværende omdriftsafgrøde med en af de flerårige afgrøder, som optræder på listen nedenfor.

Afgrødekode	Afgrødenavn
248	Permanent græs ved vandboring
250	Permanent græs, meget lavt udbytte
251	Permanent græs, lavt udbytte
252	Permanent græs, normalt udbytte
254	Miljøgræs MVJ-tilsagn (0 N), permanent
255	Permanent græs, under 50 pct. kløver/lucerne
256	Permanent græs, over 50 pct. kløver/lucerne
257	Permanent græs uden kløver
259	Permanent græs til fabrik, over 6 tons
271	Rekreative formål
272	Permanent græs til fabrik
274	Permanent lucernegræs over 25 pct. græs, til fabrik
276	Permanent græs og kløvergræs uden norm, under 50 pct. kløver
278	Permanent lucerne og lucernegræs med over 50 pct. lucerne
279	Permanent kløvergræs til fabrik

286	Permanent græs og kløvergræs uden norm, over 50 pct. kløver
287	Græs til udegrise, permanent
305	Permanent græs, uden udbetaling af økologi-tilskud
311	Skovrejsning på tidl. landbrugsjord
313	20-årig udtagning af agerjord med frivillig skovrejsning
314	20-årig udtagning med tilsagn om skovrejsning
318	MVJ ej udtagning, ej landbrugsareal
319	MFO-brak, Udtagning, ej landbrugsareal
321	Miljøtiltag, ej landbrugsarealer
322	Minivådområder, projekttilsagn
326	Permanent græs i MSO, omlagt fra permanent græs
335	MFO-bræmme, permanent græs, forårsslåning
336	MFO-bræmme, permanent græs, sommerslåning
337	MFO-bræmme, permanent græs, miljøtilsagn
361	Ikke støtteberettiget landbrugsareal
401	Asparges
487	Skovlandbrug
488	Hønsegård, permanent græs
489	Havtorn
491	Storfrugtet tranebær
492	Tyttebær
493	Surbær
494	Japankvæde
495	Morbær
496	Medicinplanter, vedplanter
497	Planteskolekulturer, vedplanter, til videresalg
499	Lukket system
504	Solbær, stiklingeopformering
505	Ribs, stiklingeopformering
506	Stikkelsbær, stiklingeopformering
507	Hindbær, stiklingeopformering
508	Andre af slægten Vaccinium
509	Trækvæde
512	Rabarber
514	Solbær
515	Ribs
516	Stikkelsbær
517	Brombær
518	Hindbær
519	Blåbær
520	Surkirsebær uden undervækst af græs
521	Surkirsebær med undervækst af græs
522	Blomme uden undervækst af græs
523	Blomme med undervækst af græs
524	Sødkirsebær uden undervækst af græs
525	Sødkirsebær med undervækst af græs
526	Hyld
527	Hassel
528	Æbler
529	Pærer
530	Vindrue
531	Anden træfrugt
532	Anden buskfrugt
533	Rønnebær
534	Hyben
535	Bærmispel
536	Spisedruer
537	Valnød (almindelig)
538	Kastanje (ægte)

539	Blandet frugt
545	Potteplanter
563	Svampe, champignon
564	Containerplads
570	Humle
576	skovrejsning (statslig) – forbedring af vandmiljø og grundvandsbeskyttelse
577	Skov med biodiversitetsformål
578	Skovrejsning (privat) – forbedring af vandmiljø og grundvandsbeskyttelse
580	Anden skovdrift
581	Skovdrift med fjernelse af ved
582	Pyntegrønt, økologisk jordbrug
583	Juletræer og pyntegrønt
585	Skovrejsning i projektområde, som ikke er omfattet af tilsagn
586	Offentlig skovrejsning
587	Skovrejsning på tidl. landbrugsjord
588	Statslig skovrejsning
589	Bæredygtig skovdrift
590	Bæredygtig skovdrift i Natura 2000-område
591	Lavskov
592	Pil
593	Poppel (0-100 andre træer pr. ha)
594	Ei
596	Elefantgræs
597	Rørgræs
599	Poppel (100-400 andre træer pr. ha)
602	MFO - Pil
603	MFO - Poppel (0-100 andre træer pr. ha)
604	MFO - Ei
605	MFO - Lavskov
606	MFO - Poppel (100-400 andre træer pr. ha)
900	Øvrige afgrøder
903	Lysåbne arealer i skov
905	Anden anvendelse på tilsagnsarealer
907	Naturarealer, økologisk jordbrug
943	Kløvergræs med over 50 pct. kløver, udlæg /efterslæt efter grønkorn o.l. høstet i maj/juni
944	Kløvergræs med over 50 pct. kløver, udlæg/efterslæt efter helsæd høstet senest 1. august
945	Kløvergræs med over 50 pct. kløver, udlæg/efterslæt efter korn o.l.
946	Kløvergræs med over 50 pct. kløver til fabrik, efterslæt efter grønkorn o.l. høstet i maj/juni
960	Græs, udlæg/efterslæt efter grønkorn o.l. høstet i maj/juni
961	Græs, udlæg/efterslæt efter helsæd/tidl. frøgræs eller vinterbyg høstet senest 1. august
962	Græs, udlæg/efterslæt efter korn/sildig frøgræs
963	Kløvergræs med under 50 pct. kløver, udlæg /efterslæt efter grønkorn o.l. høstet i maj/juni
964	Kløvergræs med under 50 pct. kløver, udlæg/efterslæt efter helsæd høstet senest 1. august
965	Kløvergræs med under 50 pct. kløver, udlæg/efterslæt efter korn o.l.
966	Græs/kløvergræs med under 50 pct. kløver til fabrik, efterslæt efter grønkorn o.l. høstet i maj/juni
968	Efterafgrøder, pligtige, husdyr, målrettede
970	Udlæg og efterafgrøder til grøngødning
972	Mellemafgrøder
988	Intern kode: Bræmme, permanent græs, forårsslåning, ikke MFO (kontrollørkode)

989	Intern kode: Bræmme, permanent græs, sommerslåning, ikke MFO (kontrollørkode)
990	Intern kode: Bræmme, permanent græs, miljøtilsagn, ikke MFO (kontrollørkode)
995	Intern kode: Slettet mark
996	Intern kode: Græs i omdrift, aktivitetskrav ikke opfyldt (kontrollørkode)
998	Intern kode: Ukendt afgrøde

Økonomi

Flere forhold har betydning for den økonomiske værdi af landbrugsdrift på kulstofrige landbrugsjorde. For at få det komplette billede af landmandens økonomi på disse arealer er det vigtigt at inddrage både den direkte indtjening fra afgrøder, harmonireal, arealtilskud, arrondering og staldnær græsning. En ændret drift kan være forbundet med en ændring i jordværdi, hvilket ikke er betragtet her. Det antages, at jorden kan tages tilbage i drift, hvis omkostningen til at reducere CO₂e bliver for stor i forhold til omdrift af arealet. Det skyldes, at der ikke ændres i dræningsforhold i dette virkemiddel, og jorden må formodes at kunne tages tilbage i drift. Dette sker ved at sikre sig, at arealet ikke bliver udpeget til §3.

Tab af dækningsbidrag inkl. maskinomkostninger (DBII)

I forhold til de berørte arealer er der estimeret en indtjening for de hyppigst dyrkede salgs- og grovfoderafgrøder ved tilpasning af afgrødekalkuler i Farmtal Online for dyrkningsåret 2022, som det ses i de to nedenstående tabeller. Der er ikke taget højværdiafgrøder med, som i nogle af de store områder med kulstofrige jorde er en betydningsfuld del af arealet. Disse områder har udover afgrøder med høje DBII også ofte investeret i oplagrings- og håndteringsanlæg. Derfor er de udeladt her.

Baseret på afgrødekalkulerne nedenfor er afgrøderne opdelt i to sædskiftetyper: Et korn- og et grovfodersædskifte. Der tages i det efterfølgende udgangspunkt i et kornsædskifte hos en planteavler, der er fodersælger, samt et grovfodersædskifte, hvor landmanden er foderkøber. Der vil være forskellige kombinationer af sædskifter i praksis, men i udgangspunktet er det retvisende for de almindelige driftsformer.

Kornsædskifte

Tablet for DBII for kornafgrøder opdelt efter, om der anvendes husdyrgødning, og om kornet bruges på bedriften eller sælges.

Tablet 22 tager udgangspunkt i DBII på organogene jorder for 2022

Tablet 22 Indtjening for de hyppigst dyrkede salgs- og grovfoderafgrøder ved tilpasning af afgrødekalkuler i Farmtal Online for dyrkningsåret 2022.

Afgrøde	Antal ha i 2019	DB II handelsgødning fodersælger [kr. pr. ha]	DB II husdyrgødning fodersælger [kr. pr. ha]	DB II husdyrgødning foderkøber [kr. pr. ha]
Vårbyg	17.753	486	1.800	2.595
Vårhvede	1.028	-244	825	1.545
Vårhavre	3.060	576	1.885	2.665
Vinterbyg	1.995	527	1.887	2.787
Vinterhvede	15.995	2.906	3.750	4.920
Vinterrug	1.432	1.276	2.710	3.700
Vinterhybridrug	3.485	2.367	3.250	4.420
Vinterraps	4.146	4.686	6.178	6.178

Med udgangspunkt i antal dyrkede ha på landsplan på organogene jorder i afgrøderne ovenfor er der regnet et vægtet gennemsnit af DBII, som uden husdyrgødning er 1.800 kr. og 2.900 kr., hvis der anvendes husdyrgødning, begge med antagelse om, at der er tale om en fodersælger. Det stiger til 3.800 kr. pr ha, hvis der er tale om en fodersælger med husdyrgødning.

Grovfodersædskifte

Nedenstående tabel tager udgangspunkt i DBII på organogene jorder for 2022

Tabel 23 Indtjening for de hyppigst dyrkede salgs- og grovfoderafgrøder ved tilpasning af afgrødekalkuler i Farm-tal Online for dyrkningsåret 2022.

Afgrøde	Antal ha i 2019	DB II husdyrgødning foderkøber [kr. pr. ha]
Vårbyg, helsæd	1.102	2.668
Silomajs	6.823	3.090
Græs med kløver/lucern	15.992	2.382
Græs uden kløvergræs	6.352	3.732

Mælkeproducenter vil hovedsagelig være foderkøbere, som udelukkende anvender egen husdyrgødning. Derfor er der kun regnet på et vægtet gennemsnit på brug af husdyrgødning og som foderkøber, hvilket er 2.835 kr. pr. ha.

Harmoniareal

Omlægning af areal til permanent græs uden N kvote vil have en økonomisk effekt for husdyrproducenter. Den økonomiske konsekvens afhænger af, om der er planteavlere, der vil modtage gyllen, og hvor afstand og pris på gyllen kan variere meget. I husdyrtætte arealer kan der være betaling for transport og udbringning. Ofte vil husdyrproducenter som minimum skulle betale for transport af gylle til modtager. Med 30 tons pr. ha og mellem 5 til 10 km i transport vil det svare til 450-650 kr. pr. ha. Derudover ses det ofte også, at der gives et tilskud til udbringningen. Derfor vurderes det, at værdien på harmoniareal, som tidligere har været estimeret til 725 kr. pr ha., er et fornuftigt leje.

Tilskud

Det er muligt at søge tilskud til ekstensivering af kulstofrige jorde fra 2022. Det kræver, at der tages og fjernes et slæt om året, samt at arealet ikke er omfattet af §3, en N kvote på 0 og ingen afgræsning. Pedersen, M.F. (2021) redegør for omkostningerne på 0-750 kr. pr. ha til bortfjernelse af et slæt, afhængig af arealets udgangspunkt og kvaliteten af græsset set over en længere periode, hvor mængde og kvalitet falder over årene, eftersom der ikke tilføres N. Det er muligt at søge 3.000 kr. i årligt tilskud, hvilket ikke påvirker muligheden for grundbetaling. Dermed kan beløbet ses som en kompensation for ændret DBII samt harmoniareal og andre økonomiske fordele af jord i omdrift.

Samlede omkostninger

I Tabel 24 er vist en økonomisk konsekvens af at stoppe omdriften af jorden under forudsætning af, at jorden dyrkes som beskrevet under tilskudsordningen ovenfor, hvor den nye afgrøde har en negativ værdi, da der fjernes et biomasseslæt, hvor foderkvaliteten er lav. Reduceret tons CO₂e pr. ha er beregnet ud fra stop med omdrift på organogene jorder samt reduktion af kvælstof til 0 på marken.

Tabel 24 økonomisk konsekvens af at stoppe omdriften på JB 11 jorde.

Økonomi baseret på 2022 kalkuler	Kornsædskifte uden husdyrgødning	Kornsædskifte med husdyrgødning	Kornsædskifte med husdyrgødning og foderkøb	Grovfoder-sædskifte med husdyrgødning
Reduceret tons CO ₂ e pr. ha	7,56	7,56	7,56	7,56
Tabt DBII	1.783	2.928	3.812	2.835
Mistet harmoniareal			725	725
Omk. biomasseslæt	375	375	375	375
I alt	2.158	3.303	4.912	3.935
kr. pr. tons CO₂e	285	437	650	520
Muligt tilskud	3.000	3.000	3.000	3.000
kr. pr. ton CO₂e	-111	40	253	124

Såfremt der ikke kan fås tilskud til ekstensivering af kulstofrige jorder, så koster det omkring 300-400 kr. pr. tons CO₂e reduceret for en fodersælger med planteavlssædskifte og 500-650 kr. for en husdyrproducent. Hvis der opnås tilskud, vil en fodersælger blive fuldt kompenseret, hvis der ikke anvendes organisk gødning. Der er en mindre omkostning på 50 kr. pr. tons CO₂e, hvis der anvendes organisk gødning. For husdyrproducenterne, der anvender produkterne selv, er der i ovenstående tabel vist et netto omkostningsniveau på 150-250 kr. pr. tons CO₂e efter tilskud.

Det vil være forskelligt for landmændene, hvor store effekterne er ved at omlægge med tilskud. Ovenstående beregninger er for gode dyrkningssikre arealer, så DBII kan være i overkanten af, hvor stor en effekt markerne kan generere. For en del landmænd vil tilskuddet være omkostningsdækkende. Modsat vil specialafgrøder og arealer, der bruges til staldnær afgræsning, have højere omkostninger end her, hvilket vil gøre den økonomiske omkostning ved tiltaget høj.

Følsomhed

Tabel 25 viser for forskellige niveauer nettoeffekten af at udtage organogene jorder. Det vurderes, at mange landmand vil ligge i intervallet mellem 1.000 kr. og 4.000 kr. pr. ha

Tabel 25 variationen på klima nettoeffekten i DKK af at udtage organogene jorder.

Nettotab pr. ha	Uden tilskud, kr. pr. tons CO₂e reduceret	Med tilskud, kr. pr. tons CO₂e reduceret
500	90	-450
1.000	180	-360
1.500	270	-270
2.000	360	-180
2.500	450	-90
3.000	540	0
3.500	629	90
4.500	809	270
5.000	899	360
6.000	1.079	540

Omlægning til permanent græs med N kvote

Ifølge klimaværktøjet er det også muligt at omlægge omdriftsjord til permanent græs med N kvote.

Tabel 26 Effekten af at omlægge JB 11 arealer fra omdrift til permanent græs med N kvote.

Til permanent græs	Kornsædskifte uden org. N	Kornsædskifte med org. N	Kornsædskifte med org. N og foderkøber	Grovfodersædskifte med org. N
<i>Reduceret tons CO₂e</i>	5,56	5,56	5,56	5,56
<i>DB II i omdrift</i>	1.783	2.928	3.812	2.835
<i>DBII ved permanent græs med N kvote</i>	-731	611	611	611
<i>Omk. kr. pr. tons CO₂e</i>	452	417	576	400

I Tabel 26 ses det, at DBII ved permanent græs med N kvote uden organisk gødning har et negativt DBII, men at omkostningerne pr. CO₂e er på samme niveau som arealer med organisk gødning. Det skyldes, at DBII var lavere i før-situationen. De fleste grupper har et omkostningsniveau på 400 kr. pr. tons CO₂e reduceret udover kornsædskifte med org. N og netto kornsælger, som er på omkring 600 kr.

Referencer

Pedersen, M. F., (2021). *Beregning af indkomsttab og meromkostninger ved eco-schemes*, 42 s., IFRO Udredning Nr. 2020/19

Olesen, J. E., Petersen, S. O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P. & Lassen, J. 2018. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget. Aarhus Universitet. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Rapport nr. 130

Grise

Gyllen afsættes til biogas

Emissionskilde: Husdyrgødning lager

Aktivitetsdata: 4 Staldtype og teknologier, 7 Gyllehåndtering

Udledning: CH₄

Sådan virker virkemidlet

Når gylle leveres til et biogasanlæg, omdannes en del af tørstoffet til metan via bioforgasning. Mange biogasanlæg opgraderer metanen, så det kan sendes ud i naturgasnettet som erstatning for naturgas. Derudover produceres der også el og varme på mange biogasanlæg. Den producerede metangas erstatter dermed de fossile brændstoffer. Den gylle, der kommer retur fra biogasanlægget, indeholder mindre organisk materiale end ubehandlet gylle. Det reducerer emissionen af metan og lattergas, når det bioforgassede gylle efterfølgende opbevares i en gyllebeholder.

Samspil med andre virkemidler

Forsuring af gyllen begrænser mulighederne for at anvende gylle i biogasproduktion. Der kan iblandes en vis mængde svovlholdig biomasse, uden at det påvirker biogasproduktionen negativt, men der vil være behov for svovlrensning af biogassen, hvilket medfører en ekstraomkostning. Hyppig udslusning og gyllekøling reducerer metanudledning i stalden og øger dermed gyllens værdi for biogasanlægget.

Sideeffekter (ikke indregnet)

Bioafgasning kan begrænse lugtemissioner ved håndtering af gylle, idet afgangning reducerer gyllens indhold af ildelugtende organiske komponenter. Lugtgenerne fra nyligt udbragt, afgasset gylle er ca. 25 procent af niveauet for ubehandlet gylle.

Afgasset gylle har en højere udnyttelsesgrad end ubehandlet gylle og giver dermed en reduktion i nitratudvaskningen fra rodzonen ved tilførsel af gyllen til marken.

Effekt på klimagasser

Tabellen viser effekt af bioforgasning på klimaaftrykket, når der er medregnet effekt af fortrængte fossile energikilder [1].

Tablet 27: Effekt af bioforgasning på drivhusgasemissioner. 1) Der er medregnet 20 pct. af effekten til procesenergi. 2) Hyppig udslusning giver størst effekt, når gyllen sendes direkte til biogas.

Reduceret klimaaftryk ved bioforgasning	Kg CO₂e pr. ton grisegylle	Heraf effekt fra fortrængt fossilt brændstof, kg CO₂e	Heraf effekt fra mindre metanemission, kg CO₂e
<i>Effekt/ton afgasset gylle v. alm. udslusning hver 4-6 uge</i>	32	22 ¹⁾	10
<i>Effekt/ton afgasset gylle v. udslusning en gang ugentlig pr. stald</i>	55	24 ¹⁾	31 ²⁾

Effekt pr. gris kan beregnes på basis af gylleproduktion (fra normtal 2020) af grisegylle på 5,69 ton pr. årssø, 0,133 ton pr. smågris og 0,55 ton pr. slagtegris.

Tabel 28: Klimaeffekt ved bioforgasning pr. gris. 1) Effekten er beregnet som reduceret metan emission fra gødningen

Effekt af bioforgasning på grisens klimagasser fra gødningen	Biogas med almindelig udslusning, kg CO ₂ e pr. gris	Biogas med hyppig udslusning, kg CO ₂ e pr. gris
Soens andel fordelt på en fravænningsgris ¹⁾	1,7	5,2
Smågris, 7-31 kg ¹⁾	1,3	4,1
Slagtegris, 31-116,5 kg levende vægt ¹⁾	5,5	17,1

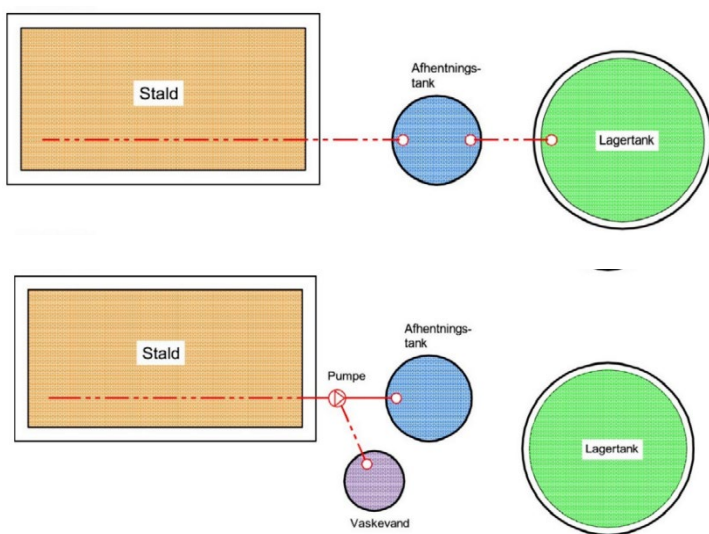
Som vist i tabellen, er der på bedriftsniveau stor effekt af hyppig gylleudslusning, hvis den unge gylle hurtigt leveres til bioforgasning. Der er en række overvejelser om, at effekt af biogassens fortrængning af fossilt brændstof kan indregnes i landbrugets klimaregnskab. Udfordringen er dels, at klimaeffekt af biogasproduktionen i dag medregnes i energisektorens EU-kvoteordning, og dels at biogasselskaberne ofte sælger CO₂e certifikaterne for grøntproduceret energi. I alle tilfælde kan effekten af den producerede biogas ikke medregnes to steder.

Implementering

Bestående bedrifter kan aflevere gyllen til biogas, hvis de kan få en aftale med et biogasselskab og der er en egnet afhentningsbeholder [2]. Ved planlægning af ny grisestald bør man have stort fokus på hyppig udslusning samt størrelse og placering af afhentningstanke. Afhentnings- og lagertankene bør ikke placeres tæt ved staldbygningerne, da dette øger risikoen for kontaminering af indsugningsluften til ventilationsanlæggene, når der kommer returluft ud ved fyldning af tankbilerne. I stedet kan man etablere gennempumpningsbrønde, som man udsluser til, og herfra kontinuert pumper gyllen til afhentningstank samtidig med udslusning. Samtidig bør der etableres en pumpeledning fra gennempumpningsbrønden, så vaskevand kan ledes udenom afhentningstanken, og i stedet pumpes direkte til en lagertank. Størrelsen af afhentningstanken bør minimum svare til rumindholdet af den største kumme i stalden + indholdet af en tankbil og gerne kunne rumme en uges produktion af gylle fra de stalde, den betjener. Tanken bør forsynes med omrører, som kan fjernbetjenes.

Økonomi

Aflevering af gylle til biogas kræver, at hver stald har en afhentningstank med overløbsrør til gylletanken. Hvis vaskevand ønskes separeret fra gyllen, skal der investeres i en pumpe før afhentningstanken til at pumpe vandet til en separat tank.



Figur 1: Aflevering af gylle til biogas kræver, at hver stald har en afhentningstank med overløbsrør til gylletanken. Hvis vaskevand ønskes separeret fra gyllen, skal der investeres i en pumpe før afhentningstanken til at pumpe vandet til en separat tank.

Kilde: Rådgivningsordning for biogassællesanlæg og deres leverandører af gylle om muligheder for at reducere gylles opholdstid i stalde og på lagre 2018-2020

Uden aflevering af gylle ville en grisebedrift ofte bygge en fortank på 20 m³, hvilket ikke er stort nok til at levere til biogas. Optimalt skal der hentes 39 m³ pr. vogntæk til biogasanlæg. Dette forudsættes at være minimumstørrelsen på en fortank ved afgangning. For at beregne investeringsbeløbet sættes hver ekstra m³ over 20 m³ til 630 kr. pr. m³, og udgangspunktet for en fortank på 20 m³ er 110.000 kr. inklusive pumpe.

En 39 m³ fortank koster 121.970 kr. i investering, eller kun 11.970 kr. ekstra i forhold til den, man som minimum skulle have haft. Med 15 års levetid og 4 pct. i rente på fortankinvesteringen er den årlige omkostning 9 pct. af investeringssummen til renter og afskrivninger. Hvis den ugentlige produktion er større end 39 tons gylle, dimensioneres fortanken efter den ugentlige produktion.

Uanset besætningsstørrelse og type øges de årlige omkostninger med ca. 15.000 kr., idet der skal foretages nogle marginale merinvesteringer for at placere fortank hensigtsmæssigt i forhold til logistik og intern smittebeskyttelse. Her er afsat 35.000 kr. til marginale, ekstra gyllerør fra stald til fortank og en merinvestering på 67.500 kr. til grusvej til lastbiler samt 10 pct. i vedligehold pr. år.

Tabel 29 Årlige omkostninger til placering af fortank og logistik i forbindelse med aflevering af gylle til biogasanlæg.

	Investering	Levetid år	Årlige omkostninger, afskrivning, renter & vedligehold
Marginalt ekstra gyllerør (50 meter ekstra, marginalt a 700 kr.)	35.000	25	2.240 kr.
Ekstra, marginal grusvej (150 meter a 450 kr./m)	67.500	15	6.071 kr.
Vedligehold grusvej årligt (10 pct.)			6.750 kr.
I alt årlig meromkostning			15.061 kr.

Økonomien kan vises for søer med salg ved fravæning, salg af søer med smågrise og salg af slagtegrise alene på en lokalitet som i Tabel 30.

Følgende produktionstørrelser skal der til for at producere 39 tons gylle om ugen:

- 317 årssøer ved salg ved fravæning
- 189 årssøer med salg ved ca. 30 kg
- 3700 årligt producerede slagtegrise

En ting er, at den ugentlige produktion er stor nok til, at der laves 39 tons gylle, men hvis der ikke udsluses fra alle gyllekummer ugentligt, er gyllen 4-6 uger gammel. Ved at udsluse ugentligt øges reduktionen i CO₂e ved biogas med faktor 3,1.

Ugentlig udslusning er vurderet til at koste marginalt 4,3 kr. pr. ton gylle, hvis det gøres manuelt. For slagtegrise falder omkostningen fra 793 kr. pr. ton CO₂e til 393 kr. pr. ton CO₂e reduceret ved hyppig udslusning, når gyllen går til biogas.

Tabel 30 Økonomien ved biogas for scenarierne 317 årssøer med salg ved fravæning, 189 årssøer med salg ved ca. 30 kg og 3700 slagtesvin pr. år, uden søer.

Arssøer	317	189	0
Fravænnede grise pr. årssø	33,2	33,2	0

Solgt ved fravæning	100 pct.	0	0
Fravænnede grise årligt	10.524	6275	0
Producerede smågrise årligt ved 3 pct. dødelighed fravænnede	0,0	6.181	0
Slagtegrise produceret årligt	0	0	3.700
Sparet CO ₂ tons ækvivalenter afhentning 4-6 ugers mellemrum	17,9	18,7	20,4
Sparet CO ₂ tons ækvivalenter ugentlig afhentning	54,7	58,0	63,3
Gylle i alt tons	2.032	2.034	2.035
Ugentlig produktion i tons	39,1	39,1	39,1
Interval mellem afhentning, uger	1,0	1,0	1,0
Investeringsbeløb fortank	122.018	122.037	122.055
Marginal investering i fortank	12.018	12.037	12.055
Årlige marginale omkostninger			
Marginal ekstra årlig omkostning fortank	1.081	1.083	1.084
Årlige omkostninger ekstra vej og gyllerør	15.061	15.061	15.061
Årlige omkostninger i alt	16.142	16.144	16.146
Omkostning pr. CO₂ ton ækvivalent fjernet 4-6 uger gammel gylle	902,2	863,2	793,4
Marginal årlig omkostning, ugentlig udslusning via arbejdsløn	8.737	8.744	8.751
Omkostning pr. CO₂ ton ækvivalent fjernet 1 uge gammel gylle	454,6	429,3	393,5

Som følsomhedsbetragtning kan der regnes på større lokaliteter som i Tabel 31.

Tabel 31 Økonomien ved biogas for scenarierne i Tabel 30, men med øget produktionsstørrelse.

Årssøer	1000	800	0
Fravænnede grise pr. årsso	33,2	33,2	0
Solgt ved fravæning	100 pct.	0	0
Fravænnede grise årligt	33200	26560	0
Producerede smågrise årligt ved 3 pct. dødelighed fravænnede	0,0	26.162	0
Slagtegrise produceret årligt	0	0	10.000
Sparet CO ₂ tons ækvivalenter afhentning 4-6 ugers mellemrum	56,4	79,2	55,0
Sparet CO ₂ tons ækvivalenter ugentlig afhentning	172,6	245,4	171,0
Gylle i alt tons	6.410	8.607	5.500
Ugentlig produktion i tons	123,3	165,5	105,8
Interval mellem afhentning, uger	1,0	1,0	1,0
Investeringsbeløb fortank	175.060	201.683	164.035
Marginal investering i fortank	65.060	91.683	54.035
Årlige marginale omkostninger			
Marginal ekstra årlig omkostning fortank	5.852	8.246	4.860
Årlige omkostninger ekstra vej og gyllerør	15.061	15.061	15.061
Årlige omkostninger i alt	20.913	23.308	19.921
Omkostning pr. CO₂ ton ækvivalent fjernet 4-6 uger gammel gylle	370,5	294,4	362,2
Marginal årlig omkostning ugentlig udslusning via arbejdsløn	27.563	37.012	23.650
Omkostning pr. CO₂ ton ækvivalent fjernet 1 uge gammel gylle	280,8	245,8	254,8

Beregningerne er opsummeret i Tabel 32, som viser, at specielt store bedrifter kan komme under 300 kr./ton CO₂ ækvivalent, hvis der leveres frisk gylle – maksimalt 1 uge gammelt.

Tabel 32 Opsummering af omkostninger ved levering til biogas for bedrifter af varierende størrelse.

	Antal årssøer eller slagtegrise	Kr./ ton CO ₂ ækvivalent fjernet	Antal årssøer eller slagtegrise	Kr./ ton CO ₂ ækvivalent fjernet
Årssøer, salg ved fravæning almindelig udslusning	317	902	1000	371
Årssøer, salg ved fravæning hyppig udslusning	317	455	1000	281
Årssøer med smågriseproduktion, alm. udslusning	189	863	800	294
Årssøer med smågriseproduktion, hyppig udslusning	189	429	800	246
Slagtegrise med almindelig gylleudslusning	3.700	793	10.000	362
Slagtegrise med hyppig gylleudslusning	3.700	393	10.000	255

Følsomhed

Hvis anlægget er helt nyt, og der investeres i automatisk gylleudslusning, kan det gøres lidt billigere. Marginalt kan frisk gylle leveres for en ekstra omkostning, som kun udgør 12 pct. af de årligt beregnede meromkostninger ved hyppig udslusning ved manuel arbejdskraft. I Tabel 33 ses forskellige omkostningsniveauer med automatisk udslusning.

Tabel 33 Omkostningsniveau med automatisk udslusning ved varierende produktionsstørrelser.

	Bedriftsstørrelse	Kr. pr. ton CO ₂ e reduceret
Årssøer, salg ved fravæning	317	315
Årssøer, salg ved fravæning	1.000	141
Årssøer med smågriseproduktion	189	297
Årssøer med smågriseproduktion	800	114
Slagtegrise	3.700	272
Slagtegrise	10.000	134

Referencer

[1] AU-notat, 18. august 2020 vedr. myndighedsbetjening datering af klimaeffekter for virkemidler i landbruget bl.a. som følge af nyt kvælstofvirkemiddelkatalog Op-

[2] Rådgivningsordning for biogasfællesanlæg og deres leverandører af gylle om muligheder for at reducere gylles opholdstid i stalde og på lagre 2018 <https://byggeri-teknik.dk/wp-content/uploads/2021/02/Slutrapport-hyppig-udslusning-07.01.21.pdf>

https://pure.au.dk/portal/files/192003968/Opdatering_af_klimatabellen_08072020.pdf

<https://byggeri-teknik.dk/wp-content/uploads/2021/02/Slutrapport-hyppig-udslusning-07.01.21.pdf>

https://static-curis.ku.dk/portal/files/204121155/IFRO_Rapport_271.pdf

Forbedret produktivitet

Emissionskilde: import/export til bedriften

Aktivitetsdata:

Udledning: CO₂

Sådan virker virkemidlet

Forbedret foderudnyttelse, flere fravænnede grise pr. årssø og reduceret dødelighed giver mindre foderforbrug pr. gris og dermed mindre klimaaftryk pr. gris. Da effekten af produktivitet kommer via foderforbruget pr. gris, afhænger effekten målt i nominelle tal af klimaaftrykket på de anvendte fodermidler.

Grisens klimaaftryk bliver reduceret med en god fodereffektivitet. Hvis antal producerede grise holdes konstant, har det også en god effekt på bedriftens klimaaftryk. Hvis det sparede foder anvendes til at producere flere grise, har det ingen effekt på bedriftens klimaaftryk. Hvorvidt øget produktivitet er et relevant virkemiddel for den konkrete bedrift, afhænger af bedriftens aktuelle produktivetsniveau, f.eks. i forhold til landsgennemsnittet. Hvis bedriften allerede ligger i gruppen af top-25 eller top-10 bedrifter, skal det gode arbejde, der allerede udføres, blot fortsættes.

Effektberegning

Sideeffekter

Foder er en ressource, og enhver form for ressourcebesparelse har positive effekter på alle områder som klima, miljø, arealudnyttelse og økonomi. Gødningsmængden pr. gris bliver mindre, hvilket der kan tages højde for i forbindelse med udarbejdelse af gødningsplanen.

Effekt på klimagasser

Foder er en ressource, og enhver form for ressourcebesparelse har en positiv effekt på klimaaftryk, miljø, arealudnyttelse, økonomi mv. For at producere en gris fra fødsel til slagting, anvendes der gennemsnitlig ca. 320 FESv pr. gris, hvoraf sojaskrå udgør ca. 38 kg. Reduceres foderforbruget 10 pct., skal der bruges 3,8 kg mindre sojaskrå pr. gris, svarende til ca. 95.000 tons sojaskrå årligt. Ved et udbytte på 2,5 tons pr. ha kan man reducere dyrkningsarealet med sojabønner med 38.000 ha.

Af nedenstående tabel ses effekten på pattegrisen, smågrisen og slagtesvinet af ændring i produktiviteten. Ændringen afhænger af foderets klimaaftryk. Jo lavere klimaaftryk foderet har, jo mindre effekt er der af at reducere foderforbruget. Tallene i tabellen skal betragtes som vejledende.

Tabel 34 Beregnet på grundlag af landsgennemsnit 2019 [1]

Nøgletal for effektivitetsfremgang i forhold til emission af klimagasser	Fravænnet pattegris (6,5 kg)	Smågris (6,5-31 kg)	Slagtegris (31-116,5 kg) (89 kg slagtevægt)
Effekt: + 2 grise/årssø, kg CO ₂ e/gris	÷ 2,4		
Effekt: ÷ 100 FESo/årssø, kg CO ₂ e/gris	÷ 1,9		
Effekt: ÷ 0,1 FESv/ kg tilvækst, kg CO ₂ e/gris		÷ 3,3	÷ 6,8
Effekt: ÷ 1 pct. point døde smågrise/slagtegrise, kg CO ₂ e/gris		÷ 0,5	÷ 2

Implementering

Høj produktivitet kræver grise med god genetik, en god sundhedsstatus, gode staldforhold, foder, der passer til grisenes behov, bedst mulige pasning samt data, der kan dokumentere produktiviteten.

Økonomi

Variation i effektiviteten er markant mellem bedrifter. Det, der kendetegner bedrifter med høj produktivitet, er grise med god genetik, en høj sundhedsstatus, foderets næringsstofindhold, der er afstemt efter grisenes behov og et nærmiljø, der giver grisene optimale vækstbetingelser. Der er ingen undersøgelser, som viser, at høj produktivitet medfører højere omkostninger. Der er således god overensstemmelse mellem høj produktivitet og økonomisk resultat. I Tabel 35 ses nøgletal for de økonomiske effekter ved forbedret produktivitet.

Tabel 35 nøgletal for de økonomiske effekter ved forbedret produktivitet

	Konventionelle gris, Kr. pr. gris	Økologiske grise, Kr. pr. gris
+/- 2 fravænnede grise pr. årssø	12,00	44
+/- 0,1 FEsv pr. smågris	4,68	5
+/- 0,1 FEsv pr. slagtesvin	14,5	22
+/- 1 pct. døde smågrise	3,44	7
+/- 1 pct. døde slagtesvin	7,67	15

Flere fravænnede grise pr. årssø har især betydning for økonomien på økologiske bedrifter. Det skyldes, at blot 2 flere fravænnede grise øger produktiviteten med 9,5 pct. mod blot 6 pct. i en konventionel bedrift. Produktionsomkostningen for en fravænned gris er dobbelt så stor og fravænningsvægten 14 kg mod 6,6 kg i en konventionel bedrift, hvilket øger salgsværdien yderligere.

De økonomiske effekter er omregnet for konventionel og økologisk produktion, idet det antages, at samme forhold gælder for økologi som for konventionel produktion undtagen for økologiske smågrise, hvor vægtintervallet er meget anderledes end for konventionel produktion.

Det kan ud fra en isoleret betragtning altid betale sig, at en producerende enhed bliver mere effektiv målt på foderudnyttelse.

Tabel 36

Dyrekategori	Effekt	Effekt kg CO ₂ -ækv.	Omkostning pr. ton CO ₂ -ækv. konventionel	Omkostning pr. ton økologi
Pr. fravænned	+ 2 fravænnede grise/årssø	-2,4	-5.000	-18.333
Pr. fravænned	-100 FEsv/årssø	-1,9	-2.489	-5.861
Pr. smågris	-0,1 FEsv/kg tilvækst smågrise	-3,3	-1.418	
Pr. slagtegris	-0,1 FEsv/kg tilvækst slagtegrise	-7,2	-2.014	-3.056
Pr. smågris	-1 pct. døde smågrise	-0,5	-6.880	
Pr. slagtegris	-1 pct. døde slagtegrise	-2	-3.835	-7.500

Da alle producenter ud fra økonomisk rentabilitet i forvejen ofte gør, hvad de kan for at have så gode effektivitetstal som muligt, er ovenstående også en beregning af, hvad avlsselskaber kan bidrage med.

Avlsselskaber bidrager typisk i avlsfremgang med årligt flere fravænnede grise pr. kuld og dermed også flere fravænnede grise pr. årsso. Udover dette skaber avlsfremgang også en årlig forbedring af foderudnyttelsen.

Følsomhed

+/- 10 øre/FEsv påvirker den økonomiske gevinst ved ændret foderudnyttelse for de konventionelle med +/- 5-6 pct. i øget økonomisk værdi pr. enhed. For de økologiske besætninger betyder +/-10 øre/FEsv en ændring på +/- 3-4 pct. i økonomisk værdi pr. enhed.

I forhold til ændret dødelighed vil en noteringsændring på +/- 1 kr./kg ændre de økonomiske værdier for dødelighed med ca. +/- 10 pct. for konventionelle grise og ca. 5 pct. for økologiske grise.

Referencer

[1] Landsgennemsnit for produktivitet, produktionen af grise i 2019

[Landsgennemsnit for produktivitet i produktionen af grise i 2019 \(svineproduktion.dk\)](https://svineproduktion.dk)

Forsuring af gyllen i stalden

Emissionskilde: Stald og lager - svinestalde

Aktivitetsdata: 4: Staldtype og teknologier, 5: opholdstid af gylle i stald, 6: Mængde strøelse, 7: Gylle-håndtering

Udledning: CH₄, NH₃

Sådan virker virkemidlet

Staldforsuring af gyllen med svovlsyre reducerer gyllens tab af ammoniak og metan både inde i stalden samt under lagring af gyllen uden for stalden. Ved korrekt staldforsuring vil N ab lager i gyllen øges med ca. 11 pct. som følge af det lavere ammoniaktab i stalden under opbevaring af gyllen, samt når gyllen udbringes på landbrugsjorden. Virkemidlets effekt er belyst i forskellige afprøvninger af SEGES samt Århus universitet. Effekten forudsætter, at der anvendes tilstrækkelig mængde syre, og at gyllen forsures dagligt. Samtidig indeholder gyllen rigeligt med svovl, så der er ikke behov for at anvende handelsgødning med svovl.

Effektberegning af virkemidlet

Effekten af at forsure gylle i stalden beregnes som 64 pct. reduktion af det indirekte ammoniaktab fra stald og tilsvarende effekt fra lager. Desuden 58 pct. reduktion af metanemissionerne fra stald og en tilsvarende reduktion fra lageret.

Samspil med andre virkemidler

Der kan anvendes op mod 30 pct. separeret, forsuret gylle i biogasanlæg. Hvis metangassen ønskes opgraderet til naturgassettet, skal der ske en svovlrensning af biogassen, hvilket udløser en ekstra omkostning. Efter en bioforgasning vil pH i gylle være relativt høj, og der er således ikke længere en positiv forsuringseffekt på ammoniaktabet i den bioforgassede gylle.

Hvis gyllen dagligt tømmes fra stalden og forsures med svovlsyre, og tørstoffet er separeret fra i en tromleseparatør, så kan der opnås 51 pct. reduceret lugtemission. Efter endt behandling pumpes den separerede gylle retur til gyllekummen i stalden.

Effekt på klimagasser

Staldforsuring af gylle er på Miljøstyrelsens miljøteknologiliste. Virkemidlets effekt er belyst i flere afprøvninger af SEGES samt Aarhus Universitet [1]. Effekten forudsætter, at der anvendes tilstrækkelig mængde syre, og at gyllen forsures dagligt. Der kræves tilsætning af ca. 12 kg koncentreret svovlsyre (H₂SO₄) pr. 1.000 kg grisegylle for at sænke gyllens pH-værdi til ca. 5,5 [2]. Staldforsuret gylle reducerer tabet af ammoniak i stald og lager med 64 pct., mens tabet af metan i stald og lager vurderes reduceret med 60 pct. Der er således en betydelig miljøeffekt på både metan- og ammoniakemissionen. Tabel 1 viser klimaeffekt af staldforsuring. Den viste reduktionseffekt er ikke korrigeret med hensyn til, at forsøringsanlægget bruger strøm til håndtering af gyllen samt evt. klimaaftryk som følge af den anvendte svovlsyre. Effekten er baseret på reduktion af metan og lattergas på 39 kg CO₂e pr. ton grisegylle [3] samt normtal for gylleproduktion på 5,69 tons pr. årssso, 0,133 tons pr. smågris og 0,55 tons pr. slagtegris.

Tabel 37

Effekt af staldforsuring	Med staldforsuring, kg CO₂e pr. gris
Soens andel fordelt på en fravænningsgris	6,5
Smågris, 7-31 kg	5,2

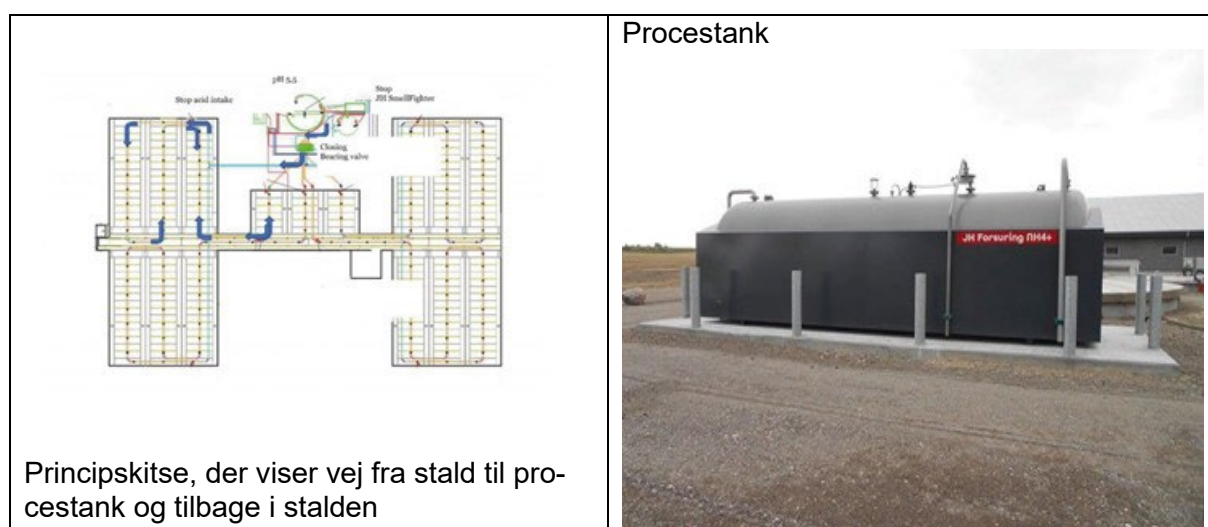
Implementering

Forsuring af gyllen i stalden er kun relevant for nye stalde eller totalrenovering af eksisterende stalde. Virkemidlet må ikke anvendes til økologisk husdyrgødning, da de økologiske regler ikke tillader anvendelse af svovlsyre.

Et forsurationsanlæg virker på den måde, at gyllen sluses ud til en procestank. I procestanken tilsættes der syre afmålt på basis af gyllens pH. Syren kommer fra en syretank på vejeceller, så man kan følge forbruget af syre. Når pH er sænket til det ønskede niveau på 5,5, pumpes noget af gyllen tilbage til gyllekummerne i stalden. Resten pumpes til en lagertank.

Et forsurationsanlæg har en max kapacitet på omkring 10.000 stipladser, hvor alle forhold er helt optimale. Hvis der bruges halm, skal anlægget indeholde en separator, ellers opstår der problemer med at få gyllen ud af stalden.

Anlæg med separator kan aflevere tørstofdelen til biogas, da det må udgøre op til 30 pct. af den totale mængde gylle, som biogasanlægget modtager.



Figur 2

Økonomi

Omkostninger ved gylleforsuring kan opdeles i stykomkostninger pr. ton behandlet gylle af stald og i størrelsesafhængige effekter såsom kapitalomkostninger pr. ton behandlet. Gulvtypeprofil og dyrekategori (søer, smågrise, slagtegrise) er forudsætninger, som afgør besparelsen af kvælstofindkøb, men som ikke har størrelseseffekt.

I beregningen af økonomien i gylleforsuring i stalden kan værdien af svovl fra svovlsyren og gyllens højere indhold af kvælstof indgå. Substitution af svovl kan altså antages på det areal, som gødes med husdyrgødning. Her sat til ca. 35 kr. pr. ha. i sparet svovl. Det giver en besparelse på 1,3 kr. pr. ton gylle ved 27 tons forsuret husdyrgødning pr. ha. At gøde med forsuret gylle har dog den effekt, at jorden risikerer at blive for sur. Forsuringens effekt på kalkningsbehovet i marken er usikkert, men det estimeres, at det øges med ml. 1,0-1,8 kg CaCO₃ pr. liter svovlsyre. Stykomkostningen pr. ton kan sættes til ca. 15 kr. pr. ton behandlet gylle af stald. Det fremgår af Tabel 38 hvor anvendte faktorpriser også fremgår.

Tabel 38. Stykomkostninger, som kan betragtes som generelle pr. ton gylle

	Kr./ton gylle behandlet
Svovl, mark besparelse 35 kr./ha med forsuret gylle ved 27 tons/ha	-1,30
Kalkning mark, for at ophæve forsuret gylle (6,8 l/ha* 1,9 kg kalk/liter svovlsyre a 0,2 kr./kg kalk)	2,58
El-forbrug (3 kWh/tons a 0,834 kr./kWh)	2,50
Syreforbrug (6,8 liter svovlsyre/tons gylle * 1,73 kg/liter svovlsyre a 0,95 kr./kg)	11,2
I alt pr. ton	14,97

I forhold til Normtal 2020 for grisegylle er der regnet med, at NH₃ tabet kan reduceres med 64 pct. og CH₄ tabet med 60 pct. i stald og gyllebeholder ved at bruge gylleforsuring.

Tabel 39. Ammoniakemission pr. stitype ifølge Normtal 2020 pr. enhed. De med fed markerede stityper bruges i de senere beregninger

2020 normtal husdyrgødning	Tons gylle ad la-ger	Tons gylle ab stald	Total N ab dyr	Tan N ab dyr	Tab TAN Stald og la-ger per dyr	Sparet N i kg per gris	Kg N sparet per ton ab stald
2-klima smågrise	0,133	0,121	0,47	0,28	0,03	0,02	0,16
Smågrise drænet gulv	0,133	0,121	0,47	0,28	0,06	0,04	0,32
Slagtegrise drænet gulv	0,56	0,509	2,94	1,92	0,44	0,28	0,55
Slagtegrise 25-50 pct. fast gulv	0,55	0,500	2,94	1,92	0,37	0,24	0,47
Slagtegrise 50-75 pct. fast gulv	0,55	0,500	2,94	1,92	0,29	0,19	0,37
Søer løsgående delvist spaltegulv	4,70	4,273	16,94	12,46	2,26	1,45	0,34
Kassestier med delvist spaltegulv	1,71	1,555	7,26	5,34	0,81	0,52	0,33
Pr. årsso	6,41	5,827	24,2	17,8	3,07	1,96	0,34

Et gylleforsuringsanlæg er forholdsvist dyrt og kræver en del stipladser for at sænke investeringsomkostningerne. Grundprisen er ca. 2,172 mio kr. pr. anlæg etableret, og dertil skal lægges 34 kr. pr. kvm gyllekummeareal i 2021-priser. JH Agro oplyser, at deres anlæg kan håndtere op til 6 ventiler, som hver kan håndtere op til 1.600 kvm/gyllekummeareal, svarende til at 1 anlæg maksimalt kan håndtere op til 9.600 kvadratmeter gyllekummeareal. Ved 0,75 kvm/gyllekummeareal ved drænet gulv slagtegrise giver det altså op til $9.600/0,75 = 12.800$ slagtegrise stipladser.

Omkostninger til service er også afhængig af størrelse. JH-Agro oplyser, at man kan forvente årlige omkostninger til service på forsuringsanlæg på mellem 15.000 og 30.000 kr. afhængig af anlæggets størrelse. Her antages 15.000 kr. for første ventil (anlæg op til 1.600 kvm/gyllekummeareal) og en stigning i service på 15.000 kr./ (9.600-1.600) = 1,875 kr. pr. m² gyllekummeareal over 1.600 kvm.

Økonomien udregnes på nedenfor gængse systemer samt en effekt af størrelsesøkonomi. At etablere gylleforsuring på rene smågriselokaliteter er ikke relevant. Der bruges 4 pct. i kalkulationsrente og 15 års levetid på et gylleforsuringssystem som standard, hvis ikke andet er nævnt.

Økonomi for søer med eller uden smågriseproduktion

Der regnes med 1.500 års søer ved salg ved fravæning på lokaliteten, eller 1000 søer med salg ved 31 kg, samt et anlæg med fuld kapacitetsudnyttelse af gylleforsuringsanlæg svarende til ca. 3.625 søer med smågrise på 1 lokalitet.

Tabel 40. Kalkule søer med eller uden smågriseproduktion

Søer	1.500	1.000	3.625
Fravænnede grise pr. årssø	33,2	33,2	33,2
Solgt ved fravæning	100 pct.	0 pct.	0 pct.
Producerede smågrise årligt ved 3 pct. dødelighed	0,0	32.702	118.545
Gyllekummeareal pr. årssø	1,7	1,7	1,7
Gyllekummereal pr. smågrise stiplads	0,186	0,186	0,186
Producerede smågrise pr. stiplads	6,5	6,5	6,5
Gyllekummerareal totalt kvm	2550	2636	9555
Investeringsbeløb gylleforsuring i 1000 kr.	2.258	2.261	2.497
Gylletons ab stald søer	8741	5827	21124
Gylle tons ab stald smågrise	0	3954	14333
Gylle tons ab stald i alt	8741	9781	35457
Sparet N søer	2947,2	1964,8	7122,4
Sparet N smågriseproduktion	0	628	2276
Sparet N i alt	2947	2593	9398
Sparet CO ₂ udledning i tons/år	323,7	385,9	1398,7
Økonomi			
Stykomkostninger gyllebehandling	-131.114	-146.719	-531.855
Sparet N på mark	22.428	19.730	71.522
Serviceaftale	-16.781	-16.942	-29.915
Årlig afskrivning	-150.566	-150.761	-166.444
Årlig gns. renteomkostning	-52.565	-52.633	-58.108
Årlig økonomi gylleforsuring/år	-328.598	-347.324	-714.800
Omkostning pr. tons CO₂ reduktion	1.015	900	511
Omkostning kr. pr. produceret enhed	6,6	10,6	6,0

Omkostninger pr. produceret enhed, som her enten er solgte fravænnede grise eller 31 kg smågrise, er 6,6 eller 10,6 eller 6 kr./gris ved søer med smågrise og fuld kapacitetsudnyttelse af gylleforsuringsanlæg. Omkostningen pr. reduceret ton CO₂ er på 1015 kr./ton CO₂-ækvivalenter eller 900 kr./ton CO₂-ækvivalenter for salg ved fravæning eller salg ved 31 kg for 1500 søer eller 1000 søer med smågrise. Ved fuld kapacitetsudnyttelse af gylleforsuringsanlægget bliver omkostningen 511 kr./ton CO₂-ækvivalenter reduceret.

Gylleforsuring i soholdet er som klimavirkemiddel altså i den dyre ende.

Slagtegrise

For slagtegrise er der valgt flere forskellige staldstørrelser med drænet gulv.

Tabel 41. Gylleforsuring i slagtegrisestalde med drænet gulv

Slagtegrise stipladser	4.000	8.000	12.000
Gyllekummereal pr. stiplads	0,75	0,75	0,75
Producerede grise pr. stiplads	4	4	4
Gyllekummerareal totalt	3000	6000	9000
Investeringsbeløb gylleforsuring i 1000 kr.	2.274	2.376	2.478
Gylle ton ab stald	8145	16291	24436
Kg N sparet/år	4506	9011	13.517
Sparet CO ₂ udledning i tons/år	344	688	1032
Økonomi stipladser	4.000	8.000	12.000
Stykomkostninger gyllebehandling	-122.182	-244.364	-366.545
Sparet N på mark	34.288	68.575	102.863
Serviceaftale	-17.625	-23.250	-28.875
Årlig afskrivning	-151.586	-158.386	-165.186
Årlig gns. renteomkostning	-52.921	-55.295	-57.669
Årlig økonomi gylleforsuring/år	-310.027	-412.720	-515.413
Omkostning pr. tons CO ₂ reduktion	901,2	599,9	499,4
Omkostning pr. gris	19,38	12,90	10,74

Det fremgår af slagtegrisestabelen, at omkostning pr. gris ligger på ca. 19,4 kr./gris faldende til ca. 10,7 kr./gris ved maksimal størrelsesøkonomi. Omkostning pr. ton CO₂-ækvivalent falder fra ca. 900 til 499 kr./tons. Sidstnævnte ved maksimal udnyttelse af gylleforsuringsanlæggets kapacitet.

Følsomhed

Tabel 42 viser omkostning pr. tons CO₂ reduktion ved slagtegrisestalde med drænet gulv, hvis levetiden på gylleforsuringsanlægget øges til 17,5 år, og hvis levetiden på anlægget er 17,5 år, og der er givet 25 pct. i tilskud til anlæg investeringen.

Tabel 42. Følsomhedstabel for slagtegrisestalde med drænet gulv og med varierende levetid for forsuringsanlægget. Omkostning pr. tons CO₂ reduktion

Stipladser	4.000	8.000	12.000
15 års levetid anlæg, ingen tilskud	901	600	499
17,5 år	839	567	477
25 pct. investeringstilskud, 17,5 års levetid anlæg	706	498	429

Tilskud

Undersøg om der er miljøpulje til svinestalde, hvor der kan søges om tilskud som i viste eksempel med 25 pct. tilskud til anlægsinvestering i et gylleforsuringsanlæg.

Referencer

[1] Potentielle miljøeffekter ved anvendelse af forsuret gylle på landbrugsjord [forsuret gylle.pdf](#)

[2] Test af forsuringshyppighed i svinestalde [file:///C:/Users/fu/Downloads/Meddelelse_1130.pdf](#)

[3] AU-notat, 18. august 2020 vedr. myndighedsbetjening https://pure.au.dk/portal/files/192003968/Opdatering_af_klimatabellen_08072020.pdf

[4] Omkostninger ved virkemidler til reduktion af landbrugets drivhusgasemissioner Opgjort i relation til EU's 2030-målsætning for det ikke-kvotebelagte område https://static-curis.ku.dk/portal/files/204121155/IFRO_Rapport_271.pdf

Gyllekøling

Emissionskilde: Stald og lager - svinestalde

Aktivitetsdata: 4: Staldtype og teknologier, 5: opholdstid af gylle i stald, 6: Mængde strøelse, 7: Gylle-håndtering

Udledning: CH₄, N₂O, NH₃, NO_x

Sådan virker virkemidlet

Gyllekøling er en teknologi, som er udviklet til reduktion af ammoniaktab fra den gylle, der opsamles under spaltegulve. Ammoniaktab udgør en indirekte kilde til lattergas, og reduktion af ammoniaktabet vil derfor reducere indirekte lattergasudledninger. En sænkning af gyllens temperatur vil også hæmme den biologiske omsætning i gyllen, hvilket kan give en reduktion af metanemissionen.

Effektberegning

Samspil med andre virkemidler

Gyllekølingens klimaeffekt afhænger af temperaturen under den efterfølgende lagring. Størst effekt af gyllekøling opnås, hvor det er muligt at kombinere køling med en efterfølgende behandling, hvor specielt biogasbehandling vil være effektiv. Men gyllekøling kombineres ofte med andre virkemidler, da gyllekøling kan betragtes som en form for billig energi. Den mest almindelige kombination med gyllekøling er kemisk luftrensning [1]. Det skyldes, at gyllekøling kan give lugtreduktion på op til 20 pct. [2] [3]. Gyllekøling kan også give øget effekt sammen med hyppig udslusning og skrabe anlæg [1].

Effekt på klimagasser

Køling af grise gylle medfører efterfølgende øget metanemission i gyllebeholderen, som skal medregnes i forhold til den reduktionseffekt, der er opnået inde i stalden. Hvis varmen fra gyllen anvendes til at fortrænge anden fossil varmekilde, øges nettoeffekten. Hvis der køles med 10 W/m², der typisk anvendes i slagtegrisestalde, er der en klimaeffekt på 6,2 kg CO_{2e} pr. ton gylle [4] (her er ikke indregnet CO₂ fra evt. anvendelse af den genvundne varme). Ved en køleeffekt på 25 W/m² vil klimaeffekten være større, men der fremgår ikke noget tal i kilden. [4].

Tabel 43: Klimaeffekten beregnet på grundlag af normtallene for gylle pr. dyr på 5,69 ton pr. årssø, 0,133 ton pr. smågris og 0,55 ton pr. slagtegris fremgår af tabellen

Effekt af gyllekøling	Gyllekøling, kg CO_{2e} pr. gris
Soens andel fordelt på en fravænningsgris	1,0
Smågris, 7-31 kg	0,8
Slagtegris, 31-116,5 kg levende vægt	3,4

Sideeffekter

I mange miljøgodkendelser er der indarbejdet gyllekøling som et middel til at reducere ammoniakfordampningen, og den lavere temperatur i gyllen reducerer også metandannelsen.

Den varme, som gyllekølingen producerer, bør anvendes til opvarmning af stalde mm. Derved fortrænger varme fra gyllekøling en anden varmekilde. Der foreligger ikke nogen beregninger af den eventuelle klimagevinst, der er ved at erstatte anden form for varmekilde, det vil afhænge af, hvilken form for varmekilde der erstattes.

Implementering

Et gyllekøleanlæg kan bedst sammenlignes med et jordvarmeanlæg. Hovedkomponenten i anlægget er en varmepumpe. Eneste forskel imellem jordvarme og gyllekøling er, at sidstnævnte anlæg henter sin varme ved at køle på gyllen i kummerne via nedstøbte køleslanger.



Økonomi

Investeringssummen til gyllekøling med varmepumpe er estimeret efter følgende formel: køling i $w/m^2 \cdot 1.537 +$ gyllekummeareal i $m^2 \cdot 141 + 100.000$, hvilket omregnes til årlige omkostninger ved at forudsætte en årlig omkostning på 6,1 pct. af investeringssummen, da levetiden på gyllekølingsanlægget er lang, dvs. 20 år.

Det årlige strømforbrug til gyllekølingsanlægget beregnes ud fra den årlige køleeffekt divideret med 2,5, hvilket gør, at det årlige kWh-forbrug pr. m^2 gyllekummeareal ved $10 w/m^2$ kan beregnes til: $(10 w/m^2 \cdot 24 \text{ timer} \cdot 365 \text{ dage}) / 2,5 = 35 \text{ kWh}/m^2$. I praksis er der målt 35-40 kWh/ m^2 af SEGES, dvs. en lille tendens til, at der måske skal bruges lidt mere strøm, end selve beregningen ovenfor angiver. Her bruges dog den nøjagtige beregning ud fra oplyst køling.

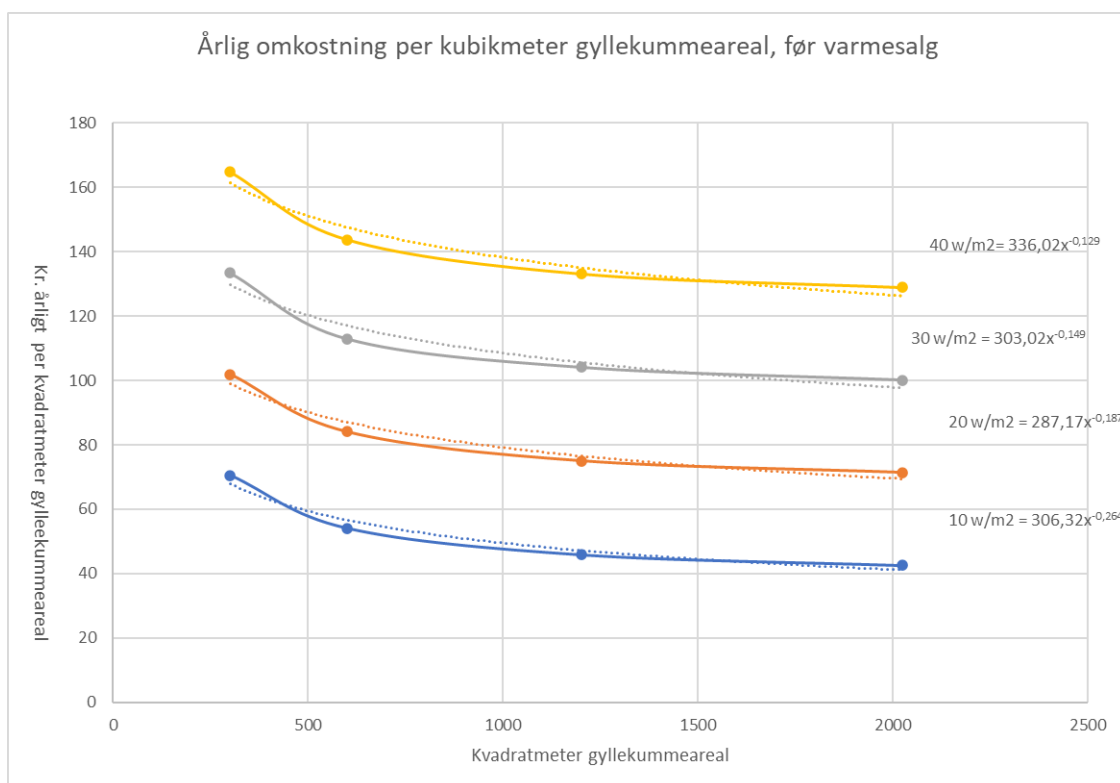
Gevinsten ved gyllekøling er billigere varme end andre varmeformer. Varmeproduktionen pr. m^2 gyllekummeareal er beregnet ud fra, at der produceres 3,5 gange mere varme end den strøm, som bruges til at køle gyllen ned med, hvilket bliver til følgende: $10 w/m^2 \text{ gyllekummeareal} = 35,04 \text{ kWh}/m^2 \cdot 3,5 = 122,64 \text{ kWh}/m^2 \text{ gyllekummeareal}$. I beregningerne her antages en strømpris på 0,834 kr. pr. kWh samt en varmepris ved brug af oliefyr på 0,58 kr. pr. kWh varme, hvilket giver følgende besparelse: $3,5 \cdot 0,58 \text{ kr. pr. kWh opvarmet med oliefyr} - 1 \cdot 0,834 \text{ kWh pr. kWh opvarmet med gyllekøling}$. Det betyder 1,2 kr. pr. kWh i varmebesparelse ved brug af gyllekøling i stedet for opvarmning med oliefyr.

Hvis der køles mere, end varmebehovet er, kan den økonomiske gevinst ved gyllekøling hurtigt gå tabt. Udover varmegevinsten ved gyllekøling er der en lille gevinst i reduceret ammoniakemission, som er fast i pct., men besparelsen i kg vil afhænge af staldtypen. Gyllekølingens effekt på ammoniakfordampning gør, at der kan spares på indkøbt kvælstof i marken. Der regnes her med 7,61 kr. pr. kg kvælstof sparet.

Tabel 44. Effekt på ammoniakemission

Køling i w/m^2	10	20	30	40
Reduktion ammoniakfordampning	8,1 pct.	15,4 pct.	21,9 pct.	27,6 pct.

I Figur 3 er der opgjort en omkostningsfunktion af gyllekøling, som afhænger af gyllekummeareal og kølingseffekt. Der indgår omkostninger til drift af anlægget samt værdi af reduceret ammoniakfordampning, men ikke varmeudnyttelsen.



Figur 3. Omkostningsfunktion for gyllekøling inklusiv sparet N, men før korrektion for "solgt" varme

Omkostningsniveauerne fra figuren ovenfor er omsat til en opslagstabel i Tabel 45.

Tabel 45. Omkostning pr. kvm gyllekummerareal som funktion af køling pr. m² samt størrelsen på anlæggets samlede gyllekummeareal

Køling i	Gyllekummeareal i m ²			
w/m ²	300	600	1200	2400
10	68	57	47	39
20	99	87	76	67
30	130	117	105	95
40	161	147	135	123

I de følgende eksempler er der regnet med årlige omkostninger på mellem 39-123 kr. pr. m² gyllekummeareal (2400 m² gyllekummeareal) afhængigt af, om der køles 10, 20, 30 eller 40 w/m².

Tabel 46. årlige omkostninger afhængigt af, om der køles 10, 20, 30 eller 40 w/m²

w/m ²	Årlig omkostning pr. kvm gyllekummeareal før salg "varme"	Årlig varmeproduktion pr. kvm/gyllekumme (faktor 3,5 på strømforbrug)
10	39	123
20	67	245
30	95	368
40	123	491

Følgende tabeller kan tjene som grundlag for alle driftsgrene og staldtyper for grise.

Tabel 47. Varmebehov for grise

Stitype	m² pr. enhed/stiplads	Forhold produktionsareal/Gyllekummeareal	Omsætningshastighed pr. stiplads	Årlige tons gylle pr. m² gyllekumme	Årligt varmebehov i kWh pr. m² pr. gyllekumme*
<i>Søer fælles løbe-, dr- & farestald</i>	2,84	0,73	1,00	3,09	69,0
<i>Smågrise 1 klima</i>	0,30	1,07	6,50	2,69	407,5
<i>Smågrise 2 klima</i>	0,30	0,44	6,50	6,55	370,5
<i>Slagtegrise drænet gulv</i>	0,65	1,07	4,00	3,16	40,0
<i>Slagtegrise 25-50 pct. fast gulv</i>	0,70	0,70	4,00	4,49	40,4

* I de endelige beregninger er det årlige behov for varme pr. m² gyllekumme ganget igennem med faktor 0,6, for at simulere, at gyllekøling producerer varme, også når der ikke er brug for det.

Normtal for varmebehov pr. enhed er i den endelige beregning forsimplet ved at gange igennem med faktor 0,6. Dette er for at simulere, at gyllekøling nedbringer både ammoniak- og metangasproduktion året rundt og dermed producerer varme. Men det er ikke hele tiden, der er brug for varmetilførsel i stalden. Gyllekøling til smågrisestalde er godt, fordi varmen, der produceres fra gyllekøling, anvendes godt, og det har en negativ omkostning pr. ton CO₂-ækvivalent fjernet. Hvilket kan ses i Tabel 48.

Tabel 48. Omkostning i kr. pr. ton CO₂e reduceret med gyllekøling for forskellige driftsgrene

w/m²	10	20	30	40
<i>Søer fælles løbe-/dr- & farestald</i>	1,998	2,817	3,105	3,247
<i>Smågrise 1 klima</i>	-4,797	-5,628	-2,344	-703
<i>Smågrise 2 klima</i>	-1,973	-1,917	-699	-90
<i>Slagtegrise drænet gulv</i>	3,245	3,400	3,466	3,497
<i>Slagtegrise 25-50 pct. fast gulv</i>	2,273	2,388	2,437	2,460

Gyllekøling er ikke det mest effektive klimavirkemiddel til at reducere CO₂e, men det er økonomisk attraktivt at bruge, så længe varmeproduktionen fra gyllekøling kan bruges i staldene. Med andre ord kan det som klimavirkemiddel nemt blive dyrt, hvis ikke varmen kan bruges.

Al varmetilførsel i danske stalde burde med nuværende viden være baseret på gyllekøling, men varmen fra gyllekølingen behøver ikke være fra den samme stald, hvor varmen fra gyllekølingen skal bruges. Hvad disse beregninger ikke viser, er, at hvis søer og smågrise er på samme lokalitet, så bør der gyllekøles nok gyllekummeareal i soholdet til både at forsyne farestald og klimastalde med varme, mens der ingen gyllekøling skal være i gyllekummearealet i klimastalden.

Referencer

[1] Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget DCA-rapport, nr. 130, 2018
<https://dcapub.au.dk/djfpublikation/index.asp?action=show&id=1273>

[2] Ammoniak- og lugtreduktion ved gyllekøling i slagtesvinestalde
[Ammoniak- og lugtreduktion ved gyllekøling i slagtesvinestalde \(svineproduktion.dk\)](#)

[3] Miljøstyrelsens teknologiliste
[Gå til Teknologilisten \(mst.dk\)](#)

[4] AU-notat, 18. august 2020 vedr. myndighedsbetjening
[Opdatering af klimaeffekter for virkemidler i landbruget bl.a. som følge af nyt kvælstofvirkemiddelkatalog](#)

[5] Omkostninger ved virkemidler til reduktion af landbrugets drivhusgasemissioner Opgjort i relation til EU's 2030-målsætning for det ikke-kvotebelagte område
https://static-curis.ku.dk/portal/files/204121155/IFRO_Rapport_271.pdf

Hyppig udslusning af svinegyllen

Emissionskilde: Husdyrgylle i stald og lager

Aktivitetsdata: 4 Staldtype og teknologier; 5 Opholdstid af gylle i stald; 6 mængde strøelse; 7 Gylle-håndtering

Udledning: CH₄, N₂O, NH₃ og NO_x

Sådan virker virkemidlet

Hyppig udslusning fra stald til gylletank mindsker klimapåvirkningen fra grisestalden. Ved at udsluse gyllen en gang ugentligt i stedet for hver femte til sjette uge reducerer man gyllens afgivelse af metan i stalden. Hvis gyllen leveres til et biogasanlæg, bliver gyllens organiske stoffer omdannet til metan på biogasanlægget, og derfor er det relativt lidt metan, der dannes i den afgassede gylle, som kommer retur fra biogasanlægget.



Figur 4: I forbindelse med etablering af gylleudslusningsanlæg kan der monteres automatisk åbning af ventiler til rørudslusningsanlægget. Daglig udslusning af gyllen kan praktiseres med et linespilsanlæg. Foto: Agrifarm

Effektberegning

Effekten af udslusning minimum en gang om ugen beregnes i værktøjet som en reduktion i metanemissionerne fra stalden på 40 pct. og en reduktion i metanemissionerne fra lageret på tilsvarende 40 pct.

Samspil med andre virkemidler

Effekt på klimagasser

Klimaeffekten er usikkert bestemt, da der ikke er tilstrækkelig viden om fordeling af metantabet i henholdsvis stald og lager. Tabellen viser effekt af hyppig udslusning af gylle [2].

Effekt af hyppig udslusning (én gang pr. uge)	Klimaeffekt¹⁾
Hyppig udslusning af gyllen	9 kg CO ₂ e/ton grisegylle
Hyppig udslusning til biogas	22 kg CO ₂ e/ton grisegylle

1) Klimaeffekt afhænger af gyllens tørstofindhold, tømmeeffektivitet mv.

Effekt pr. gris kan beregnes på basis af gylleproduktion (fra normtal) for grisegylle på 5,69 ton pr. årssø, 0,133 ton pr. smågris og 0,55 ton pr. slagtegris. Den samlede effekt af hyppig udslusning af gylle svinger mellem 6-12 kg CO₂e pr. slagtegris afhængig af, om gyllen leveres til bioforgasning.

Tabel 49: Effekt af hyppig udslusning

	Hyppig udslusning, kg CO ₂ e pr. gris	Hyppig udslusning til biogas, kg CO ₂ e pr. gris
Soens andel fordelt på en fravænningsgris ²⁾	1,5	3,7
Smågris, 7-31 kg ¹⁾		
Slagtegris, 31-116,5 kg levende vægt	5,0	12,1

1) Hyppig udslusning i smågrise-stalde anses ikke for realistisk pga. af små gødningsmængder.

2) Linespilsanlæg i drægtighedsstalden har ca. samme effekt på metan som hyppig udslusning.

Sideeffekter

Hyppig udslusning påvirker kun metanafgivelsen, der er således ingen miljømæssige effekter i form af mindre ammoniakemission. For slagtesvin er hyppig gylleudslusning godkendt på miljøstyrelsens teknologiliste til 20 pct. lugtreduktion.

Implementering

Hyppig udslusning af gyllen kan praktiseres i mange stalde med gyllesystem. Det kræver dog en tilstrækkelig ugentlig gødningsproduktion, før end kummerne kan tømmes. Hyppig udslusning er derfor mest relevant i stalde til slagtegrise. Men der er en ekstra arbejdsomkostning ved at tømme gyllekummerne ugentligt. Praksis med hyppig gylleudslusning skal kunne dokumenteres i forbindelse med et dokumenteret klimaaftryk på griseproduktionen.

I nye stalde bør der installeres et automatisk udslusningssystem for at reducere arbejdsforbrug og dermed sikre et bedre arbejdsmiljø i staldene. Automatisk gylleudslusning kan etableres i traditionelle gyllekummer, hvor gyllen udsluses via ventiler placeret på rørstrengen. Ved levering til biogas [3] bør afhentnings- og lagertankene ikke placeres tæt ved staldbygningerne, da dette øger risikoen for kontaminering af indsugningsluften til ventilationsanlæggene, når der kommer returluft ud ved fyldning af tankbilerne. Der bør etableres en pumpeledning fra gennempumpningsbrønden, så vaskevand kan ledes udenom afhentningstanken, direkte til en lagertank.

Økonomi

I eksisterende stalde er eneste mulighed for hyppig gylleudslusning at trække propperne ugentligt. Det øger arbejdsforbruget til gylleudslusning. Ved normal udslusning af gyllen forventes det, at tidsforbruget er 3 minutter pr. prop. Ved hyppig udslusning er der langt mindre gylle pr. gang og tømmetiden derfor vurderet til 1,5 minut pr. prop ved ugentlig tømning. I nedenstående tabel er det beregnet, at arbejdsomkostningen til udslusning af gyllen øges fra 0,75 kr. til 1,95 kr. pr. gris i et system med 0 pct. fast gulv. Hvis der er fast gulv i stalden, skal der ved normal drift trækkes propper noget oftere, hvilket gør, at meromkostningen ved ugentlig gylleudslusning ikke forøges i samme grad.

Tabel 50. Der er regnet med en dobbeltsti a 30 slagtegrise pr. gylleprop. Jo mere fast gulv, desto oftere skal der pga. gyllestanden i kummen trækkes propper i normalsituationen

pct. fast gulv	Antal gange der skal trækkes propper årligt pr. dobbeltsti	Tidsforbrug, timer årligt, ved 3/1,5 min pr. prop	Udgift ved 180 kr. per time, årligt pr. dobbeltsti	Kr. per gris ved 120 grise pr. dobbeltsti
0	8	0,40	72	0,60
25	10,7	0,53	96	0,80
50	21,3	1,07	192	1,60
Ikke aktuel	52,0	1,30	234	1,95

De fleste slagtegrisestalde er med 0 pct. fast gulv. I disse stalde er omkostningen i kr./tons CO₂ ækvivalent reduceret 270 kr./ton. Beløbet falder til 112 kr./tons, hvis gyllen efter hyppig udslusning også sendes til bioforgasning. Hvis der i forvejen er meget fast gulv, er omkostninger pr. reduceret CO₂ lavere ud fra følgende tabel:

Tabel 51. Meromkostning som funktion af pct. fast gulv

pct. fast gulv	Marginal meromkostning i kr./gris hyppig udslusning	Omkostning i kr. tons CO ₂ reduktion hyppig udslusning	Omkostning i kr. tons CO ₂ reduktion hyppig udslusning + gylle til Biogas
0	1,35	270	111,6
25	1,15	230	95,0
50	0,35	70	28,9

Da gyllen har en større værdi, hvis den sendes direkte til et biogasanlæg, er det muligt at biogasanlægget vil give helt eller delvis kompensation for merudgiften.

I nye stalde, hvor der etableres automatisk gylleudslusning, øges investeringen i stalden med ca. 20 kr./stiplads (foreløbig pris). Levetiden forventes at være som selve stalden. Indtil videre bibeholdes gyllepropper også i disse systemer, hvis nu automatikken skulle svigte. Hyppig gylleudslusning bliver nu en ren ekstra kapitalomkostning, som beløber sig til ca. 1,28 kr./stiplads pr. år, eller ca. 0,3 kr./slagtegris, og fra dette beløb kan der så spares de 0,6-1,95 kr. pr. slagtesvin i normale arbejdsomkostninger.

Medmindre investeringen i automatiseret udslusning stiger til det dobbelte i pris, vil det af ovenstående fremgå, at alle burde investere i det, da systemet er billigere end manuelle gyllepropper i totaldriftsomkostning.

Den endelige pris for automatiseret hyppig udslusning beregnes, når flere investeringspriser er indhentet for dette system.

Referencer

[1] Reduceret lugtemission fra slagtesvinestalde ved hyppig udslusning af gyllen, Meddelelse nr. 899 [Reduceret lugtemission fra slagtesvinestald ved hyppig udslusning af gylle \(svineproduktion.dk\)](#)

[2] AU-notat, 18. august 2020 vedr. myndighedsbetjening: ["Opdatering af klimateffekter for virkemidler i landbruget bl.a. som følge af nyt kvælstofvirkemiddelkatalog"](#)

[3] Rådgivningsordning for biogasfællesanlæg og deres leverandører af gylle <https://byggeri-teknik.dk/wp-content/uploads/2021/02/Slutrapport-hyppig-udslusning-07.01.21.pdf>

Klimaoptimeret foder

Emissionskilde:

Aktivitetsdata:

Udledning:

Sådan virker virkemidlet

Der udledes lattergas ved gødskning af marken, og markernes organiske stof kan nedbrydes til CO₂ ved dyrkning af jorden. Særligt dyrkning af kulstofrige lavbundsjord er en væsentlig kilde til udledning af drivhusgas fra markbruget, fordi denne type jord indeholder meget kulstof. Den største kilde til klimaudslip fra markbruget er frigivelse af lattergas, som har en drivhuseffekt, der er 298 gange kraftigere end CO₂. Efterafgrøder og nedmuldning af halm kan lagre CO₂ i jorden. De negative effekter fra kulstofrige jorde samt de positive effekter fra kulstoflagring er pt. ikke indregnet i foderets klimaeffekt.

Effekt på klimagasser

I Tabel 52 vises eksempler på klimaoptimeret slagtegrise-foder. Klimaeffekt på foderblandinger er baseret på SEGES svineproduktions foderdatabase. Fodermidlernes klimaeffekt i databasen er baseret på GLFI foderdatabase, der har klimaeffekt uden LUC og inkl. DLUC (Direct landuse change). DLUC betyder, at klimabidraget fra fældet regnskov er indregnet i sojaskråens klimabidrag.

Tabel 52 eksempler på klimaoptimeret slagtesvinefoder

Blanding	Standard	10 pct. rapskager	Svinefedt	20 pct. hestebønner 10 pct. solsikke	20 pct. hestebønner 10 pct. rapskager
<i>Korn/min. for blanding</i>	80,5	75,8	80,5	69,3	66,7
<i>Sojaskrå</i>	16,7	13,4	16,7		3,3
<i>Solsikkeskrå</i>	2,0		2,0	10,0	
<i>Rapskager</i>		10,0			10,0
<i>Hestebønner</i>				20,0	20,0
<i>Palmeolie</i>	0,8	0,8			
<i>Fedt</i>			0,8	0,7	
<i>Kg CO₂e pr. FEsv uden LUC</i>	0,47	0,46	0,43	0,41	0,37
<i>Kg CO₂e pr. FEsv inkl. DLUC</i>	1,16	1,03	1,11	0,5	0,58
<i>Relativ pris</i>	100	102	100	99	101
<i>Proteinfoders andel af det samlede foder, Pct.</i>	18,7	23,3	18,7	30,0	33,3

En slagtegris æder i gennemsnit 230 foderenheder i vækstperioden 30-115 kg. En standard foderblanding til slagtegrise er dermed årsag til et klimaaftrek på 108 kg CO₂e uden LUC og 267 kg CO₂e inkl. DLUC. Anvendes der i stedet en blanding, hvor 20 pct. hestebønner erstatter 80 pct. af sojaskråen og der suppleres med 10 pct. rapskrå, så reduceres foderets klimaaftrek til 85 kg CO₂e uden LUC og 133 kg CO₂e inkl. DLUC. Det svarer til, at blandingens CO₂e aftrek falder med 21 pct. uden DLUC og med 50 pct., når DLUC medregnes. Der er således et stort potentiale for at reducere foderets klimaaftrek i fremtiden. Palmeolie har et stort klimabidrag og kan erstattes af f.eks. rapsolie eller fedt. Ved blot at udskifte 0,8 pct. palmeolie, falder foderets klimaaftrek med 8,5 pct.

Samspil med andre virkemidler

Foderets klimabidrag afhænger af alle de tiltag, der gøres ved dyrkningen, som reducerer klimagasser. Det er markens totale klimabidrag, der fordeles på udbyttet af f.eks. korn og halm. Bælgplanter som f.eks. hestebønner [2], der producerer eget kvælstof, har et lavt klimaaftrek sammenlignet med

planter, der får tilført kvælstof. Det skyldes CO₂-udledningen i forbindelse med fremstillingen og transport af kvælstoffet.

Sideeffekter

Klimaoptimeret foder er tæt forbundet med dansk produceret proteinfodermidler, f.eks. hestebønner og raps. Det kan medføre ændret sædskifte samt investering i ny teknik til at håndtere nye fodermidler. Græsprotein er under udvikling og bliver muligvis også relevant i foderblandinger til grise.

Implementering

Ændret fodersammensætning er let og hurtig at implementere, især ved indkøb af færdigfoder. For hjemmeblandere og især, hvis der er tale om egenproduktion af f.eks. hestebønner og raps, kræver det en længere planlægningshorisont, og det skal undersøges, hvilke udfordringer der kan være f.eks. ved høj vandpct. ved dyrkning af hestebønner.

Økonomi

Klimaoptimeret foder er tæt forbundet med danskproducerede proteinfodermidler, f.eks. hestebønner og raps. Det kan medføre ændret sædskifte samt investering i ny teknik til at håndtere nye fodermidler. Klimaoptimerede foderblandinger bliver måske lidt dyrere end standardfoderblandinger. I en klimaoptimeret foderblending er palmeolie måske udskiftet med rapsolie, mens sojaskrå måske er udskiftet med rapskager. For en hjemmeblender er soja måske udskiftet med hestebønner. På sigt kommer græsprotein måske også ind i foderblandinger. Hvilken indflydelse det kan få for foderprisen, er usikkert.

Ud fra 5 års priser på fodermidler er det regnet ud, hvad de klimavenlige blandinger koster både ved DLUC og uden LUC for de forskellige dyregrupper. Omkostningen eller besparelsen (ved negativt fortegn) ved at bruge klimavenligt foder er beregnet pr. ton CO₂-ækvivalenter. Energistyrelsen forventer, at den gennemsnitlige CO₂-kvotepris vil stige nogenlunde jævnt fra 253 kr. pr. ton i 2021 til 332 kr. pr. ton i 2030 i faste 2020-priser. En omkostning på maksimal 332 kr./ton reduceret CO₂-ækvivalenter kan derfor måske betegnes som værende attraktivt, mens klimavenlige blandinger, som sparer producenten penge, bør indføres.

Medmindre der er tale om en skånenorm til smågrise, kan der forudsættes samme effektivitet med de anvendte fodermiddelsammensætninger, samt at de overholder normsættet.

Drægtige søer

Med 800 FEso pr. årssø i drægtighedsblandingsforbrug er omkostningen ved klimavenligt foder enten omkostningsbesparende eller en udgift pr. årssø på 2,8-6,72 kr./årssø.

Med lavere foderpriser ved at anvende rapsskrå og rapsskrå + 10 pct. ærter bør der med samme effektivitet i soholdet bruges disse blandinger. Drægtige søer kan godt fodres klimavenligt og med forbedret økonomi.

Selv med 15 pct. hestebønner bliver omkostningen pr. ton CO₂-ækvivalenter kun mellem 11,7 kr. pr. ton eller 175 kr. pr. ton CO₂-ækvivalenter eksklusiv DLUC, hvilket er et pænt stykke under en CO₂-kvotepris på 253 kr./ton CO₂-ækv. i 2021 ifølge Energistyrelsen.

Tabel 53 Klimavenlige foderblandinger drægtige søer

Økonomi i klimavenlige foderblandinger til drægtige søer	Lands- gen- nemsnit	Raps- skrå	15 pct. hestebøn- ner	Rapsskrå og 10 pct. hestebøn- ner	Rapsskrå og 10 pct. ærter
Foderpris, kr. pr. 100 FEsv	120,85	120,82	121,20	121,69	120,59
Marginal foderomkostning i forhold til standard kr./gris		-0,24	2,80	6,72	-2,08
Ændring CO ₂ kg ækv. pr. enhed inkl. DLUC		-328,0	-240,0	-312,0	-336,0
Ændring CO ₂ kg ækv. pr. enhed ekskl. DLUC		-8,0	-16,0	-16,0	-16,0
Omkostning pr. sparet CO ₂ -ækv. i kr./ton inkl. DLUC		-0,7	11,7	21,5	-6,2
Omkostning pr. sparet CO ₂ -ækv. i kr./ton ekskl. DLUC		-30,0	175,0	420,0	-130,0

Diegivende søer

For diegivende søer og 600 FE_{sodie} pr. årssø fås, at et ton CO₂ reduktion koster mellem 42-1.141 kr./ton inkl. DLUC-effekt. Det er specielt de 2 sidste blandinger, som er bedst med hestebønner eller ærter i fodermiddelvalg. Hvis der ikke regnes DLUC ind i beregningerne, bliver omkostningen pr. ton CO₂- ækvivalent reduktion for diegivende søer så høje (3.120-15.420 kr./ton), at de ikke forekommer relevante. Uden DLUC er 5 pct. fiskemel slet ikke en option, da udledningen af CO₂ øges med 6 kg pr. diegivende årssø.

Tabel 54. Økonomi i klimavenlige foderblandinger til diegivende søer. 600 FE_{sodie} pr. årssø

	Lands- gen- nemsnit	12 pct. rapskager	15 pct. hestebøn- ner, 8 pct. rapskage	10 pct. ærter, 8 pct. raps- kage
Foderpris, kr. pr. 100 FEsv	135,82	138,39	136,86	138,43
Marginal foderomkostning i forhold til standard kr./enhed		15,4	6,2	15,7
Ændring CO ₂ kg ækv. pr. enhed inkl. DLUC		-132,0	-150,0	-228,0
Ændring CO ₂ kg ækv. pr. enhed ekskl. DLUC		-6,0	-12,0	-18,0
Omkostning pr. sparet CO ₂ -ækv. i kr./ton inkl. LUC		117	42	69
Omkostning pr. sparet CO ₂ -ækv. i kr./ton ekskl. LUC		15.420	3.120	5.220

Smågrise

For smågrise 9-15 kg er det kun muligt at regne på positive ændringer i CO₂-ækvivalenter, hvis der indregnes DLUC-effekt.

Omkostningerne ligger her mellem 61-419 kr./ton CO₂-ækvivalenter reduceret, når dette indregnes, og 2 ud af 3 blandinger ligger under CO₂-kvotepriisen i 2021. Uden DLUC-effekt er der forværret CO₂-effekt i 2/3 tilfælde, eller også koster det 5.916 kr./ton CO₂-ækvivalent, hvis kombinationen af 25 pct. hestebønner og 3,3 pct. rapsolie bruges. For smågrise 9-15 kg er det kun relevant at arbejde med fodermidler, hvis DLUC-effekt indregnes.

Tabel 55. Klimavenlige fodermidler smågrise 9-15 kg. FESv/gris sat til 10,26 FESv/gris 9-15 kg

	Lands- gennem- snit	5	5 pct. kartof- felprotein, 25 pct. heste- bønner	25 pct. he- stebønner, 3,3 pct. raps- olie
Foderpris, kr. pr. 100 FESv	154,13		156,44	160,05
Marginal foderomkostning i forhold til standard kr./enhed			0,2	0,6
Ændring CO ₂ kg ækv. pr. enhed inkl. DLUC			-3,9	-3,9
Ændring CO ₂ kg ækv. pr. enhed ekskl. DLUC			0,0	-0,1
Omkostning pr. sparet CO ₂ ækv. i kr./ton inkl. LUC			61	156
Omkostning pr. sparet CO ₂ ækv. i kr./ton ekskl. LUC				5.916

Smågrise 15-30 kg

For smågrise 15-30 kg er skånenormen økonomisk attraktiv, men der kan ikke forudsættes samme effektivitet som ved almindelige smågriseblandinger, derfor kan der ikke konkluderes økonomisk på denne, uden at der også indlægges en omkostning til mindre produktivitet. 25 pct. hestebønner koster 348 kr./ton CO₂-reduktion med DLUC, men 3.250 kr./ton CO₂ uden DLUC. For smågrise 15-30 kg er klimavenligt foder således kun relevant, hvis der regnes med DLUC-effekt.

Tabel 56. Økonomi i klimavenlige fodermidler til smågrise 15-30 kg. FESv/gris sat til 28,3 FESv/gris 15-30 kg

Klimavenlige fodermidler til smågrise 15-30 kg	Landsgennem- snit	25 pct. he- stebønner	Skånenorm
Foderpris, kr. pr. 100 FESv	152,19	161,94	143,13
Marginal foderomkostning i forhold til standard kr./enhed		2,8	-2,6
Ændring CO ₂ kg ækv. pr. enhed inkl. DLUC		-7,9	-1,7
Ændring CO ₂ kg ækv. pr. enhed ekskl. DLUC		-0,8	-0,6
Omkostning pr. sparet CO ₂ -ækv. i kr./ton inkl. DLUC		348	-1.510
Omkostning pr. sparet CO ₂ -ækv. i kr./ton ekskl. DLUC		3.250	-4.530

Slagtegrise

For slagtegrise er 10 pct. solsikkekrå en økonomisk vinder, hvis der regnes med DLUC-effekt. Foderblandingen er samtidig omkostningsreducerende i forhold til en standardblanding med ca. 3,6 kr./gris. Alle øvrige løsninger koster producenten mellem 1,6-8,1 kr./slagtegris i øgede foderomkostninger, men prisen pr. ton CO₂-reduktion ligger mellem 28-228 kr./ton CO₂-reduktion med DLUC-effekt.

Tabel 57. Økonomi klimavenlige slagtegriseblandinger

Økonomi i klimavenlige blandinger	Lands-gennem-snit	Med 10 pct. raps-kager	Med 20 pct. ærter	Med 20 pct. hestebøn-ner	Rapsolie i stedet for pal-meolie
<i>Foderpris, kr. pr. 100 FEsv</i>	127,6	130,2	128,3	131,1	128,5
<i>Foderomkostning pr. gris</i>	293	300	295	302	296
<i>Marginal foderomkostning i forhold til standard kr./enhed</i>		6,1	1,6	8,1	2,1
<i>Ændring CO₂ kg ækv. pr. enhed inkl. DLUC</i>		-29,9	-57,5	-73,6	-9,2
<i>Ændring CO₂ kg ækv. pr. enhed ekskl. DLUC</i>		-2,3	-6,9	-6,9	-9,2
<i>Omkostning pr. sparet CO₂-ækv. i kr./ton inkl. DLUC</i>		203	28	110	228
<i>Omkostning pr. sparet CO₂-ækv. i kr./kg ekskl. DLUC</i>		2.640	230	1.177	228

Uden DLUC-effekt er det kun 20 pct. ærter og rapsolie i stedet for palmeolie, som er attraktive med en omkostning pr. ton CO₂-reduktion på henholdsvis 230 og 228 kr./ton CO₂-ækvivalent reduktion. 10 pct. solsikkekrå er uden DLUC-effekt klimaforværende med en øget CO₂-belastning pr. slagtegris på 4,6 kg/CO₂-ækv.

Følsomhed

Hvis alle fodermidler stiger med 20 pct., vil de beregnede omkostninger pr. ton CO₂-reduktion også ændres med 20 pct.. Kun hvis fodermidlerne ændrer pris indbyrdes, vil der ske ændringer i disse kalkuler udover denne følsomhedsbetragtning.

Referencer

[1] [Fodermiddeltabel \(svineproduktion.dk\)](#)

[2] Rapport over erfaringer med dyrkning af hestebønner
https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/e/f/5/sporgeskema_host_af_hestebonner_b1.pdf

Kvæg

Afgasning af kvæggylle

Emissionskilde: Stald og lager - kvægproduktioner

Aktivitetsdata: 4: Staldtype og teknologier, 5: opholdstid af gylle i stald, 6: Mængde strøelse, 7: Gylle-håndtering

Udledning: CH₄, NH₃

Sådan virker virkemidlet

Ved at få afgasset kvæggylle i et biogasanlæg kan man producere fornybar energi, samtidig med at gødningsvirkningen forbedres, hvilket reducerer behovet for at tilføre kvælstof i form af handelsgødning. Endvidere reduceres emissionerne af metan fra stald og lager, fordi gyllen køres til biogasanlægget, som opsamler og udnytter metanen, frem for at den udledes til atmosfæren fra stalden og gylletanken.

I dag afgasses ca. 20 pct. af husdyrgødningen, og der er derfor stadig et stort nationalt potentiale for fortsat at udbygge biogasproduktionen.

Effektberegning i klimaværktøjet

I værktøjet kan der vælges virkemidlet biogas og få beregnet effekten på metanemissionen i stald og lager og effekten på ammoniakemissionen i lageret.

Data input

Der kan vælges biogas for 10 staldtyper. Der regnes kun på effekten af gylle til biogas.

- Bindestald med riste
- Sengestald med fast gulv
- Sengestald med spaltegulv (kanal, linespil)
- Sengestald med spaltegulv (kanal, bagskyl eller ringkanal)
- Sengestald, fast drænet gulv med skraber og ajleafløb
- Dybstrøelse, lang ædeplads med fast gulv
- Dybstrøelse, lang ædeplads med spalter (kanal, linespil)
- Dybstrøelse, lang ædeplads med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal)
- Dybstrøelse, lang ædeplads, fast drænet gulv med skraber og ajleafløb
- Spaltegulvbokse

For dybstrøelse regnes ingen effekt af biogas, da der pt ikke findes nogle undersøgelser, der viser, hvilken effekt man opnår.

Der kan ikke vælges både biogas og forsuring som virkemiddel. Det skyldes, at biogas anlæg ikke stort set ikke modtager forsuret gylle.

Der kan godt vælges biogas og afgræsning.

Tabel 58: Effekten af biogas på metanemission i stalden

	Faktor MCF	Reference
Gylle		
biogas	-40 pct.	Nielsen et al. 2020

Tabel 59: Effekten af biogas på ammoniakemission i lageret

Virkemiddel	NH ₃ , pct. af TAN ab stald	Reference
	gylle	
Biogas (med flydelag)	+50 pct.	Hansen et al., 2008

Tabel 60: Effekten af biogas på metanemission i lageret

	faktor MCF	Reference
Gylle		
biogas	-40 pct.	Nielsen et al. 2020

Beregning af emission fra stald og lager, når der anvendes biogas

Metanemission stald

1. $NE_CH_4, \text{ kg} = (Vs \text{ gødning} + vs \text{ strøelse}/365) \times 0,67 \times B_0 \times (MCF, \text{ pct.} / 100) \times \text{antal dage i stalden} \times (1 + \text{konstant for teknologi} \times \text{andel af gyllen, der leveres til biogas}/100)$

hvor $(Vs \text{ gødning} + vs \text{ strøelse}/365) \times 0,67 \times B_0 \times (MCF, \text{ pct.} / 100) \times \text{antal dage i stalden}$.

Ammoniak emission lager

2. $NE_NH_3_biogas, \text{ kg} = \text{'kg TAN N gylle ab stald'} \times \text{'NH}_3, \text{ pct. af N'} / 100 \times (1 + \text{'konstant for teknologi'} \times \text{'andel af gyllen, der leveres til biogas'}/100)$

hvor $\text{kg 'TAN N ab stald'} \times \text{'NH}_3, \text{ pct. af TAN N'}/100 = NEH_NH_3_stald \text{ kg/ dyr for staldtyperne pr. dyretype}$.

Metan emission lager

3. $NE_CH_4, \text{ kg} = (Vs \text{ gødning} + vs \text{ strøelse}/365) \times 0,67 \times B_0 \times (MCF, \text{ pct.} / 100) \times (365 - \text{antal dage i stalden}) \times (1 + \text{konstant for teknologi} \times \text{andel af gyllen, der leveres til biogas}/100)$

hvor $(Vs \text{ gødning} + vs \text{ strøelse}/365) \times 0,67 \times B_0 \times (MCF, \text{ pct.} / 100) \times (365 - \text{antal dage i stalden})$.

Samspil med andre virkemidler

De fleste biogasanlæg modtager ikke forsuret gylle. Enkelte anlæg kan acceptere en mindre andel af forsuret gylle (omkring 5 pct.). Forsures gyllen i forbindelse med udbringning, er syreforbruget til afgasset gylle markant højere end forbruget til ubehandlet gylle, og SEGES anbefaler derfor, at man nedfælder den afgassede gylle i stedet for at forsure den.

Effekt på klimagasser

Gylle indeholder organisk materiale, der i stald og på lager omdannes til metan. Ved at få afgasset gylle i et biogasanlæg, bliver metanen i stedet nyttiggjort som brændsel, samtidig med at metan-

emissionen til atmosfæren reduceres. Det kommer til udtryk ved, at metanemissionerne fra stald og lager reduceres.

Tabel 61: Klimaeffekt ved reduktionen af metan-emission fra gylle. Afgasning af gylle bidrager desuden med produktion af fornybar energi. Kilde: Bilag til bestillingen "Redegørelse omkring forventede justeringer i beregning af metan-emission fra husdyrgødning"

	CO ₂ -emission [kg CO ₂ -ækv/ton gylle]		
	Ubehandlet gylle	Afgasset gylle	Besparelse
Kvæggylle	34,3	19,8	14,5

Sideeffekter

- Afgasning kan reducere lugtemissioner ved håndtering af gylle, da ildelugtende organiske stoffer bliver reduceret.
- Biogas er et vigtigt redskab i at opnå mere recirkulering af næringsstoffer i landbruget.
- For økologer kan biogasanlæg også være en kilde til stabil forsyning af næringsstoffer af høj kvalitet. Det vil give mulighed for højere udbytter i den økologiske planteproduktion og dermed give flere mulighed for at kunne lægge om til økologisk drift. Det er dog ikke alle biogasanlæg, der kan levere afgasset gylle, der må anvendes i økologisk produktion.
- Biogas bidrager til produktion af lagerstabil og fornybar energi til fortrængning af fossile brændsler.
- Som kvægproducent kan man få byttet dybstrøelsen til afgasset gylle og få et gødningsprodukt, der er lettere at udnytte samtidig med, at man slipper for arbejdet og omkostninger til flytning og overdækning af dybstrøelseslager.
- Afgasset gylle kan potentielt have en højere udnyttelsesgrad end rågylle og har derfor mulighed for at levere en reduktion i nitratudvaskningen fra rodzonen. Biogasanlæggene anvender dog i stor stil flere tungt-omsættelige råvarer, og der er meget stor forskel på, hvor gode de er til at omsætte de anvendte produkter. I praksis er der derfor stor variation i biogasanlæggenes gødningskvalitet.

Implementering

For at kunne afsætte gylle til biogas skal der være et biogasanlæg i nærheden, og der skal være ledig kapacitet. Det er ikke alle biogasanlæg, der modtager husdyrgødning fra bedrifter med sand i sengebåsene, medmindre der installeres en sandvasker.

Biogasanlæggene tilbyder forskellige leverandøraftaler, der er udviklet med henblik på at imødekomme leverandørernes ønsker og behov. De mest gængse aftaler er:

- **Ton til ton:** Landmanden modtager lige så mange tons afgasset biomasse som tons gylle, han leverer. Denne løsning er logistisk set mest rationel.
- **N til N:** Landmanden modtager lige så mange kg total-N, som han har leveret ifølge normerne. Mængden, han får retur, vil afhænge af, hvor høj Total-N-koncentrationen er i den afgassede biomasse.
- **N til N med P-loft:** Indførelse af fosforreguleringen har medført restriktioner på mængden af fosfor, der må udbringes. Derfor er der nogle steder aftaler, hvor landmanden kun modtager den mængde afgasset biomasse, der kan håndteres indenfor N- og P-loftet.

Tidligere var biogasanlæggene udelukkende baseret på gylle og letomsættelige affaldsprodukter. I dag anvendes også tungtomsættelige produkter som fx halm og dybstrøelse. Denne udvikling har betydet, at landmanden kan forvente at modtage et gødningsprodukt med en lavere 1. årsvirkning og højere eftervirkning end svinegylle. Tidligere var landmanden garanteret et produkt med en høj 1. års virkning. Der er også stor variation i, hvor gode biogasanlæggene er til at omsætte de tungtomsættelige produkter og dermed opnå en forbedret 1. årsvirkning af den afgassede biomasse.

Indførelsen af fosforreguleringen har desuden medført, at landmanden nu skal tage højde for, hvilket N:P-forhold og P-loft, biogasanlægget leverer. Derudover har den samlede leverandørkreds stor

betydning for, hvor store mængder afgasset biomasse landmanden får retur. Det er derfor nødvendigt, at man inddrager sin planteavlskonsulent og får foretaget en konkret vurdering af, hvilke konsekvenser der er ved at levere husdyrgødning og aftage afgasset biomasse fra biogasanlægget.

Derudover skal man som leverandør have etableret de nødvendige tilkørsels- og afhentningsforhold. Landmanden skal desuden være opmærksom på, at de tunge gylletrailere, der bruges til transport af gylle og afgasset biomasse, vil medføre slid på tilkørselsvejene hos landmændene og dermed øge deres vedligeholdelsesomkostninger.

Økonomi

Det er en forudsætning, at det er muligt at levere til et eksternt biogasanlæg uden ejerskab af anlægget, da det er omkostningstungt og krævende at drive eget gårdbiogasanlæg, og da det er et helt andet forretningsområde end mælkeproduktion.

Biogasanlægget henter rågylle og tilbageleverer afgasset gylle, som er en integreret del af deres forretning. Landmanden står selv for leveringsforhold på gården, som består af faciliteter til levering af rågylle, der er afskilt fra afgasset gylle, samt vejforhold, der er egnet til lastbilkørsel. Derfor skal landmanden have en fortank til rågylle, der er stor nok til at håndtere intervallerne mellem afhentning af rågylle. Nogle landmænd vil i forvejen have kapaciteten til håndtering af rågylle, mens andre skal etablere en ny fortank, der har den fornødne kapacitet. Derudover kan der være omkostninger forbundet med at skulle pumpe gylle ud til fortanken oftere end ellers, samt omkostninger med omrøring. Sidstnævnte medtages dog ikke, da det er vurderet, at omrøring ofte ikke giver en forøget omkostning.

Der regnes her på, at landmanden etablerer forhold til levering af biogasgylle udelukkende for malkekøerne, hvilket giver en årlig produktion på 32 tons gylle ifølge normtal 2021. Det er forudsat, at værdien af afgasset gylle og rågylle netto har samme værdi for landmanden. En fordel, som ikke regnes med her, er, at det er billigere at flytte gylle over længere afstande for landmanden, når det leveres til biogas. Dette skyldes et begreb kaldet trekantskørsel, hvor landmanden kun betaler for de ekstra kilometer, gyllen skal flyttes.

Tabel 62 Økonomisk beregning for forskellige besætningsstørrelser

Bedriftsstørrelse, årskøer	150	300	600
<i>CO₂ besparelse</i>			
<i>Årlig produktion, tons gylle</i>	4.847	9.693	19.386
<i>CO₂ besparelse, tons</i>	70	141	281
Investeringssum			
<i>Fortank</i>	100.000	140.000	140.000
<i>Vejforhold</i>	67.500	67.500	67.500
<i>Kalkulationsrente</i>	4 pct.	4 pct.	4 pct.
<i>Levetid</i>	15 år	15 år	15 år
<i>Årlige afskrivninger</i>	11.167	13.833	13.833
<i>Årlige renter</i>	3.898	4.829	4.829
<i>Driftsomk., kr. pr. år</i>	6.750	6.750	6.750
<i>Årlige omkostninger i alt</i>	21.815	25.413	25.413
<i>Omkostning pr. ton CO₂e</i>	310	181	90

Der er forudsat, at en fortank koster mellem 100.000-140.000 kr. inkl. montering, og at etablering af kørselsvej bestående af grus koster 150 kr. pr. m². Der er afsat 150 meter i 3 meters bredde.

Følsomhed

Nedenfor er regnet på, at der ikke er behov for en ny fortank, men kun etablering af vejnet og vedligehold af dette.

Tabel 63 Omkostninger for levering til biogas ved behov for investering i fortank og uden behov for investering i fortank, for forskellige bedriftsstørrelser

Følsomhed, omkostning pr. ton CO₂

<i>Bedriftsstørrelse, årskøer</i>	150	300	600
<i>Udgangspunkt</i>	310	181	90
<i>Ingen etableringsomk.</i>	96	48	24

Omkostningseffektiviteten for biogasvirkemidlet er høj med omkostninger på mellem 100-300 kr. pr. ton CO₂e, såfremt der er behov for at etablere en fortank. Det er væsentligt billigere, hvis etablering af fortank ikke er nødvendig, idet omkostningen da kommer under 100 kr. pr. ton CO₂e. Beregningerne gælder udelukkende for den del, der vedrører landmandens levering til et biogasanlæg og forudsætter derfor, at der er et biogasanlæg, der vil modtage gyllen.

Referencer

Birkmose, T. Markeffekt af kvælstof i husdyrgødning. Landbrugsinfo, 2016 https://www.landbrugsinfo.dk/basis/2/d/9/godskning_vejledning_markeffekt_kvaelstof_i_husdyrgodning

DCA, 2020-04-23 Bilag til redegørelse omkring forventede justeringer i beregning af metanemission fra husdyrgødning Søren O, Petersen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet Steen Gyldenkerne, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet
[Bilag til redegørelse 230420.pdf \(au.dk\)](#)

Hansen et al. 2008. Emissionsfaktorer til beregning af ammoniakemission ved lagring og udbringning af husdyrgødning. DJF Husdyrbrug nr. 84.

Nielsen et al. 2020. Denmark's national inventory report 2020.

Fodring med fedt

Emissionskilde: Husdyrenes fordøjelse

Aktivitetsdata: 1: Antal dyr, 2: Type dyr, 3: Ydelsesniveau og fodersammensætning

Udledning: CH4

Sådan virker virkemidlet

Den største enkeltstående post på klimaaftrykket fra mælkeproduktionen stammer fra metan som følge af omsætningen af foderets kulhydrater i vommen. Fedt i drøvtyggernes foderration nedsætter metanudledningen på flere måder:

- Fedtomsætningen giver ikke basis for metandannelse i vommen.
- Fedt erstatter en del af foderets kulhydrater som energikilde, som derved undgås omsat i vommen.
- Fedt kan påvirke mikroorganismene i vommen, så metandannelsen reduceres.
- Umættede fedtsyrer hydrogeneres og optager dermed hydrogen, så der er mindre substrat til methanogenerne.

Fedt reducerer metan hos både malkekøer, ammekøer og opdræt. Det er ikke helt lige meget, hvilken fedtkilde man bruger, når man ser på det samlede klimaaftryk, da fedtkilden både påvirker mælke-mængden og/eller mælkens indhold af fedt og protein og fedtkilderne også har forskelligt klimaaftryk fra dyrkningsdelen.

Effektberegning af fodring med fedt

Den daglige udledning af metan for en tung race goldko er sat til 304 g CH4/ko/dag, mens det er sat til 207 g CH4/ko/dag for jersey (DMS_NorFor). Effekten af fodring med fedt beregnes ved at tilpasse fedtsyre i g/kg ts, eksempelvis for en malkeko, som er vist i NorFor-ligningen nedenfor. Et øget fedtsyreindhold vil resultere i en lavere metanemission,

$$\text{kg CH4 pr. årsko} = ((1,230 \times \text{Foderoptag, kg ts} - 0,145 \times \text{fedtsyre, g/kg ts} + 0,012 \times \text{NDF g/kg ts}) / 55,65 \times 335) + (0,304 \times 30)$$

hvor første parentes er beregning for en malkende ko og anden parentes er for goldperioden.

Effekt på klimagasser

Effekten af at fodre med fedt i rationen er en reduktion af metan fra omsætningen af kulhydrat i vommen med ca. 3,3 pct., hver gang fedtsyreniveauet øges med 10 g pr. kg tørstof, uafhængig af fedtkilde. Den samlede klimateffekt for hele mælkeproduktionen vil imidlertid afhænge af, hvilken fedtkilde der anvendes. De to primære fedtkilder i dag er fedt fra rapskager og beskyttet fedt. Beskyttede fedtprodukter består af fedtsyrer fra palmefedt, dvs. fedt fra palmeplantager i Malaysia og Indonesien, som dels er forbundet med regnskovsrydning og dels dyrkning på meget kulstofrige jorde.

Sideeffekter

En større andel fedt i rationen kan i nogle tilfælde også bidrage til en øget produktivitet. Den økonomiske gevinst er imidlertid lidt mere uklar, da prisen på fedttilskuddet kan overstige merindtægten fra den øgede mælkeproduktion. En evt. gevinst vil afhænge af prisrelationerne og evnen til at styre fedtniveauet i foderrationen.

Særligt palmefedt kan være dyrket under ikke-bæredygtige produktionsprincipper.

Implementering

Fodring med fedt kan implementeres ved at tilføje fedttilskud til foderrationen. Det kan enten være i form af rapskager, fedttilskud (som fx bergafedt) eller rapsfrø. Hvis der anvendes rapsfrø, så kræver det, at frøet bliver forarbejdet inden udfodring, da hele frø vil give en alt for lav udnyttelse. Behandling af rapsfrø kan enten være i form af skive- eller hammermølle, som ødelægger skallen.

Det økonomisk optimale fedtsyreniveau afhænger af fedtkilden. Samtidig anbefales det normalt, at fedtsyreniveauet ikke overstiger 45 g pr. kg tørstof. Uden fedttilsætning eller fedtholdige fodermidler, er fedtniveauet omkring 20 g fedtsyrer pr. kg tørstof. De første 10-15 g ekstra fedtsyrer pr. kg tørstof kan klares med fedt fra oliekgager (fx rapskager) eller lignende, men de næste 10-15 g bør ske med enten rapsfrø eller palmeprodukter. Den mest klimavenlige og effektive måde at hæve fedtsyreniveauet er ved at anvende rapsfrø, hvor 0,5 kg kan hæve fedtsyreniveauet med 10 g pr. kg tørstof. Typisk skal der anvendes 1 kg rapsfrø pr. ko pr. dag.

Økonomi

I de følgende økonomiske beregninger er der regnet på inkludering af formalet rapsfrø i foderrationen til malkekøer, hvor formalingen sker hos landmanden. Det kræver et egnet anlæg, der kan sikre, at formalingen er grundig nok til, at der ikke er hele frø i det færdige produkt. Det er muligt, at der fremadrettet kan leveres formalet rapsfrø fra grovvareforretningerne som en råvare på samme måde som andre fodermidler. Fordelen vil være, at rapsen udelukkende skal blandes sammen med de andre råvarer. Her er antaget, at landmanden selv skal etablere og drive et anlæg, hvilket indebærer, at der er en bedriftsstørrelseseffekt, da investeringen ikke er proportional med antallet af årskøer.

Der er her udelukkende taget udgangspunkt i malkekøernes foderration og ikke opdrættet.

Klimaeffekt

I disse beregninger er der beregnet en klimaeffekt af både enterisk metan fra fordøjelsen og fodermidlernes effekt baseret på GFLI-tal tillagt transport til forbrugsstedet (Mogensen et al. 2018). Da dette virkemiddel har en effekt på ydelsen pr. ko, er der et par konsekvenser, som er vigtige at være opmærksom på. Højere ydelse er også forbundet med højere foderforbrug, hvilket kan øge fodermidlernes samlede klimaaftryk. Derfor kan det i klimaregnskabet give et forøget bedriftsaftryk at inkludere fedt i foderrationen, især i den økologiske drift, hvor rapsfrø ikke erstatter mættet fedt. Der er i det følgende regnet på et klimaaftryk af al foder og fordøjelse, hvilket er omregnet til aftryk pr. kg EKM. Klimareduktionen er herefter estimeret ved at tage forskellen i klimaaftryk multipliceret med en oprindelig ydelse.

Konventionel

Pris for foderration

Der er forudsat langsigtede priser på fodermidler, som kan ses i Tabel 64. Der er anvendt en pris på 3,1 kr. pr. kg rapsfrø, der er antaget ud fra de seneste 10 års salgspris tillagt en forskel på købs- og salgspriser på 20 øre.

Tabel 64 priser på fodermidler

Fodermiddel	øre pr. kg
Vårbyg	128
Hvede, kg	132
Rapsfrø, kg	310
Rapsskrå	185
Rapskage, kg	185
Sojaskrå, kg	320
Roepiller, kg	150

Mættet fedt, kg	750
Majsensilage	35
Kløvergræsensilage	29
Kolbemajs	32
Mineraler	450

Der tages udgangspunkt i foderplanen præsenteret i Tabel 65

Tabel 65 Eksempel på foderplan

Foderplan	Udgangspunkt	Alternativ
Scenarie	1	1
Beskrivelse	Konv., med tilsat palmefedt	Konv., med formalet rapsfrø
Ydelsesniveau	11.960	12.027
Ydelsesrespons		0,2
Fedtsyre	33	45
Fodermidler		
Vårbyg, kg	3,09	1,76
Hvede, kg	0,00	0,00
Rapsfrø, kg	0,00	1,35
Rapsskrå	1,86	2,07
Rapskage, kg	2,58	1,66
Sojaskrå, kg	0,82	0,83
Roepiller, kg	0,52	1,14
Mættet fedt, kg	0,00	0,00
Palmefedt	0,21	0,00
Majsensilage	9,28	9,32
Kløvergræsensilage	5,15	5,18
Kolbemajs	0,00	0,00
Mineraler	0,30	0,30
Kg TS	23,80	23,59

Baseret på en foderplan med 1,47 kg rapsfrø pr. ko pr. dag og en ydelsesrespons på 0,2 kg EKM pr. dag giver det følgende pris på foderet:

Tabel 66

Fedt g/kg TS - Foderration	Kg EKM	foderration - Pris pr. ko pr. dag
33 g/kg TS uden rapsfrø	11.960	34,16
45 g/kg TS uden rapsfrø	12.027	34,80

Pris for formaling af rapsfrø

I det nedenstående regnes der på omkostninger til formalet raps for 3 besætningsstørrelser. Der regnes med en kalkulationsrente på 4 pct. og en afskrivningsperiode på 15 år. Et anlæg vil ofte kunne etableres for omkring 100.000 kr.

Tabel 67

Pris for formaling af rapsfrø

<i>Forudsætninger</i>			
<i>Kalkulationsrente</i>	4 pct.		
<i>Levetid</i>	15 år		
<i>Strøm</i>	0,834	kr. pr. kWh	
<i>Vedligehold, kr. pr. ton</i>	10	kr. pr. ton	
<i>Arbejds løn</i>	180	kr. pr. time	
<i>Energiforbrug</i>	5,5	kWh pr. ton raps	
<i>Arbejdstid pr. dag</i>	5	min./ dag	
<i>Bedriftsstørrelse, årskøer</i>	150	300	600
<i>Årlig formaling, tons raps</i>	74	148	296
Investeringssum			
<i>Formalingsmølle</i>	80.000	120.000	120.000
<i>Årlige afskrivninger</i>	5.333	8.000	8.000
<i>Årlige renter</i>	1.862	2.793	2.793
<i>Driftsomk., kr. pr. år</i>			
<i>Strøm</i>	339	679	1.358
<i>Service/vedligehold</i>	740	1.480	2.960
<i>Arbejdstid</i>	5.475	5.475	5.475
<i>Årlige omkostninger i alt</i>	13.750	18.427	20.585
Kr. pr. kg formalet raps	0,19	0,12	0,07

Ydelsesrespons

Der er regnet med en respons på 0,2 EKM pr. ko pr. dag, hvilket baserer sig på mælk, der indeholder mindre værdistof pr. kg. Det betyder, at der leveres forholdsvis flere kg mælk ved rapsfrø. I mælkeprisen er der dog nogle dynamikker, der ved lavere proteinindhold reducerer prisen på mælken forholdsvis meget, så ydelsesresponsen i kr. pr. ko pr. dag bliver forholdsvis beskeden, selvom der leveres 2,5 kg mere mælk om dagen, som svarer til ekstra 0,2 EKM pr. dag. Der er ikke indregnet omkostninger til en større mælketank i beregningerne nedenfor, men det skal tages med i en konkret betragtning.

Samlet økonomi

Tabel 68 totale omkostninger for forskellige besætningsstørrelser ved øget fedttilsætning

Bedriftsstørrelse, årskøer	150	300	600
<i>CO₂e-reduktion, tons</i>	72	143	287
<i>Årlig rapsformaling, tons</i>	74	148	296
<i>Ydelsesrespons, kr.</i>	-1.317	-2.634	-5.267
<i>Foderomkostninger, kr.</i>	32.317	64.634	129.268
<i>Formalingsomkostninger, kr.</i>	13.750	18.427	20.585

Omkostninger i alt, kr.	44.750	80.427	144.586
Omkostning, kr. pr. ton CO₂	625	561	505

Omkostningsniveauet er på 500-650 kr. pr. ton CO₂e reduceret, hvilket er baseret på egen formaling af raps og langsigtede priser. Økonomien er meget følsom over for prisændringer i råvarer og ydelsesrespons.

Økologi

Fodermiddel

Tabel 69

Fodermiddel	øre pr. kg
Vårbyg	225
Hvede	240
Rapsfrø	670
Rapskage	550
Sojaskrå	550
Hestebønner	300
Majsensilage	38
Kløvergræsensilage	37
Mineraler	450

Foderplanen er med udgangspunkt i en daglig ydelse på 34,5 EKM, hvilket er højt i et økologisk perspektiv. Men da der ses på forskelle her, er det ikke vurderet til at være problematisk for det endelige resultat.

Tabel 70

Foderplaner	Udgangspunkt	Alternativ
Scenarie	1	1
Beskrivelse	Øko, basis	Øko, med formalet rapsfrø
Ydelsesniveau	11.558	11.960
Ydelsesrespons		1,2
Fedtsyre	25	35
Fodermidler		
Vårbyg, kg	4,50	3,91
Hvede, kg	0,00	0,00
Rapsfrø, kg	0,00	0,62
Rapskage, kg	2,00	2,06
Sojaskrå, kg	0,80	0,62
Hestebønner	1,20	1,24
Majsensilage	4,00	4,12
Kløvergræsensilage	11,00	11,33
Mineraler	0,30	0,30
Kg TS	23,80	24,20

Ydelsesresponsen

Udgangspunktet på 25 g/fedtsyre er forholdsvis lavt i forhold til de konventionelle bedrifter, hvilket også er forbundet med, at der er en større ydelsesrespons. Derfor vil der modsat de konventionelle være en væsentlig indtjening på mælken ved at øge fedtniveauet med 10 g fedtsyre pr. dag.

Formaling

Omkostningerne til formaling er ikke væsensforskellige fra den konventionelle case ovenfor og er derfor udeladt.

Samlet økonomi

I nedenstående tabel er regnet på de totale omkostninger for forskellige besætningsstørrelser.

Tabel 71

Bedriftsstørrelse, årskøer	150	300	600
<i>CO₂e-reduktion, tons</i>	38	76	153
<i>Årlig raps-formaling, tons</i>	34	68	136
<i>Ydelsesrespons, kr.</i>	-152.842	-305.684	-611.367
<i>Foder-omkostninger, kr.</i>	141.660	283.319	566.638
<i>Formalings-omkostninger, kr.</i>	13.166	17.259	18.251
<i>Omkostninger i alt, kr.</i>	1.984	-5.105	-26.478
<i>Omkostning, kr. pr. ton CO₂</i>	52	-67	-174

Da ydelsesresponsen er høj i den økologiske case, er det økonomisk fordelagtigt at fodre med raps. Grunden til, at den mindre bedrift har nogle små omkostninger, er den forholdsvis dyrere formaling.

Referencer

DMS_NorFor, 2022. Foderkontroller. Ikke publiceret

GFLI, 2019. fodermiddeldatabase.

Mogensen et al., 2018. Bæredygtighedsparametre for konventionelle fodermidler til kvæg – metode og tabelværdier. DCA rapport nr. 116.

NorFor.info

Forsuring af gyllen i kvægstalden

Emissionskilde: Stald og lager - kvægproduktioner

Aktivitetsdata: 4: Staldtype og teknologier, 5: opholdstid af gylle i stald, 6: Mængde strøelse, 7: Gylle-håndtering

Udledning: CH₄, N₂O, NH₃,

Sådan virker virkemidlet

Forsuring af gyllen i stalden med svovlsyre reducerer gyllens tab af ammoniak og metan både inde i stalden samt i lageret. Ved korrekt staldforsuring vil kg N ab lager i gyllen øges med ca. 11 pct. som følge af det lavere ammoniaktab i stalden og under opbevaring af gyllen.

Forsuring af gyllen reducerer ammoniakemissionen fra stald og lager med 50 pct. og metanemissionen fra stald og lager med 60 pct. for kvægstalde. Staldforsuring er på Miljøstyrelsens liste over teknologier, som er godkendt til at reducere ammoniaktab.

Effektberegning

Der kan vælges virkemidlet forsuring for 4 staldtyper:

- Sengestald med fast gulv
- Sengestald med spaltegulv (kanal, linespil)
- Sengestald med spaltegulv (kanal, bagskyl eller ringkanal)
- Sengestald, fast drænet gulv med skraber og ajleafløb

Der kan ikke vælges forsuring sammen med biogas, da biogasanlæggene modtager meget begrænsede mængder forsuret gylle.

Der kan ikke vælges forsuring sammen med dybstrøelses staldsystemer samt afgræsning, da dette ikke anvendes i praksis.

Tabel 72: Effekt af virkemiddel på ammoniak i stalden

Virke- middel	NH ₃ , pct. af TAN ab dyr	Reference
	gylle	
Staldfor- suring	-50 pct.	Miljøstyrelsen, besøg 26. nov 2020 - https://mst.dk/erhverv/landbrug/miljoeteknologi-og-bat/teknologilisten/gaa-til-teknologilisten/staldindretning/

Tabel 73: Effekt af virkemiddel på ammoniak på lager

Virke- midler	NH ₃ , pct. af TAN ab stald	Reference
	gylle	
Staldfor- suring	-50 pct.	Miljøstyrelsen, besøg 26. nov 2020 https://mst.dk/erhverv/landbrug/miljoeteknologi-og-bat/teknologilisten/gaa-til-teknologilisten/staldindretning/ For lagret angives 1 pct. som fordampning, hvilket er 50pct. lavere end gylle med flydelag, som står til at have 2 pct. ammoniakfordampning af total-N

Tabel 74: Effekt af virkemiddel på metan i stalden

Virkemiddel	CH4	Reference
Staldforsuring	gylle	
	-60 pct.	Olesen et al., 2018

Tabel 75: Effekt af virkemiddel på metan i lager

	faktor MCF	Reference
Staldforsuring	Gylle	
	-60 pct.	Olesen et al., 2018

Beregning af emission fra stald og lager når der anvendes staldforsuring

1. $NEH_NH3_forsuring, kg' = NEH_NH3_stald' * (1 + \text{konstant for teknologi} * (\text{andel af gyllen der behandles} / 100))$

NEH_NH3_stald kg/ dyr for de fire staldtyper pr. dyretype.

2. $'NES_NH3_forsuring' = 'NEH_NH3_lager * (1 + 'konstant for teknologi' * (\text{andel af gyllen der behandles} / 100))$

NEH_NH3, kg/ dyr - Lager for de fire staldtyper pr. dyretype findes i dokumentet "dokumentation – husdyrgødning_lager_kvæg".

3. $"NE_CH4_forsuring, kg" = NEH_CH4_gylle * (1 + \text{konstant for teknologi} * (\text{andel af gyllen der behandles} / 100))$

NEH_CH4 kg/dyr.

4. $NE_CH4_forsuring, kg = NEH_CH4_lager * ((1 + \text{konstant for teknologi}) * (\text{andel af gyllen der behandles} / 100))$

NEH_CH4_lager kg/dyr.

Samspil med andre virkemidler

Der kan højst anvendes 20 pct. separeret forsuret gylle i biogasanlæg, og det vil udløse ekstraomkostninger til svovlrensning, hvis metanen skal opgraderes til naturgasnettet. Efter en bioforgasning vil pH i gylle igen være høj, og der vil efterfølgende ikke længere være positiv effekt af forsuring på ammoniaktabet under lagring og udbringning af den bioforgassede gylle.

Effekt på klimagasser

Tilsætning af ca. 5,7 kg koncentreret svovlsyre (H₂SO₄) pr. 1.000 kg kvæggylle vil sænke gyllens pH-værdi til ca. 5,5 fra 6-8 (Olesen et al., 2018). Staldforsuret gylle reducerer tabet af ammoniak i stald og lager med 50 pct., mens tabet af metan i stald og lager vurderes reduceret med 60 pct. Der er således en betydelig miljøeffekt på både metan- og ammoniakemissionen.

Sideeffekter

Forsuring af gyllen reducerer ammoniaktabet fra stald og lager, og dermed har gyllen en højere gødningsværdi. Samtidig indeholder gyllen rigeligt med svovl, så der er ikke behov for at anvende handelsgødning med svovl.

En effekt af forsuret gylle er, at det alt andet lige vil øget behovet for kalkning, men det er usikkert, hvor meget. Samlet vurderes det, at kalkforbruget vil udgøre i størrelsesordenen 1,0-1,8 kg CaCO₃ pr. liter svovlsyre.

Det generelle arbejdsmiljø og lugten i stalden vurderes uændret eller forbedret som følge af forsuring af gyllen som følge af mindre ammoniak i luften. Man skal være opmærksom på, at udslip af svovlsyre udgør en fare for mennesker og kan skade såvel maskiner og inventar som natur og miljø. Det er derfor vigtigt, at svovlsyren håndteres forsvarligt, og at risikoen for utilsigtet udslip er minimeret.

Implementering

Forsuring af gyllen i stalden er kun relevant for nye stalde eller totalreovering af eksisterende stalde.

For at opnå den ønskede sænkning af pH til 5,5 er det vigtigt, at der sker en daglig forsuring af gyllen.

Virkemidlet må ikke anvendes til økologisk husdyrgødning, da de økologiske regler ikke tillader anvendelse af svovlsyre.

Et forsuringsanlæg virker på den måde, at gyllen sluses ud dagligt til en procestank. I procestanken tilsættes der syre afmålt på basis af gyllens pH. Syren kommer fra en syretank på vejeceller, så man kan følge forbruget af syre. Når pH er sænket til det ønskede niveau på 5,5, pumpes noget af gyllen tilbage til gyllekummerne i stalden. Resten pumpes til en lagertank.

Økonomi

Omkostninger ved gylleforsuring kan opdeles i stykomkostninger pr. ton behandlet gylle ab stald samt kapacitetsomkostninger, som er afhængige af det samlede antal tons, der behandles i anlægget.

Den afgassede gylle indeholder højere indhold af syre og kvælstof som en konsekvens af processen, hvilket er indregnet med en økonomisk værdi. Substitution af tilført svovlgødning kan altså antages på det udbringningsareal, som gødes med den forsurede husdyrgødning. Værdien af at substituere er forudsat til ca. 22 kr./ha i sparet S. Ved 43 tons forsuret husdyrgødning pr. ha er det en besparelse på 1,13 kr. pr. tons gylle. Gødningen med forsuret gylle har dog den effekt, at jorden risikerer at blive sur. Forsuringens effekt på kalkningsbehovet i marken er usikkert, men det er estimeret, at det øges med mellem 1,0-1,8 kg CaCO₃ pr. liter svovlsyre. Stykomkostningen er estimeret til ca. 6,57 kr. pr. ton behandlet gylle ab stald, hvilket kan ses i Tabel 76 hvor faktorpriser også fremgår.

Tabel 76 Stykomkostninger, som kan betragtes som generelle pr. ton gylle

Stykomkostninger		Kr./ton gylle behandlet
Svovl, mindre indkøb i mark	22 kg pr. ha., 2,2 kr. pr. kg S og 43 tons ha.	-1,13
Ekstra kalkning, mark	145 kg ha. 0,3 kr. kg, 43 tons ha.	1,01
El-forbrug	0,5 kWh a 0,834	0,42
Syreforbrug	5,7 kg a 1,1 kr. kg	6,27
I alt, kr. pr. ton gylle		6,57

Et gylleforsuringsanlæg er omkostningstungt og kræver en del koplader for at sænke investeringsomkostningerne. Grundprisen er ca. 788.000 kr./anlæg + 41 kr. pr. m² staldareal. Man kan forvente årlige

omkostninger til service på forsøringsanlæg på 15.000 kr. samt dagligt tilsyn med anlægget. Der også indregnet en værdi af, at gylle på græsmarker kan udbringes med slæbeslanger i stedet for nedfældning samt en værdi af ekstra tilgængeligt kvælstof på 7 kr. pr. kg N.

Der er beregnet økonomi på gængse systemer, hvor der også er vist en effekt af besætningsstørrelse. Der bruges 4 pct. i kalkulationsrente og 15 års levetid på et gylleforsøringsystem som standard.

Tabel 77 Økonomi for forskellige staldstørrelser

Bedriftsstørrelse, årskøer	300	600
CO ₂ besparelse		
Årlig produktion, tons gylle	9.693	19.386
CO ₂ besparelse, tons	155	310
Investeringssum		
Forsøringsanlæg	886.400	984.800
	0	0
Kalkulationsrente	4 pct.	4 pct.
Levetid	15 år	15 år
Årlige afskrivninger, kr.	59.093	65.653
Årlige renter, kr.	20.630	22.921
Driftsomk., kr.		
Service og drift, kr.	20.475	20.475
Udkørsel gylle, kr.	-9.000	-18.000
Værdi N, kr.	-34.557	-69.113
Stykomk., kr.	63.713	127.425
Årlige omkostninger i alt	120.355	149.361
Omkostning pr. ton CO₂	776	482

Omkostningen pr. reduceret ton CO₂e er på henholdsvis 780 og 480 kr. for en kostald til 300 og 600 årskøer. Udnyttelsen af anlægget er en vigtig parameter i omkostningerne, da forsøringsanlægget kan håndtere en stor mængde gylle, før der skal et ekstra anlæg til.

Følsomhed

Tabel 78. Følsomhedstabel for slagtegrisestalde med drænet gulv. Omkostning pr. ton CO₂ reduktion

Følsomheder, Omkostning pr. ton CO₂e	300	600
Bedriftsstørrelse, årskøer		
15 års levetid anlæg, ingen tilskud	776	482
Ingen værdi af N	999	704
17,5 års levetid	722	452
25 pct. investeringstilskud, 17,5 år levetid	607	388

Tilskud

Undersøg, om der er miljøpulje til kvægstalde, hvor der kan søges om tilskud som i viste eksempel med 25 pct. tilskud til anlægsinvestering i et gylleforsøringsanlæg.

Referencer

Frandsen et al., 2007. Farmtest – Gylleforsuring infarm A/S.

Jensen et al., 2018. Potentielle miljøeffekter ved anvendelse af forsuret gylle

Miljøstyrelsen, - <https://mst.dk/erhverv/landbrug/miljoeteknologi-og-bat/teknologilisten/gaa-til-teknologilisten/staldindretning/>. Besøgt 26. nov 2020

Olesen et al., 2018. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget

Fjerkræ

Varmeveksler til slagtekyllinger

Emissionskilde: NH₃ fordampning fra stalden og lager, samt CO₂ fra energiforbruget til opvarmning af stalden

Aktivitetsdata: 4 Staldtype og teknologier, 5 Opholdstid af gylle i stald, 7 Gyllehåndtering og 34 Forbrug af kWh

Udledning: NH₃, N₂O og CO₂

Sådan virker virkemidlet

En varmeveksler overfører varmeenergien fra varm afgangsluft til kold udeluft, hvorefter den opvarmede udeluft føres ind under kippen i stalden. Dermed reducerer varmeveksleren behovet for ekstern opvarmning af stalden, og dette mindsker energiforbruget til opvarmning af stalden.

Hvis varmeveksleren er udstyret med støvfiltere, som reducerer indholdet af ammoniak i afgangsluft fra stalden, kan varmeveksleren resultere i en reduktion i ammoniakfordampningen fra kyllingestalden.

Endvidere er det muligt at varmeveksleren indirekte reducerer ammoniakemissionen fra stalden fordi varmeveksleren sikrer at strøelsen holdes tør og dermed hæmmer bakteriel produktion af ammoniak i kyllingernes gødning. Herved øges gødningens N-indhold.

Varmeforbruget i en slagtekyllingestald er ofte højt. Det skyldes, at kyllingerne ved ankomst fra rugeriet skal have en opstartstemperatur omkring 33 grader. Behovet for energi til opvarmning stiger med faldende udendørs temperatur. Varmekilden til opvarmning er i nogle tilfælde olie og ellers halm.

NH₃ fordampningen fra slagtekyllingestalde kan være høj, især hvis strøelsen er fugtig.

Effekt på klimagasser

Det er påvist at en varmeveksler reducerer varmforsbruget med 50% og begrænser NH₃ emissionen med 28 pct. eller 1,16 g/kylling.

Klimaeffekten af at anvende varmeveksler afhænger af hvilken primær varmekilde der anvendes i stalden. Effekten er størst, hvis der den primære varmekilde er olie.

Ved produktion af 8 hold af 39000 kyllinger forventes en besparelse på 78.546 CO₂e (0,25 kg CO₂e per produceret kylling) som følge af sparet energi til opvarmning med olie som opvarmningskilde.

Sideeffekter (ikke indregnet)

Når gødningens indhold af N øges, vil der være en lidt højere NH₃ og N₂O fordampning fra lageret.

For at opnå den ønskede spredning af den varme luft i stalden skal der installeres cirkulationsventilatorer for intern luftopblanding i staldrummet.

Der kan forekomme øget vandforbrug i forbindelse med rengøring af varmeveksleren. Endvidere bør der forventes øget tidsforbrug til vask og desinfektion af varmeveksleren efter hvert hold kyllinger.

Implementering

Varmeveksleren er på miljøteknologilisten både til konventionelle og økologiske slagtekyllinger. Man kommer i gang med at anvende denne teknologi ved at kontakte rådgivere der kan kortlægge behovet for varmeveksling ud fra størrelsen af den eksisterende stald samt staldens ventilations- og opvarmningssystem, og antal og type af kyllinger der skal produceres i stalden.

Økonomi

For at installere en varmeveksler skal der støbes sokkel, etableres forsyning og indkøbes en varmeveksler. Den samlede pris er ca. 500.000 kr. per stald.

Referencer

Clausen T., Vinstrup P., Provstgaard og Petersen J.S. (2013). Klimavenlige tiltag i slagtekyllingeproduktion og den økologiske konsumægsproduktion. Udgivet af Videncentret for Landbrug (SEGES) 55 pp.

Bruun, T. Vera Verification Statement: Agro Clima unit (ACU) Clima+ 200, type 2.5. The whole document can be found on: www.vera-verification.eu

Fast overdækning af gylletank med fjerkrægødning

Emissionskilde: NH₃ fordampning fra gylle

Aktivitetsdata: 4 Staldtype og teknologier, 5 Opholdstid af gylle i stald, 6 Mængde strøelse og 7 Gylle-håndtering

Udledning: NH₃

Sådan virker virkemidlet

I stalde med æglæggende høner er det muligt fjerne gødningen fra stalden, opblande den med vand og lagre den som gylle i en gylletank. Såfremt gylletanken forsynes med teltoverdækning eller betonlåg reduceres ammoniaktabet fra to til en procent af tilført total-N.

Effektberegning

Der regnes med at fordampning af NH₃ fra gyllen reduceres fra 2 til 1 pct. svarende til en halvering, når der anvendes fast låg på eller overdækning af gylletanken.

Sideeffekter (ikke medregnet)

Når NH₃ fordampningen begrænses, får gyllen et højere N-indhold, og det påvirker emissionen, når den anvendes i marken eller i biogasanlæg. Denne effekt medregnes ikke i Landbrugets klimaværktøj.

Implementering

Overdækning af gylletank er på 2018 miljøteknologilisten for Skrabe- Økologiske eller Fritgående høner.

Økonomi

Udgiften til fast overdækning af gylletank afhænger af om der anvendes teltdugs- eller betonoverdækning.

Referencer

Kai, P. Hansen, J.M., Nørremark, M., Melander, B., Jensen, P.K., Sørensen, J. N., Ottesen, C., Pedersen, H.L., Petersen, K.K. og Bødskov, L.B. 2018. Faglig redegørelse og teknologiliste 2018 til brug i forbindelse med ordningen vedrørende tilskud til investeringer i nye teknologer. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet. 101 pp.

Bedre foderudnyttelse og reduceret foder klimaaftryk hos fjerkræ

Emissionskilde: Klimaaftrykket opgives som Global Warming Potential med LUC (Land use change) eller uden LUC og enheden er kg CO_{2e} per kg foder.

Aktivitetsdata: 3 Fodermidler/foderration, 3 Mængde

Udledning: CO_{2e}

Sådan virker virkemidlet

I slagtekyllinge-, opdræts- og ægproduktion er foderet den faktor, som har størst betydning for produktionens klimaaftryk. For at reducere klimaaftrykket skal foderudnyttelsen optimeres, så forbruget af foder per kg kylling eller kg æg bliver så lavt som muligt samtidig med, at der anvendes foderblandinger med et lavt klimaaftryk.

I praksis opgøres foderudnyttelsen som kg foder per kg kylling, kg æg eller per hønnike. Tiltag som forbedrer foderudnyttelsen er: optimering af dyrenes tilvækst eller ægydelse, begrænsning af foder-spild fra foderanlægget, minimering af næringsstoffabet via gødningen. Derudover har det afgørende betydning, at foderblandingen næringsstofindhold optimeres og tilpasses, så det præcist opfylder dyrenes behov i alle dele af produktionsperioden.

Foderets klimaaftryk kan reduceres ved at anvende råvarer med lavere klimaaftryk. Et eksempel kan være ved at erstatte importeret soya med lokalt dyrkede ærter, eller raps mv. Derudover kan der f.eks. tilsættes enzymer og phytobiotika som styrker dyrenes mulighed for at udnytte foderets næringsstoffer (energi og protein).

Effektberegning

Foderets klimaaftryk beregnes ud fra klimaaftrykket fra de enkelte råvarer og ingredienser i blandingen samt for transport og fremstillingsproces. Der findes en international oversigt over klimaaftrykket for en lang række råvarer i GFLI-databasen (Global Feed Life Cycle Analysis Institute). Klimaaftrykket opgives som Global Warming Potential med LUC (Land use change) eller uden LUC og enheden er kg CO_{2e} per kg foder.

Effekt på klimagasser

Via management optimering kan kyllingernes foderudnyttelse forbedres med 2 pct. hos den dårligste tredjedel af producenterne. En forbedring på 2 pct. giver en besparelse på 19.712 kg foder (ved en produktion af 8 hold x 35.000 kyllinger á 2,2 kg og et foderforbrug på 1,6 kg /kg kylling). Hvis foderets klimaaftryk er 0,68 kg CO_{2e} per kg, svarer det til 13.404 kg CO_{2e} per år.

Hvis foderets klimaaftryk reduceres fra 0,68 til 0,6 kg CO_{2e}, vil der kunne spares 59.136 kg CO_{2e} per år for en produktion af 8 hold á 35.000 kyllinger á 2,2 kg og et foderforbrug på 1,6 kg /kg kylling.

Implementering

Man kommer i gang ved at føre nøje regnskab med mængden af foder dyrene spiser, og sætte det i forhold til mængden af vand de drikker. Derudover skal staldklimaet altid tilpasses, så dyrene hverken har det for varmt eller for koldt. Hvis der forekommer foderspild, skal der justeres på fodertrughøjde og foderkvalitet.

Man kommer i gang med at reducere foderets klimaaftryk ved at spørge foderleverandøren om, hvilke muligheder de har for at levere fjerkræfoder med et lavere klimaaftryk? Det vil øge presset på foderstofbranchen for hurtigere tilpasning af foderblandingerne i en mere klimavenlig retning.

Økonomi

Indkøb af foder udgør den største udgiftspost i fjerkræproduktionen. Hvis foderprisen er 2,5 kr./kg eller mere, er der en stor økonomisk gevinst ved at reducere foderforbruget.

Foderblandinger med en øget andel af lokalt produceret protein eller foderadditiver vil have en højere pris end en traditionel foderblanding.

Referencer

Clausen T., Vinstrup P., Provstgaard og Petersen J.S. (2013). Klimavenlige tiltag i slagtekyllingeproduktion og den økologiske konsumægproduktion. Udgivet af Videncentret for Landbrug (SEGES) 55 pp.



SEGES - Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.

Agro Food Park 15, 8200 Aarhus N

T: +45 8740 5000 - F: +45 8740 5010 - E: info@seges.dk

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov. SEGES er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende notatets informationer.