De Økonomiske Råd
Formandskabet

KAPITEL II
KLIMA-REGNSKABER I LANDBRUGET

Økonomi og Miljø, 2022

KAPITEL II
KLIMAREGNSKABER I LANDBRUGET

Kapitlet undersøger muligheden for at pålægge landbrugets drivhusgasudledninger en CO_2e-afgift baseret på klimaregnskaber opgjort på bedriftsniveau. For at omstillingen skal være omkostningseffektiv, er det vigtigt, at udledningerne kan opgøres middelret på bedriftsniveau.

Beregninger i kapitlet peger på, at med den nuværende viden er der grundlag for at opstille detaljerede modeller for hovedparten af landbrugets udledninger. Det er særligt udledninger fra marken, som der fortsat er stor usikkerhed omkring.

For at give landmanden incitament til omstilling og samtidig tage højde for usikkerhed og administrative omkostninger foreslås det at indføre en todelt opgørelse baseret på en simpel henholdsvis detaljeret model. Landmanden skal selv kunne vælge opgørelsesmetode.

I kapitlet opstilles en række egenskaber og hensyn, der bør indgå i overvejelserne for udformningen af klimaregnskabet.

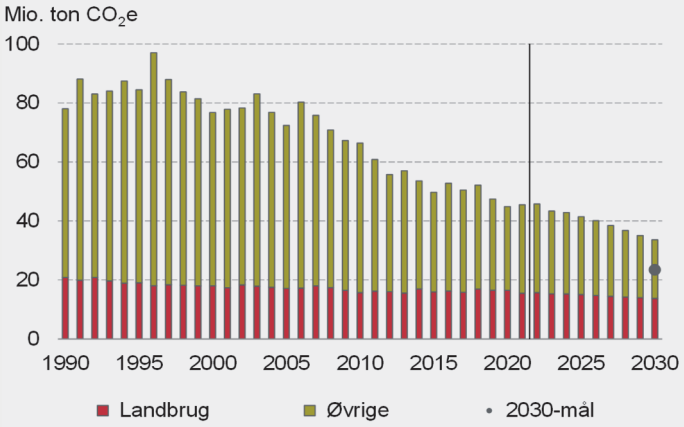
II.1 INDLEDNING

Klimaloven er udgangspunkt for dansk klimapolitik

Ifølge Danmarks klimalov skal de samlede drivhusgasudledninger reduceres med 70 pct. i 2030 sammenlignet med 1990. I 2030 skal udledningen dermed være reduceret til ca. 23½ mio. ton CO_2-ækvivalenter (herefter forkortet CO_2e). I 2020 udledte landbruget samlet ca. 16½ mio. ton CO_2e svarende til over en tredjedel af Danmarks samlede drivhusgasudledninger. Seneste fremskrivning peger på, at landbrugets drivhusgasudledninger vil være forholdsvis konstante frem mod 2030, mens udledningerne i resten af økonomien forventes at falde, jf. figur II.1.

FIGUR II.1 STILSTAND I LANDBRUGETS UDLEDNING

Landbrugets udledning af drivhusgasser har været omtrent konstant de seneste ca. 15 år og ventes at blive på det niveau frem mod 2030.



Anm.: Tallene viser landbrugets udledninger inkl. arealanvendelse på landbrugsjord, men ekskl. energiforbrug. Nærværende kapitel behandler ikke udledninger forbundet med energiforbrug, fordi disse er reguleret i *Aftale om grøn skattereform for industri mv*. Den grå prik i 2030 angiver udledningen svarende til 70 pct. reduktion af udledningen i 1990. Den lodrette streg markerer overgang til fremskrivning efter 2020.

Kilde: Energistyrelsen (2022).

Formandskabet har tidligere anbefalet en CO_2e-afgift

Med *Aftale om grøn omstilling af landbruget* har et politisk flertal vedtaget, at landbruget skal bidrage til at opnå klimalovens reduktionsmål ved at reducere deres samlede udledninger i 2030 med 55-65 pct. sammenlignet med 1990 svarende til 6-8 mio. ton CO_2e. De Økonomiske Råds formandskab har tidligere anbefalet en ensartet CO_2e-afgift for at opnå en omkostningseffektiv opfyldelse af reduktionsmålet i klimaloven, jf. *Økonomi og Miljø, 2020*. Fordelen ved en afgift er, at den skaber de rette incitamenter til omstilling og samtidig bringer flest mulige reduktionskanaler i spil. Indførsel af en afgift giver incitament til at implementere allerede kendte virkemidler og dermed mindske afgiftsbetalingen samtidig med, at en delvis overvæltning i højere priser medfører lavere efterspørgsel og dermed lavere produktion af varer og tjenesteydelser med højt indhold af drivhusgasser. Endelig giver en afgift også incitament til yderligere forskning i både bedre opgørelsesmetoder på bedriftsniveau og i nye reduktionstiltag.

Klimaregnskab med middelrette opgørelser vigtigt

En nødvendig forudsætning for, at landbrugets drivhusgasudledninger kan afgiftsbelægges, er imidlertid, at der etableres klimaregnskaber for den enkelte bedrift med opgørelse af drivhusgasudledningerne. For at sikre, at CO_2e-afgiften bliver et omkostningseffektivt instrument, skal klimaregnskabet tage udgangspunkt i middelrette opgørelser af de faktiske udledninger og den mest opdaterede viden om effekten af forskellige reduktionstiltag. Det sikrer, at alle reduktionskanaler kan komme i spil. Beskatning af udledninger baseret på et klimaregnskab skal tage hensyn til usikkerheden i opgørelsesmetoderne og samtidig sikre incitamenter til omstilling. På den ene side vil hensynet til usikkerhed om reduktionsmuligheder tale for at udsætte afgiften, indtil viden herom er større, mens hensynet til den omkostningseffektive omstilling på den anden side taler for snarlig implementering.

Formål med kapitlet

Formålet med dette kapitel er at undersøge mulighederne for at udarbejde et klimaregnskab på bedriftsniveau, som kan danne grundlag for en CO_2e-afgift på landbrugets drivhusgasudledninger. For det første skitseres og diskuteres rammerne for et klimaregnskab, som kan skabe de rette økonomiske incitamenter for landbruget til en omkostningseffektiv drivhusgasreduktion. For det andet gennemgås nyeste viden om usikkerheden forbundet med opgørelserne af landbrugets udledninger med henblik på at vurdere, hvilke udledningskilder der med den nuværende viden kan opgøres middelret på bedriftsniveau. Det er dog ikke hensigten med kapitlet at anbefale den konkrete udformning af et klimaregnskab.

KLIMAREGNSKAB

Et klimaregnskab er en opgørelse over de samlede drivhusgasudledninger. Klimaregnskaber kan opgøres på forskellige niveauer, f.eks. lande. Bedriftsbaserede klimaregnskaber opgør alle drivhusgasudledninger på en landbrugsbedrift.

Eksemplerne i kapitlet tager udgangspunkt i en malkekvægsbedrift, da dette både er den mest komplicerede bedriftstype og gennemsnitligt har den højere drivhusgasudledning.

For en malkekvægsbedrift forekommer udledninger knyttet til den animalske produktion, hvor kvæg udleder metan fra deres fordøjelse, og hvor gødning fra dyrene i form af gylle udleder metan og lattergas. Markdrift indebærer udledninger af lattergas, når der tilføres kvælstof fra handelsgødning eller organisk gødning. Endelig påvirkes jordens kulstofbalance som følge af markdriften, og der udledes også CO_2, når landmanden tilfører kalk på markerne.

Indhold i kapitlet

Først giver afsnit II.2 en introduktion til de forskellige processer, der medfører drivhusgasudledninger fra landbrugsproduktionen. Dernæst indeholder afsnit II.3 en beskrivelse af udvalgte erfaringer med klimaregnskaber. Afsnit II.4 beskriver de forskellige typer af usikkerhed, der er forbundet med at opgøre drivhusgasudledningerne i landbruget, og viser et eksempel på et klimaregnskab for en typisk konventionel malkekvægsbedrift. For hver udledningskilde vurderes usikkerheden i opgørelsen. I afsnit II.5 diskuteres den struktur, som et klimaregnskab bør have for at sikre incitamenter til omstillingen på bedriftsniveau. Kapitlet afsluttes med sammenfatning og anbefalinger i afsnit II.6.

II.2 LANDBRUGETS DRIVHUSGASUDLEDNINGER

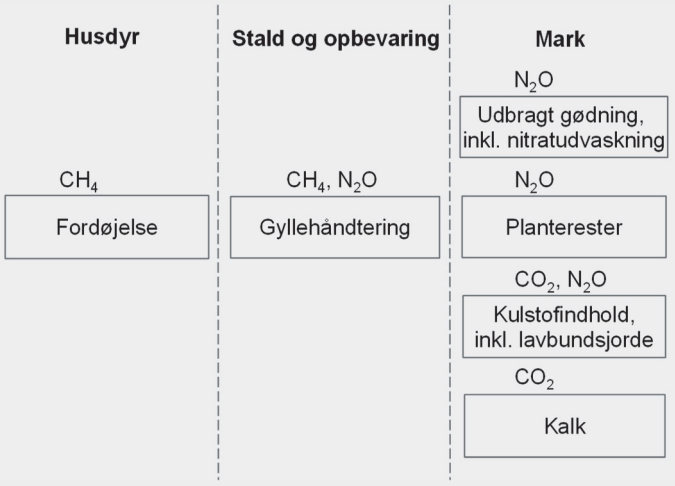
Afgrænsning til udledninger på dansk grund fra husdyr, gødning og markdrift

Dette afsnit indeholder en beskrivelse af de primære kilder til drivhusgasudledninger fra landbruget relateret til husdyrs fordøjelse, gødningshåndtering og markdrift, jf. figur II.2. Formålet med beskrivelsen er at give et overblik over de typer af udledningsprocesser, som et bedriftsbaseret klimaregnskab skal opgøre, samt de forhold der kan på-

virke udledningernes størrelse. For flere detaljer henvises til gennemgangen i kapitlets baggrundsnotat. Fokus i kapitlet er på udledningerne på dansk grund svarende til de officielle opgørelser og forpligtelser. Der ses bort fra landbrugets udledninger relateret til brugen af fossile brændsler, der fra 2025 vil være omfattet af den samme afgift som industriens energiforbrug. Derudover ses der bort fra den totale udledning fra et produkt (en såkaldt livscyklusberegning, LCA). Udledning relateret til eksempelvis produktion af importeret foder og handelsgødning regnes derfor ikke med.

FIGUR II.2 UDLEDNINGSKILDER

De primære udledningskilder på landbrugsbedrifter er enten knyttet til den animalske produktion eller markdrift.



Anm.: De kemiske betegnelser angiver typen af drivhusgasudledninger. CH_4 og N_2O er metan henholdsvis lattergas, som kan omregnes til CO_2-ækvivalenter (CO_2e).

Kilde: Egen illustration.

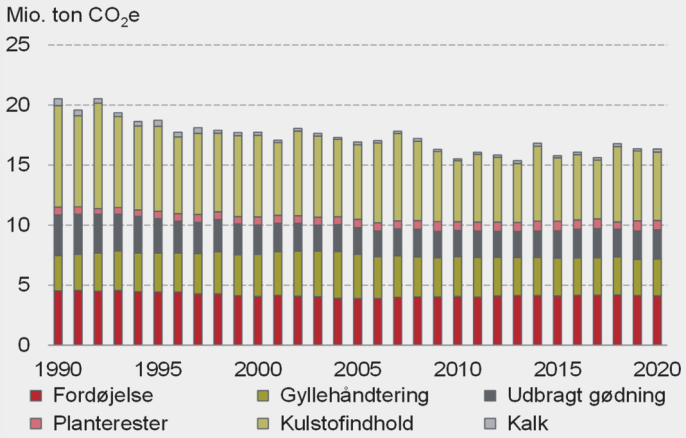
Udledninger har været forholdsvis konstante de seneste 15 år

De fire største udledningskilder i landbruget er fordøjelse, gødningshåndtering, udbragt gødning og ændringer i kulstofindholdet i jorden (inkl. lavbundsjorde). Samlet set udgør disse fire kilder mere end 90 pct. af de samlede udledninger i hele perioden fra 1990-2020, jf. figur II.3. Det er særligt ændringer i jordens kulstofindhold samt udledninger fra udbragt gødning, der er årsagen til faldet i de samlede udledninger frem til år 2006. Siden da har udledningerne været forholdsvis konstante med en svag stigning de seneste seks år. Dette skal ses i lyset

af landbrugspakken fra 2015, hvor det blev lovligt at gøde op til det driftsøkonomisk optimale niveau mod tidligere 80 pct. af dette niveau. Til gengæld blev landbruget pålagt målrettet regulering i de geografiske områder, hvor risikoen for kvælstoftab er størst. Nedenfor beskrives de enkelte udledningskilder.

FIGUR II.3 UDLEDNINGER I LANDBRUGET

Fra 1990 til midten af 2000'erne faldt landbrugets drivhusgasudledninger, mens de derefter har været omtrent konstante.



Anm.: Figuren viser udviklingen i de seks væsentligste udledningskilder, mens der ses bort fra enkelte små udledningskilder.

Kilde: Nielsen mfl. (2022).

Metanudledning fra fordøjelse

Drøvtyggeres fordøjelsessystem danner metan

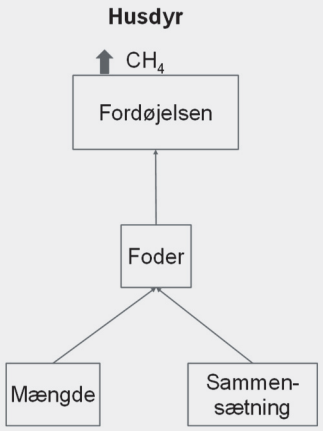
Den største udledning af drivhusgasser i landbruget er metan fra køers (og andre drøvtyggeres) fordøjelse. Udledningen af metangas er dermed et restprodukt fra køernes foderindtag. I koens fordøjelsessystem findes en række mikroorganismer, der nedbryder cellulosen i foderet til kulhydrater, som koen kan optage. Når cellulosen nedbrydes, dannes restprodukter i form af blandt andet de to gasser brint og CO_2. I det sidste led i nedbrydningsprocessen omdannes brint og CO_2 til metan og vand af mikroorganismer. Denne proces forekommer kun under iltfrie forhold, hvilket findes i den ene af koens fire maver (vommen). Det er denne forgæring, der gør drøvtyggere i stand til at udnytte fibrene i græs, jf. Lund mfl. (2020).

Metanudledning afhænger af foderindtag og -sammensætning

Udledningen af metan fra fordøjelse afhænger af koens foderindtag, jf. figur II.4. Jo mere foder en ko indtager, desto mere metan udleder den alt andet lige. Metanudledningen fra dyrenes fordøjelsesproces afhænger også af fodersammensætningen, dvs. indholdet af blandt andet fedt, fibre og stivelse. Hvis foderet indeholder mange fibre, så er udledningen af metangas højere. En høj andel af stivelse reducerer omvendt udledningerne.

FIGUR II.4 METAN FRA FORDØJELSE

Udledningen af metan fra fordøjelse afhænger af fodermængden og -sammensætningen.



Kilde: Egen illustration.

Metan- og lattergasudledning fra gødningshåndtering

Gødningshåndtering giver udledning af metan og lattergas

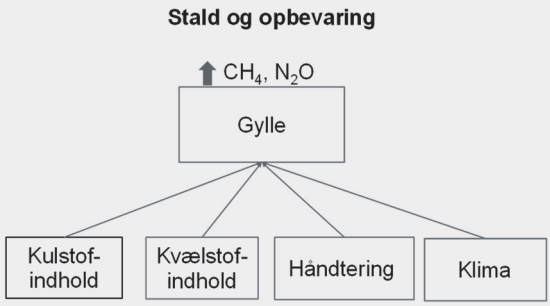
Der udledes metan og lattergas fra husdyrenes gødning (fæces og urin). Gødningsmængden afhænger af fodermængden samt indholdet af kulstof og kvælstof, jf. figur II.5. Udledningerne sker både i stalden og på lageret (f.eks. i en gylletank).

Udledning af metan afhænger af gødningshåndtering

Produktion af metan fra gødning skyldes mikrobiel nedbrydning af organiske materialer under iltfrie forhold. Metanudledningen afhænger af mængden af gødning, gødningssammensætning, gødningsstyringssystem og klimatiske forhold. Jo længere opholdstid i stald og gylletank og jo højere temperatur, desto større udledninger af metan pr. gødningsenhed.

FIGUR II.5 UDLEDNINGER FRA GØDNING

Udledningerne fra gødningshåndtering afhænger af gødningsmængden, indholdet af kulstof og kvælstof, gødningshåndteringen samt klimatiske forhold, f.eks. temperaturen.



Kilde: Egen illustration.

Lattergasudledning fra gødning

Der forekommer både direkte og indirekte udledninger af lattergas fra gødningen. Direkte emissioner af lattergas dannes ved ufuldstændig nedbrydning af ammoniak til nitrat.[1] Der dannes også lattergas ved omdannelse af nitrat til frit kvælstof. Udledningen af lattergas fra gødningsopbevaring og gødningshåndtering afhænger af kvælstofindholdet i gødningen, varigheden af opbevaringen og behandlingens art. Indirekte udledning af lattergas skyldes tab af kvælstof, der opstår som fordampning i form af ammoniak og kvælstofpartikler, som blandt andet omdannes til lattergas. Omfanget afhænger primært af opholdstid og i mindre grad af temperaturen.

1) Ved en fuldstændig nedbrydning oxideres ammoniak i gødning via nitrit til nitrat, men hvis eksempelvis iltmangel forhindrer nitratdannelsen, dannes lattergas.

KVÆLSTOF- OG LATTERGASUDLEDNINGER

Der dannes lattergas ved nedbrydning af ammoniak eller ammonium, der indeholder kvælstof, til nitrat. Ammonium omdannes til nitrat i en proces kaldet nitrifikation, hvilket kræver tilgængelighed af ilt. Under iltfrie forhold kan nitrat efterfølgende omsættes til atmosfærisk kvælstof i en proces kaldet denitrifikation. Der dannes lattergas både i forbindelse med omdannelsen af ammonium til nitrat og ved reduktion af nitrat til frit kvælstof.

Udledning af lattergas og CO_2 fra markerne

Kvælstof på markerne giver udledning af lattergas

Tilførsel af kvælstof til markerne er en forudsætning for en intensiv fødevareproduktion. Hvis der ikke er tilstrækkeligt organisk gødning på bedriften, kan der suppleres med handelsgødning. Der udledes lattergas fra gødning udbragt på marken, når den kvælstof, der ikke bliver optaget af planterne, skifter form. Det organiske kvælstof skal mineraliseres til ammonium, før planterne kan optage det. Det gælder både for handelsgødning, organisk gødning samt planterester fra f.eks. efterafgrøder, der også indeholder kvælstof, jf. figur II.6. Dermed er der en tæt sammenhæng mellem kvælstofregulering og drivhusgasudledninger i landbruget, jf. boks II.1.

BOKS II.1 KVÆLSTOFREGULERING OG DRIVHUSGASUDLEDNINGER

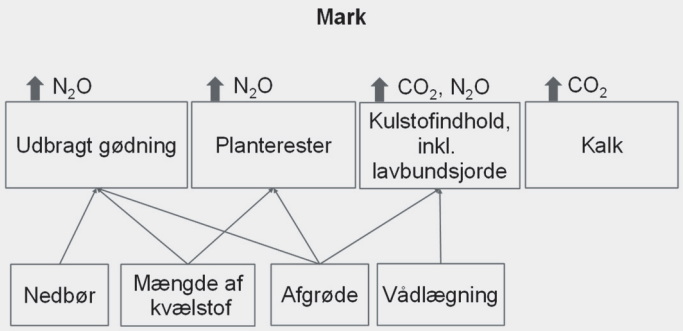
Landbrugets udledninger af metan- og lattergas er ikke direkte reguleret i dag, men de er indirekte reguleret som følge af kvælstofregulering.

Når der tilføres kvælstof til markerne i form af enten handels- eller husdyrgødning, medfører dette lattergasudledninger, når kvælstoffet skifter form. Samtidig udvaskes en del af kvælstoffet fra rodzonen, særligt i efteråret og om vinteren, hvor der typisk er mere nedbør. En del af dette kvælstof ender i grundvandet eller føres bort til kystområder, hvor det påvirker vandmiljøet.

Det er dermed de samme produktionsprocesser i marken, der skaber de to eksternaliteter i form af drivhusgasudledning og kvælstofforurening. Dette medfører, at der er en tæt sammenhæng mellem regulering af drivhusgasudledninger og kvælstof, og dermed er landbrugets drivhusgasudledninger indirekte reguleret i form af kvælstofregulering. Kvælstofreguleringen følger EU's vandrammedirektiv, der har som målsætning, at alle kystvande, søer, vandløb og grundvand skal opnå god økologisk tilstand senest i 2027. EU's vandrammedirektiv er i Danmark udmøntet i *Lov om vandplanlægning*.

FIGUR II.6 UDLEDNINGER FRA MARKEN

Der findes flere udledningskilder på marken, der bl.a. afhænger af afgrødetype, mængden af nedbør samt mængden af tilført kvælstof.



Kilde: Egen illustration.

Indirekte lattergas-udledninger

I tillæg til de direkte lattergasudledninger beskrevet ovenfor forekommer der også indirekte lattergasudledninger fra udvaskning af nitrat fra handelsgødning og organisk gødning. Hvis der er mere nitrat i jorden, end afgrøderne kan optage, er der risiko for, at nitraten udvaskes fra planternes rodzone. Det gælder særligt om efteråret, vinteren og foråret, hvor temperaturen er lav og nedbøren typisk er større end fordampningen af vand fra afgrøderne. Jorden bliver derfor mættet med vand. Nitrat er let opløseligt i vand, så når vandet strømmer væk fra rodzonen, følger nitrat-kvælstoffet med. Mængden af udvasket nitrat afhænger blandt andet af den tilførte mængde kvælstof, afgrødetypen og mængden af nedbør. Der fjernes knap 80 pct. af den udvaskede kvælstof, før det når kystvandene. Denne andel kaldes retention. Denitrifikation finder sted ved afløb til dræn, i grundvandzonen og i søer. Udvaskningen om efteråret kan begrænses ved at plante mellem- eller efterafgrøder, der optager kvælstof.

Mineraljorde kan både binde og frigive kulstof

I vækstsæsonen optager planter CO_2 fra atmosfæren via fotosyntese, der indlejres i planten og det tilhørende rodsystem. Den del af planten, der høstes, forudsættes at være klimaneutral, fordi den optagne CO_2 frigives igen, når mennesker eller dyr spiser planterne. Imidlertid vil der

ved nedpløjning på mineraljorde[2] af rødder og planterester efter høst blive aflejret kulstof, som indgår i jordens kulstofpulje. Kulstofinputtet øger dermed jordens kvalitet. Samtidig forekommer der kontinuerligt en naturlig, men langsom omsætning af kulstof fra jorden, der blandt andet afhænger af temperatur, nedbør, jordtype og dyrkningspraksis. Hvis kulstofinputtet overstiger omsætningen af kulstof fra jorden øges kulstofpuljen i jorden, dvs. negative CO_2-emissioner.

Kulstofrige lavbundsjorde udgør betydelig udledningskilde

Kulstofrige lavbundsjorde er kendetegnet ved at have et højt indhold af kulstof på mindst 6 pct. Der er derfor ikke potentiale for at øge kulstofindlejringen i kulstofrige lavbundsjorde. Det høje kulstofindhold medfører en meget høj kulstofomsætning fra jorden (hvis den er dræ-net, og der er ilt tilgængelig for mikroorganismer) og udgør dermed en betydelig nettofrigivelse af kulstof. Frigivelsen af kulstof kan stoppes ved at vådlægge arealerne.[3] I 2018 udgjorde lavbundsjorde ca. 11 pct. af Danmarks samlede drivhusgasudledninger, jf. Gyldenkærne og Greve (2020).[4] Denne frigivelse vil fortsætte, indtil der ikke længere er et højt indhold af kulstof på de pågældende arealer.

II.3 ERFARINGER MED KLIMAREGNSKABER

Indhold i afsnittet

Formålet med dette afsnit er at beskrive de nuværende erfaringer med bedriftsbaserede klimaregnskaber fra udlandet og Danmark. Først beskrives, hvordan landbrugets udledninger opgøres i de nationale opgørelser, jf. Nielsen mfl. (2022). Herefter beskrives et konkret forslag om at indføre en CO_2e-afgift i New Zealand baseret på bedriftsbaserede klimaregnskaber, og efterfølgende beskrives danske klimaregnskaber fra SEGES, Arla henholdsvis Klimarådet.

Endnu ingen lande beskatter metan- og lattergasudledninger fra landbruget

Der er endnu ingen lande, der beskatter metan- og lattergasemissioner fra landbruget, jf. Hjarsbech mfl. (2022) og Skatteministeriet (2022). Derimod har flere lande planer om at fjerne landbrugets fritagelse for beskatning af forbruget af fossile brændsler. Tyskland indførte i juni

2) Mineraljorde er en samlebetegnelse for alle andre jordtyper end lavbundsjorde.

3) Ved vådlægning forekommer en øget metanudledning som følge af nedbrydning af organisk materiale under iltfrie forhold, der dog er mindre end den lavere kulstoffrigivelse, hvorved nettoeffekten er mindre CO_2e-udledning, jf. Gyldenkærne og Greve (2020).

4) Der udledes også lattergas fra drænede lavbundsjorde. I Danmark udgør CO_2 dog ca. 86 pct. af de samlede emissioner fra lavbundsjorde opgjort i CO_2e, jf. Nielsen mfl. (2022).

2021 et kvotesystem for udledninger fra fossile brændstoffer, der også omfatter landbruget, mens Sverige planlægger at beskatte landbrugets energiudledninger, jf. Hjarsbech mfl. (2022). I Danmark vil de energirelaterede udledninger i landbruget være omfattet af den samme CO_2-afgiftssats som energirelaterede udledninger i industrien fra 2025, jf. *Aftale om grøn skattereform for industri mv.*

LANDBRUGETS EMISSIONER I NATIONALE OPGØRELSER

IPCC opgør udledninger som emissionsfaktor x aktivitetsvariabel

Som en del af den årlige rapportering til FN's klimapanel IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) opgøres udledningerne for de enkelte udledningskilder på nationalt niveau ved at anvende emissionsfaktorer og tilhørende aktivitetsvariable. For hver enkelt udledningskilde, f.eks. udledninger af metan fra malkekvægs fordøjelse, er der fastsat en emissionsfaktor, som angiver udledninger pr. aktivitetsenhed (i dette tilfælde antallet af dyr). Ved at multiplicere emissionsfaktoren med den tilhørende aktivitetsvariabel fås den samlede udledning fra denne udledningskilde. Samme fremgangsmåde anvendes ved opgørelsen af industriens udledninger af fossile brændsler.

IPCC'S ANBEFALINGER TIL NATIONALE OPGØRELSER

IPCC (2006a, 2019) anvender tre forskellige niveauer for detaljegraden i nationale opgørelser. Det laveste niveau, kaldet tier 1, er baseret på globale anbefalinger. Det midterste niveau, tier 2, er baseret på nationale data og skal tage hensyn til nationale forhold, f.eks. dække de mest anvendte afgrøde- og staldtyper. Det mest detaljerede niveau, tier 3, er baseret på modelberegninger og detaljeret data for den enkelte bedrift.

Emissionsfaktorer har forskellige detaljeringsgrader

Emissionsfaktorerne i de nationale opgørelser kan enten opgøres via globale anbefalinger fra IPCC (kaldes tier 1), via nationale emissionsfaktorer, der tager hensyn til nationale forhold som eksempelvis jordtype, temperatur eller typiske afgrødetyper (tier 2) eller på baggrund af data fra de enkelte bedrift (tier 3). Jo højere niveau, desto mere detaljerede data er der behov for. Hvis et land ønsker at anvende nationale emissionsfaktorer, er der særlige krav til de studier, der skal dokumentere de faktiske udledninger. De nationale opgørelser af udledninger fra det danske landbrug er typisk opgjort på tier 1- eller 2-niveau, dvs. på et aggregeret niveau.

De nationale opgørelser ændres ved ny viden mv.

Opgørelsesmetoderne udvikler sig hele tiden, hvilket medfører, at de nationale opgørelser tilsvarende justeres løbende. Det gælder også de historiske udledninger tilbage til 1990. Eksempelvis medførte en stigning i den opgjorte mængde af lavbundsjorde fra 108.000 ha til 171.000 ha, at de samlede danske udledninger fra lavbundsjorde i 2019 blev opskrevet med ca. 1,6 mio. ton CO_2e. Et andet eksempel er ændringer i opgørelsen af metanudledning fra gødningshåndtering, hvor en parameter i beregningerne blev opdateret i 2020. Det medførte, at den samlede udledning af metan fra kvæggylle blev opjusteret med 16 pct. svarende til ca. 0,3 mio. ton CO_2e. Der er med andre ord betydelig usikkerhed i den nationale opgørelse.

Nationale opgørelser er ikke nødvendigvis retvisende for den enkelte bedrift

Selvom den nationale opgørelse på tier 1- og 2-niveau opgøres præcist, kan nationale opgørelsesmetoder ikke forventes at afspejle udledningerne på bedriftsniveau. Emissionsfaktorerne på tier 1 og tier 2 er gennemsnitlige, hvilket betyder, at de kun er retvisende (dvs. middelrette) på bedriftsniveau, hvis bedriftens øvrige forhold (eksempelvis staldtype, gødningshåndtering, fodersammensætning, klimatiske forhold, dyrkningspraksis mv.) svarer til forudsætninger for den gennemsnitlige emissionsfaktor. For nogle udledningskilder kan dette være tilfældet, mens det for andre udledningskilder vil medføre, at de opgjorte udledninger på den enkelte bedrift systematisk er enten for høje eller for lave.

FORSLAG OM CO_2e-AFGIFT I NEW ZEALAND

Forslag om CO_2e-afgift i New Zealand

Et partnerskab mellem regeringen og de fleste landbrugsorganisationer i New Zealand kaldet He Waka Eke Noa (hvilket betyder *we're all in this together*) har arbejdet med at udvikle en model for, hvordan udledningen af metan og lattergas i New Zealand kan afgiftsbelægges, jf. He Waka Eke Noa (2022a). Udledningerne i landbruget udgør mere end halvdelen af de samlede bruttoudledninger i New Zealand, jf. Ministry for the Environment (2022), og landbruget spiller derfor en vigtig rolle for at opnå målet om omstilling til en lavemissionsøkonomi inden 2050.[5] Den newzealandske regering har besluttet at arbejde videre med centrale dele af forslaget fra partnerskabet og vil præsentere sit endelige forslag i begyndelsen af 2023, jf. boks II.2. Dermed kan New Zealand blive det første land, der beskatter udledninger af metan og lattergas i landbruget.

5) New Zealand har en politisk målsætning om at reducere nettoudledningerne af CO_2 og lattergas til nul i 2050, mens metanudledninger skal reduceres med 24-47 pct. sammenlignet med 2017, jf. He Waka Eke Noa (2022).

BOKS II.2 NEWZEALANDSK FORSLAG OM CO_2E-AFGIFT

Regeringen i New Zealand lægger op til at indføre en separat afgift for udledningen af kortvarige (metan) henholdsvis langvarige drivhusgasser (lattergas og CO_2) fra den 1. januar 2025. Indførslen af en separat afgift for de to typer drivhusgasser afspejler forskellige politiske reduktionsmål for hver af typerne af drivhusgasser. Metan har en opholdstid i atmosfæren på ca. 12 år, mens langvarige drivhusgasser har en opholdstid på mere end 100 år. En stabilisering af metanudledningerne vil dermed på sigt medføre et konstant bidrag til den globale opvarmning, jf. Reisinger mfl. (2021). Derimod vil langvarige drivhusgasser bidrage til den globale opvarmning, så længe nettoudledningerne er positive.

Den politiske målsætning er at reducere nettoudledningen af lattergas og CO_2 til nul i 2050. Partnerskabet foreslår at indføre et prisloft, så prisen for at udlede et kilo metan ikke kan overstige 0,11 newzealandske dollar pr. kilo metan frem til 2028. Det svarer til knap 20 kr. pr. ton CO_2e. Den newzealandske regering har ikke fulgt denne anbefaling, men vil i stedet selv fastsætte afgiftsniveauet med vejledning fra det newzealandske klimaråd Climate Change Commission, jf. Ministry of the Environment (2022). Regeringen har dog fulgt partnerskabets anbefaling om, at hvis et lavt afgiftsniveau medfører, at besparelsen i afgiftsbetalingen i mange tilfælde ikke kan dække landmandens forøgede udgifter til at indføre et reduktionstiltag, så suppleres med et incitamentsbaseret tilskud, der dækker forskellen mellem afgiftsbesparelsen og omkostningen til at implementere virkemidlet, jf. He Waka Eke Noa (2022b).

To modeller: Simpel henholdsvis detaljeret

Partnerskabet arbejder henimod, at alle landbrugsbedrifter skal kende deres samlede drivhusgasudledninger inden udgangen af 2022. Samtidig skal alle bedrifter have en skriftlig plan for at reducere deres udledninger senest pr. 1. januar 2025. I opgørelsen af det klimaregnskab, der skal danne grundlag for en CO_2e-afgift fra 2025, skal det være muligt for den enkelte husdyrbedrift at vælge enten en simpel eller mere detaljeret beregning, jf. boks II.3. For planteavlere vil der ikke være en forskel på de to modeller, jf. van der Weerden mfl. (2022).

Detaljeret model forventes ikke at være færdig i 2025

I det simple klimaregnskab, der foreslås implementeret i en overgangsfase i perioden 2025-27, reduceres den enkelte bedrifts afgiftsbetaling, hvis de anvender et af flere på forhånd godkendte reduktionstiltag. Den simple opgørelse kan betragtes som tilsvarende de nationale opgørelser, der er baseret på aktivitetsvariable (f.eks. antal malkekvæg) multipliceret med en gennemsnitlig emissionsfaktor. Det forventes ikke, at den detaljerede opgørelsesmetode, som alle husdyrbedrifter på længere sigt skal anvende, kan være fuldt implementeret i 2025.

BOKS II.3 NEWZEALANDSK FORSLAG OM SIMPEL HHV. DETALJERET MODEL

Partnerskabet He Waka Eke Noa har foreslået at indføre CO_2-afgifter på baggrund af et klimaregnskab, der bygger på en simpel henholdsvis detaljeret metode til at opgøre de samlede drivhusgasudledninger på den enkelte bedrift. På sigt er det meningen, at alle husdyrbedrifter skal anvende den detaljerede opgørelsesmetode.

Den simple metode bygger på gennemsnitlige emissionsfaktorer kombineret med fire typer af produktionsdata: Arealet af landbrugsjord, antallet af dyr fordelt på typer, produktionen pr. dyr (f.eks. mælkeydelse) samt mængden af anvendt handelsgødning fordelt på gødningstype, jf. van der Weerden mfl. (2022). Den simple opgørelsesmetode skal opgøres på årsfrekvens. Det er forventningen, at den kan implementeres, inden CO_2-afgiften planlægges at træde i kraft i 2025.

Den detaljerede metode kræver mere information, der skal anvendes til at beregne energiindtaget for forskellige dyreklasser. Som eksempel kombineres data om dyrenes fysiologi, produktivitet, foderindtag og sæsonvariation til at beregne energi- og tørstofindtaget, der anvendes til at beregne udledninger fra køernes fordøjelse og gødning. Den detaljerede model skal opgøres på månedsbasis for at tage hensyn til sæsonvariation og dermed øge præcisionen.

For hver opgørelsesmetode foreslår partnerskabet, at der skal være et sæt af godkendte virkemidler, der blandt andet omfatter nedfældning af handelsgødning, skift til lavemissionshusdyr og fodertilskud, jf. He Waka Eke Noa (2022a). Hvis landmanden kan dokumentere, at han anvender disse virkemidler, nedskrives emissionerne.

Nye virkemidler og tiltag, der kan reducere drivhusgasemissionerne, skal godkendes af den ansvarlige minister efter indstilling fra et implementeringsråd på baggrund af foruddefinerede kriterier. Alle interessenter (f.eks. landmænd, universiteter, interesseorganisationer mv.) har mulighed for at foreslå ændringer til opgørelserne. Implementeringsrådet skal have mulighed for at søge rådgivning hos en videnskabelig komite. Denne fremgangsmåde medfører, at ikke alle godkendte virkemidler fører til nedskrivninger af udledningerne i de nationale opgørelser, men partnerskabet vurderer, at det er vigtigere at give landmanden incitament til at reducere sine udledninger.

DANSKE KLIMAREGNSKABER

SEGES og Økologisk Landsforening har udviklet et klimaregnskab

SEGES og Økologisk Landsforening har i samarbejde udviklet et bedriftsspecifikt klimaværktøj kaldet *ESGreen Tool*, der kan beregne de samlede udledninger af drivhusgasser på en bedrift, jf. Henriksen mfl. (2021). Et af hovedformålene med klimaværktøjet er, at det kan fungere som et simuleringsværktøj, der giver landmanden mulighed for at beregne klimaeffekten opgjort som ændringer i CO_2e af forskellige reduktionstiltag.

Data følger IPCC's opdeling i tre niveauer

I ESGreen Tool anvendes data på tre forskellige niveauer, der følger IPCC's opdeling, jf. ovenfor. Det drejer sig om bedriftsspecifikke data (dvs. IPCC's tier 3-niveau), standardværdier beregnet på danske landsgennemsnit (tier 2-niveau) henholdsvis globale IPCC-faktorer (tier 1-niveau). Det betyder, at opgørelsen af de samlede drivhusgasudledninger på en bedrift er en blanding af bedriftsspecifikke opgørelser og anvendelse af nationale emissionsfaktorer på bedriftsniveau.[6]

ESGreen Tool omfatter mange udledningskilder

Klimaregnskabet i ESGreen Tool er meget omfattende og dækker mange forskellige udledningskilder, jf. tabel II.1. Det gælder f.eks. metan- og lattergasudledninger, der er knyttet til husdyr- og foderproduktionen. Dertil kommer yderligere udledningskilder som energiforbrug samt akkumulerede udledninger fra dyr, gødning og foder, der handles mellem bedrifter, jf. Henriksen mfl. (2021). Disse oplysninger er nødvendige for at opgøre de samlede udledninger fra et produkt baseret på en livscykelopgørelse (LCA-tilgangen).

Klimatjek fra Arla bygger på livscyklusanalyse …

Den danske mejeriproducent Arla har udarbejdet et klimaværktøj kaldet *Klimatjek*, der har til formål at støtte den enkelte mælkeproducent i Danmark og seks andre lande med at reducere deres drivhusgasudledninger. For at deltage skal landmanden besvare op til 203 spørgsmål i et online spørgeskema og holde et møde med en certificeret klimarådgiver. Klimaværktøjet beregner de samlede drivhusgasudledninger, der er forbundet med at producere mælk, herunder også import af f.eks. foder. Det medfører, at hvis en landmand eksempelvis sælger raps, fratrækkes de udledninger, der er forbundet med produktion heraf, fordi de ikke bidrager til mælkeproduktion. Der er dermed tale om en LCA-tilgang med hensyn til mælkeproduktion på den enkelte bedrift.

… og har betydning for landmandens afregningspris

Der er et økonomisk incitament for den enkelte bedrift til at deltage i Klimatjek, fordi de får et tillæg på 1 eurocent pr. liter mælk. I oktober 2022 præsenterede Arla en ny strategi, hvor yderligere 3 eurocent pr. liter mælk fra august 2023 skal afhænge af en pointbaseret model, der bygger på Klimatjek, jf. Arla (2022a). Den enkelte mælkeproducent kan optjene point (og dermed en højere afregningspris) afhængigt af 19 udvalgte tiltag, herunder foder- og gødningseffektivitet, levering til biogasproduktion, arealanvendelse, biodiversitet, dyrkningsmetoder, brug af vedvarende energi mv. Dermed medfører den nye prismodel en omfordeling til de landmænd, der opfylder flest tiltag. Den højere afregning, der optjenes ved at gennemføre disse tiltag, giver økonomiske

6) Eksempelvis anvendes nationale emissionsfaktorer for opgørelsen af metanemissioner fra stald og lager samt IPCC's anbefalede globale emissionsfaktorer for udbragt handelsgødning og organisk gødning, jf. afsnit II.4.

incitamenter svarende til den afgiftsrabat, som en newzealandsk landmand vil få ved at gennemføre de udvalgte reduktionstiltag.

Klimarådet foreslog bedriftsregnskab i 2016

Klimarådet (2016) foreslog en CO_2e-afgift som instrument til at klimaregulere landbruget og udarbejdede i den forbindelse en prototype på et bedriftsbaseret klimaregnskab. Værktøjet tager udgangspunkt i de nationale opgørelser og er dermed i høj grad baseret på gennemsnitlige udledningsfaktorer. Klimarådet påpegede, at der er en afvejning mellem administrative omkostninger til at udvikle og vedligeholde værktøjet og præcisionen i opgørelserne. Ved at tage udgangspunkt i de nationale opgørelser kan de administrative omkostninger holdes nede på et lavt niveau. Samtidig foreslog Klimarådet en videreudvikling af prototypen, så den enkelte bedrift kan få en mere præcis opgørelse mod at afgive flere oplysninger.

TABEL II.1 OMFATTEDE UDLEDNINGSKILDER

Tabellen sammenligner de udledningskilder, der er omfattet i de fire klimaregnskaber omtalt i teksten.

Udledningskilder	New Zealand	ESGreen Tool	Klimatjek	Klimarådet
Metan fra fordøjelse	✓	✓	✓	✓
Metan fra gyllehåndtering	✓	✓	✓	✓
Lattergas fra gyllehåndtering	✓	✓	✓	✓
Lattergas fra udbragt gødning	✓	✓	✓	✓
Udvaskning af nitrat	✓	✓	✓	✓
Lattergas fra planterester	✓	✓	✓	✓
Kulstofindhold i jorden	✓	✓	÷	✓
Lavbundsjorde	÷	✓	✓	✓
Kalk	÷	✓	÷	÷
Energiforbrug	✓	✓	✓	✓
Import/eksport	÷	✓	✓	÷
CO_2 i træer, læhegn mv.	✓	✓	÷	÷

Anm.: Import og eksport dækker over, om udledninger fra indkøbte/solgte produkter lægges til hhv. trækkes fra opgørelsen. Dette gøres i en LCA-tilgang, men ikke i en tilgang baseret på territorialprincippet. Klimaregnskaberne fra New Zealand og Klimarådet følger territorialprincippet, Klimatjek følger LCA-tilgangen, mens det er hensigten, at ESGreen Tool skal omfatte begge tilgange.

Kilde: He Waka Eke Noa (2022a, 2022b), Henriksen mfl. (2021), Arla (2022b) og Klimarådet (2016).

OPSAMLING

Klimaregnskab med to opgørelser

Dette afsnit har beskrevet flere klimaregnskaber fra udlandet og Danmark. Dermed findes der allerede klimaregnskaber, der har som formål at opgøre de samlede udledninger på en landbrugsbedrift. I New Zealand arbejder regeringen videre med et forslag baseret på et system med to opgørelser, en simpel henholdsvis en detaljeret, der giver landbruget incitamenter til en omkostningseffektiv omstilling. For at kunne anvende et klimaregnskab som beskatningsgrundlag er det relevant at undersøge, med hvilken præcision drivhusgasudledningerne fra en landbrugsbedrift kan opgøres. Inspireret af tilgangen med et todelt klimaregnskab i New Zealand gennemgås mulighederne for en detaljeret opgørelse af drivhusgasudledningerne på en typisk konventionel malkekvægsbedrift i næste afsnit.

II.4 VANSKELIGHEDER I OPGØRELSEN AF UDLEDNINGER

Formål med afsnittet

Formålet med dette afsnit er at vise, om og hvordan det med den nuværende viden er muligt at opgøre landbrugets udledninger af metan og lattergas på bedriftsniveau. Afsnittet har et eksplicit fokus på at beskrive usikkerheden i beregningerne, da det rimeligvis opfattes som en vigtig problemstilling i implementeringen af CO_2e-afgifter i landbruget. Først diskuteres vanskelighederne ved at opgøre beregnede udledninger, og der redegøres for, at middelrette opgørelser er nødvendige for, at CO_2e-afgifter er omkostningseffektive. Herefter gennemgås det, hvordan udledningerne for de enkelte udledningskilder kan opgøres.

VANSKELIGHEDER VED AT OPGØRE UDLEDNINGER

I praksis kan udledninger ikke måles – de skal beregnes, …

I den ideelle situation vil en målrettet klimaregulering af landbrugets drivhusgasudledninger være baseret på målinger af de faktiske udledninger på alle bedrifter, jf. eksempelvis *Økonomi og Miljø, 2018*. Det vil give den enkelte landmand incitament til at foretage de billigste reduktioner. I praksis er det imidlertid ikke muligt at opgøre de *faktiske* udledninger på den enkelte bedrift. Et eksempel på dette er udledninger af metan fra køers fordøjelse, hvor det kræver specialudstyr at måle de faktiske udledninger. Derfor opgøres de *beregnede* udledninger i

stedet baseret på en eller flere proxyvariable, dvs. variable, der kan observeres og anvendes i stedet for den variabel, man egentligt er interesseret i. Selv hvis udledningerne blev målt direkte, ville der være måle- og procesusikkerhed, jf. United Nations (2021).

… hvilket i dag også er tilfældet med andre udledninger

Der er imidlertid også andre udledninger, der opgøres på baggrund af beregninger. Eksempelvis er opgørelsen af CO_2-udledninger fra fossile brændsler baseret på forbruget af det fossile brændsel (der fungerer som proxyvariabel) og ikke på de faktiske udledninger. Antagelsen er, at der er en tæt sammenhæng mellem forbruget af det fossile brændsel og udledningen af CO_2.[7] Da tilgangen med at beregne udledningerne er en ofte anvendt fremgangsmåde, er det vigtige ikke, hvorvidt udledningerne kan måles direkte eller ej, men derimod at vurdere usikkerheden ved den konkrete opgørelse.

Usikkerhed: middelret og spredning

I de globale anbefalinger fra IPCC (2006a, 2019) indgår to former for usikkerhed. For det første er der usikkerhed om, hvorvidt opgørelsen er middelret, dvs. om udledningerne i gennemsnit er korrekte. For at en opgørelse på bedriftsniveau er middelret, skal den tage højde for de bedriftsspecifikke forhold, som med den nuværende viden har en påvirkning på omfanget af drivhusgasudledninger, jf. også beskrivelsen i afsnit II.2. For det andet er der usikkerhed om, hvor præcise opgørelserne er, dvs. hvor stor spredningen er på de enkelte opgørelser, jf. figur II.7. I det følgende anvendes betegnelserne middelret og spredning for de to usikkerhedsbegreber. Der kan være flere årsager til usikkerhed i opgørelsen af udledningerne i landbruget, som kan medføre, at estimaterne enten ikke er middelrette eller har stor spredning.

Usikkerhed er større i landbruget

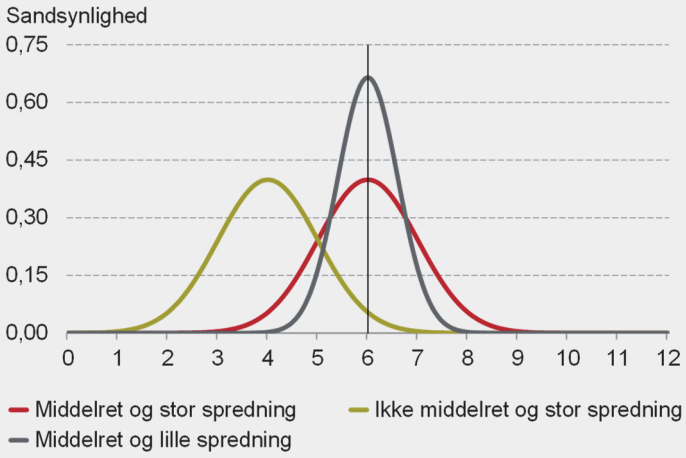
Generelt vil usikkerheden på de beregnede udledninger være større i landbruget end for fossile brændsler. Som et eksempel angiver IPCC usikkerheden på emissionsfaktoren for udledninger af CO_2 fra energi til 5 pct., mens usikkerheden på emissionsfaktoren for udledninger af metan fra dyrenes fordøjelse og for lattergasudledninger fra udbragt gødning er 20 pct. henholdsvis 100 pct., jf. IPCC (2019).[8] Se boks II.4 for en beskrivelse af IPCC's kvantificering af usikkerheden.

7) I United Nations (2021) nævnes et eksempel fra Sverige med emissionsfaktoren for diesel, der er beregnet som et gennemsnit for mange forskellige produkter af fossile brændsler, som i praksis aggregeres til færre grupper, og som beskattes ens baseret på en gennemsnitlig emissionsfaktor.

8) Bemærk, at IPCC forsimplet angiver usikkerheden til 100 pct. i de tilfælde, hvor de vurderer, at usikkerheden er stor og/eller vanskelig at beregne.

FIGUR II.7 MIDDELRET OG SPREDNING

Figuren illustrerer de to dimensioner i usikkerhed. De røde og grå kurver er middelrette, hvor spredningen er større for den røde kurve. Den grønne kurve er ikke middelret, men har samme spredning som den røde.



Anm.: Den lodrette streg angiver den sande middelværdi i fordelingen.

Kilde: Egen illustration.

Nationale emissionsfaktorer kan anvendes, hvis de er middelrette

Hvis udledningerne kan beregnes som middelrette estimater, kan emissionsfaktorerne i de nationale opgørelser som udgangspunkt anvendes som beskatningsgrundlag på bedriftsniveau, jf. United Nations (2021). Hvis udledningerne derimod ikke kan opgøres med middelrette estimater, vil afgiftsbelastningen for den enkelte bedrift være systematisk forkert. I dette tilfælde skal det vurderes, om det er muligt at foretage justeringer i opgørelsesmetoden, så afgiftsbetalingen ikke systematisk er enten for lille eller for stor, eller om udledningerne skal beregnes med en anden metode. Opgørelsen på bedriftsniveau bør så vidt muligt tage udgangspunkt i de bedriftsspecifikke forhold og karakteristika for at sikre, at opgørelsen bliver så nøjagtige som muligt.

Måleusikkerhed og naturlig variation

Hvis der er stor spredning, kan det have en selvstændig værdi at reducere variationen, da middelestimatet for udledningerne dermed bliver mere sikkert og i højere grad afspejler, at udledningerne kan forklares af modeltilgangen. Spredningen kan opdeles i måleusikkerhed og naturlig variation, jf. Badrick (2021) og Garnsworthy mfl. (2019). Den na-

turlige variation kan yderligere opdeles i variation i det biologiske element, der undersøges (intra), og imellem de biologiske elementer (inter). Måleusikkerheden kan normalt reduceres ved enten at anvende en anden statistisk model eller ved at øge antallet af forsøg, mens den naturlige variation på tværs af dyr altid vil være der.[9]

BOKS II.4 IPCC'S TILGANG TIL KVANTIFICERING AF USIKKERHED

IPCC's metoder til opgørelse af udledningerne er behæftet med forskellige usikkerheder, som er meget forskellige på tværs af udledningskilder. Ifølge IPCC kan usikkerheden kvantificeres ved et 95 pct. konfidensinterval defineret ved følgende udtryk:

$$Usikkerhed = \pm\left(\frac{1{,}96*\sigma}{\mu}\right) * 100\ pct.$$

under forudsætning af, at værdierne er normalfordelte. μ er middelværdien, og σ er standardfejlen. Stikprøver af udledningerne fra de enkelte kilder skal designes således, at de kan bidrage med viden om de samlede udledninger. Eksempelvis skal stikprøven være repræsentativ.

IPCC (2006a) angiver flere årsager til usikkerhed i opgørelserne af udledningerne, der varierer fra modeltilgang og datakvalitet til stikprøvefejl og måleudsikkerhed. Ved at undersøge disse årsager til usikre opgørelser, kan opgørelsesmetoderne ændres, så usikkerheden reduceres. Eksempelvis er det ikke muligt at fjerne den naturlige variation på tværs af husdyr eller marker, hvilket gælder generelt for målinger på levende organismer, jf. Badrick (2021); men ved at anvende bedre metoder til mere præcist at estimere den naturlige variation, kan usikkerheden i opgørelsen af den naturlige variation reduceres.

Kvantitativt beskrives opgørelserne (estimaterne) ved deres middelværdi og spredning. Spredningen er et udtryk for variationen i data, mens et middelret estimat betyder, at estimatet af middelværdien ikke er systematisk forkert, hvilket ville være tilfældet, hvis estimatet ikke tager højde for nogle af de forhold, der påvirker omfanget af udledningerne. Det er ideelt at have middelrette opgørelser og mindst mulig spredning. I opgørelsen af de nationale udledninger er det en prioritet at få så middelrette estimater som muligt, jf. IPCC (2006). Det har ikke den store værdi, at et estimat har en lille spredning, hvis det ikke samtidigt er middelret. Dette vil også gælde på bedriftsniveau. Hvis de faktiske udledninger f.eks. er systematisk mindre end de beregnede, vil produktionen for en given CO_2e-afgift være for lille og anvendelsen af reduktionsteknologier være for stor, mens det modsatte er tilfældet, hvis de faktiske udledninger systematisk er større end de beregnede.

9) Den naturlige variation kan udnyttes som reduktionstiltag ved avl på køer med uforklarligt lave udledninger af metan. Fordelen ved genetisk avl er, at dette reduktionstiltag vil være permanent og ikke kræve løbende investeringer, jf. Lund mfl. (2022).

Opsummering: Vigtigt at opgørelserne er middelrette

Usikkerheden på udledningsopgørelserne kan reduceres ved at udvikle modeller, der tager højde for nationale eller bedriftsspecifikke forhold. For klimaregnskabet er det vigtigste, at opgørelserne er middelrette, da det giver den enkelte landmand de rette incitamenter til at foretage investeringer, der reducerer klimabelastningen af produktionen.

GENNEMGANG AF UDLEDNINGSKILDER

Usikkerheden i opgørelse af hver udledningskilde vurderes

Formålet med resten af dette afsnit er at vurdere, i hvilket omfang det med den nuværende viden er muligt at lave middelrette opgørelser af udledninger af metan og lattergas på bedriftsniveau samt at vurdere disse opgørelsers usikkerhed. Det er derimod ikke formålet med delafsnittet at anbefale den konkrete udformning af et klimaregnskab.

Beregninger for malkekvægsbedrift

Beregningerne i afsnittet illustreres med en typisk konventionel dansk malkekvægsbedrift, da det både er den mest komplicerede bedriftstype og den bedriftstype, der har de højeste gennemsnitlige drivhusgasudledninger. De centrale karakteristika for eksempelbedriften er vist i tabel II.2. Data stammer fra Danmarks Statistik og blev også anvendt til beregningerne i *Økonomi og Miljø, 2021*.

TABEL II.2 KARAKTERISTIKA FOR EKSEMPELBEDRIFT

Tabellen viser centrale karakteristika for en typisk konventionel malkekvægsbedrift, der anvendes i beregningerne.

Husdyr	---------- Antal ----------		
	Malkekvæg	Kvier	Tyre
	203	158	12
Afgrøder	---------- Hektar ----------		
	Vårbyg	Slætgræs	Majs
	29	64	53
Staldtype	Sengestald med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal) og gylle		

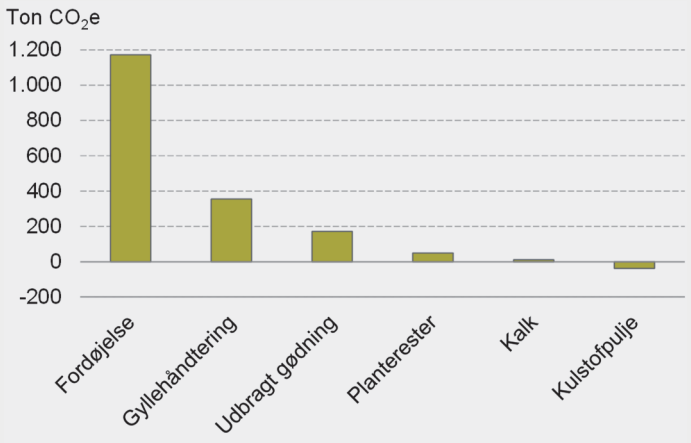
Kilde: Egen beregninger på data fra Danmarks Statistik.

Metan er den største udledningskilde på eksempelbedrift

Eksempelberegningerne viser, at udledningen af metan fra fordøjelse er den største udledningskilde på eksempelbedriften, jf. figur II.8. De samlede udledninger fra bedriften er beregnet til 1.721 ton CO_2e, hvoraf udledningerne fra fordøjelsen udgør to-tredjedele (1.171 ton CO_2e). Dernæst kommer drivhusgasudledninger fra gyllehåndtering, der udgør knap en fjerdel (389 ton CO_2e), og udbragt gødning, der også udgør en betydelig andel på ca. 10 pct. (171 ton CO_2e). Udledningerne fra planterester, udbragt kalk samt ændringer i kulstofbalancen er derimod forholdsvis små.[10] Selve beregningerne af de enkelte udledningskilder forklares løbende igennem afsnittet og er nærmere dokumenteret i et baggrundsnotat.

FIGUR II.8 UDLEDNINGER

Figuren viser drivhusgasudledningerne på en typisk konventionel malkekvægsbedrift opdelt på udledningskilder.



Anm.: Beregningerne viser udledningerne fra en typisk malkekvægsbedrift (eksempelbedriften). Der er anvendt omregningsfaktoren 28 for metan til CO_2 og 265 for lattergas til CO_2, jf. IPCC (2014). For detaljerede beregninger henvises til kapitlets baggrundsnotat.

Kilde: Egne beregninger på data fra Danmarks Statistik.

10) Ændringer i jordens kulstofpulje vil typisk udgøre et CO_2e-nettooptag for en malkekvægsbedrift, fordi de ofte har en høj andel af græsmarker.

Beregning af udledningerne

I de næste fire delafsnit gennemgås det, hvordan man kan opgøre drivhusgasudledningerne fra de primære landbrugsmæssige processer på en malkekvægbedrift, jf. også beskrivelsen af udledningskilderne i afsnit II.2. Gennemgangen af opgørelsesmetoderne er struktureret i forhold til klimaregnskabet. For hver udledningskilde redegøres der for de nationale opgørelser til IPCC henholdsvis opgørelsen i klimaværktøjet ESGreen Tool, som begge er beskrevet i afsnit II.3. Fokus er på, om opgørelserne er middelrette. I det omfang opgørelserne ikke er det, undersøges mulige alternative metoder til at opgøre udledningerne. Endeligt diskuteres udvalgte virkemidler. Udledninger fra følgende udledningskilder gennemgås:

- Fordøjelse
- Håndtering og opbevaring af gylle
- Udbragt handels- og husdyrgødning
- Andre udledningskilder (planterester, kalk og kulstof i jord).

UDLEDNINGER FRA FORDØJELSE

Opgørelse kan tage udgangspunkt i nationale opgørelser

Som beskrevet tidligere i afsnittet er det ikke muligt at foretage målinger af de faktiske udledninger af metan fra fordøjelse. Som alternativ anvendes typisk forsøgsdata til at estimere en matematisk model, der kan forudsige udledningen af metan ud fra de vigtigste determinanter. En sådan model anvendes i de nationale opgørelser, hvor udledningen af metan beregnes baseret på koens samlede energiindtag multipliceret med en ydelsesfaktor.

Opgørelser med én gennemsnitlig ydelsesfaktor er simpel …

Ulempen ved at anvende en opgørelsesmetode med én ydelsesfaktor baseret på, at en fast andel af energiindtaget omdannes til metan er, at denne model ikke nødvendigvis giver en middelret opgørelse. Ifølge en oversigtsartikel svinger den observerede ydelsesfaktor mellem 3,9-8,4 pct. afhængig af fodersammensætningen, jf. Appuhamy mfl. (2016). Fodersammensætningens betydning for metangasudledningen opfanges ikke af modeller, der er baseret på én ydelsesfaktor, jf. eksempelvis Niu mfl. (2018) og Moraes mfl. (2014).

… og kan med fordel erstattes af mere avancerede modeller

Et alternativ til IPCC's simple model baseret på én ydelsesfaktor, som anvendes i de nationale opgørelser i Danmark, er at estimere en mere kompleks empirisk model, der kan beskrive udledningen af metan ud fra udvalgte observerbare aktivitetsvariable. Hvis landmanden samtidig har mulighed for direkte at påvirke de anvendte aktivitetsvariable, kan denne fremgangsmåde skabe et incitament til at reducere udledningen af drivhusgasser. Et eksempel på en sådan prædiktionsligning stammer fra Nielsen mfl. (2013), hvor udledningen af metan pr. årsko

afhænger af foderindtag opgjort i tørstofmængder, fedtsyreindholdet og fiberkoncentrationen, jf. boks II.5. Denne ligning anvendes også i ESGreen Tool. Den samme ligning anvendes for malkekvæg af forskellige racer, f.eks. jersey og Holstein. Selvom den gennemsnitlige udledning er højere for malkekvæg af racen Holstein sammenlignet med jersey-malkekvæg, kan dette forklares ved et højere foderindtag, og forskellen er dermed dækket af ligningen.

Flest emissioner fra malkekvæg

Når ligningen i boks II.5 anvendes på eksempelbedriften fås samlede årlige udledninger fra malkekvæg på 178 kg metan pr. ko.[11] For eksempelvis tyre viser en tilsvarende beregning årlige udledninger på 41,8 kg metan pr. dyr, mens der for kvier anvendes et standardtal på 8,5 kg metan for de første seks levemåneder. Udledningen fra malkekvæg er dermed meget højere sammenlignet med tyre, hvilket skyldes, at foderindtaget er væsentligt større og optimeret til at maksimere mælkeydelsen. For eksempelbedriften er de samlede metanudledninger fra fordøjelse opgjort til 1.171 ton CO_2e.

Kan reduceres med kendte virkemidler

Ved at øge indholdet af fedtsyre fra ca. 33 g pr. kg tørstof til 45 g pr. kg tørstof er det muligt at reducere metanudledningerne fra malkekvægs fordøjelse med 6 pct. I marts 2022 blev fodertilsætningsstoffet Bovaer godkendt af EU og kan dermed anvendes af konventionelle bedrifter. Bovaer forventes at kunne reducere udledningen af metan fra malkekvægs fordøjelse med ca. 30 pct. til en pris på ca. 620 kr. pr. ton CO_2e.

11) Der henvises til baggrundsnotatet for den detaljerede beregning.

BOKS II.5 OPGØRELSE AF METANUDLEDNINGER FRA FORDØJELSE

Udledningen på bedriften beregnes som antal køer multipliceret med udledningen pr. ko. Antal køer er en variabel, som nemt kan verificeres. Udledninger pr. ko (pr. dag) kan beskrives ved følgende ligning fra Nielsen mfl. (2013), der også anvendes i SEGES' klimaværktøj ESGreen Tool, jf. Henriksen mfl. (2021):

$$CH_4 = 1{,}23\ (0{,}08)\ \text{x}\ DMI - 0{,}145\ (0{,}039)\ \text{x}\ FA + 0{,}012\ (0{,}005)\ \text{x}\ NDF \qquad (1)$$

hvor:

- CH_4 er metanudledninger fra fordøjelse (MJ metan pr. ko pr. dag)
- DMI er foderoptag af tørstof (kg pr. dag)
- FA er fedtsyreindhold (gram pr. kg tørstof)
- NDF er fiberindhold (gram pr. kg tørstof).

Ligningen angiver, at større foderoptag og højere fiberindhold alt andet lige øger metanudledningerne, mens større fedtsyreindhold giver færre udledninger. Parenteserne i ovenstående ligning angiver standardfejlen på den enkelte koefficient. Standardafvigelsen på fejlledet i prædiktionsligningen er 3,1, og middelværdien er 21,7, jf. Nielsen mfl. (2013). Det medfører, at usikkerheden på fordøjelse kan beregnes til at være ±28 pct. som opgjort efter IPCC's retningslinjer, jf. boks II.4.

Ovenstående ligning er estimeret på baggrund af 211 målinger fra 47 køer fra forskellige forsøg. Forudsat at målingerne er repræsentative, og at metanudledningerne er normalfordelte, vil middelværdien i en ny, tilsvarende stikprøve i 95 ud af 100 tilfælde ligge indenfor konfidensintervallet. En tilsvarende stikprøve kunne eksempelvis være en typisk dansk malkekvægbedrift med ca. 200 køer, jf. eksempelbedriften. Estimatet for spredningen må formodes at kunne opgøres med større præcision, hvis man foretager flere målinger.

En metaanalyse af Niu mfl. (2018) baseret på 154 studier har estimeret tilsvarende ligninger på baggrund af adskillige målinger foretaget i USA, Europa og Australien og finder en usikkerhed i denne type model på ca. 30 pct. som opgjort efter IPCC's retningslinjer. Formålet med oversigtsartiklen er at skabe en international database for målinger af metanudledninger fra malkekvæg og bestemme de variable, der er nødvendige for at forudsige udledningen af metan. I artiklen konkluderes det, at information om foderoptaget (*DMI* i ligningen ovenfor) er den vigtigste indikator for metanudledninger fra fordøjelse. Derudover forbedrer information om fiberindholdet (*NDF* i ligningen ovenfor) opgørelsen. Der afprøves andre forklarende variable som mælkeydelse, kropsvægt, bruttoenergiindtag, proteinindtag og fedtsyreindhold, men ingen af disse variable øger ligningens forklaringskraft. Fedtsyreindholdet er dog signifikant i ovenstående ligning (1), hvilket kan skyldes, at den alene er estimeret på nordisk data. Ifølge oversigtsartiklen er der ikke vigtige indikatorvariable, der er udeladt af ligningen, hvilket indikerer, at ovenstående ligning omfatter de relevante indikatorer for udledningen af metan fra fordøjelse, hvilket i øvrigt er i overensstemmelse med beskrivelsen i afsnit II.2.

UDLEDNINGER FRA GYLLEHÅNDTERING

Drivhusgasudledningerne fra gyllehåndtering består både af metan og lattergas.

Metanudledning fra gyllehåndtering

Opgørelse af metanemission fra husdyrgødning

IPCC-tilgangen, som også anvendes i ESGreen Tool, er, at opgørelsen af metanemission fra husdyrgødning i stald og på lager afhænger af den totale mængde af organisk stof udskilt i gødningen og af en emissionsfaktor, som afhænger af, hvordan gødningen håndteres, jf. IPCC (2006b). Den centrale parameter for emissionsfaktoren er den såkaldte metanomregningsfaktor MCF *(methane conversion factor)*, som angiver omsætningen til metan i procent. Danmark anvender tier 2-tilgangen, hvor nationale parameterværdier for MCF er beregnet for de mest udbredte staldsystemer.

Nationale opgørelser er ikke middelret på bedriftsniveau

Ved hjælp af de nationale MCF-parameterværdier kan udledningerne af metan i princippet beregnes på bedriftsniveau, men disse værdier er som nævnt gennemsnitlige og beregnes eksempelvis for en given temperatur og opholdstid. Det betyder, at beregningen på bedriftsniveau med anvendelse af gennemsnitlige nationale MCF-værdier vil være systematisk forkerte (dvs. ikke middelrette). Lokale forhold, herunder landmandens adfærd, påvirker udledningerne fra gødning. Det vil sige, at der ultimativt er en individuel MCF for hver bedrift. En enkelt MCF-faktor på nationalt niveau kan således ikke tilfredsstillende beskrive udledningen af metan på den enkelte bedrift, og effekten af reduktionstiltag som hyppig udslusning, gyllekøling, forsuring eller biogasbehandling vil tillige være vanskelige at inkludere i et klimaregnskab baseret på gennemsnitlige forhold.

Ikke muligt at måle faktiske udledninger

I litteraturen er der rapporteret om kontrollerede forsøg, hvor metanemissionen fra gødning måles under laboratorielignende forhold, jf. oversigten i Cárdenas mfl. (2021). Der har også været forsøg med direkte målinger af metanudledningerne i stalden og på lageret, jf. f.eks. Petersen mfl. (2016). Det er dog kompliceret at fortolke disse målinger, da der er flere ukontrollerbare faktorer, som kan påvirke målingerne, såsom baggrundsemissionen og opholdstiden for de enkelte dele af gødningen.

Alternativ: Numerisk bedriftsmodel som tier 3-tilgang

I litteraturen argumenteres der for at anvende en tier 3-tilgang til opgørelse af udledningerne på bedriftsniveau, hvor opgørelsen er tilpasset den enkelte bedrift, jf. eksempelvis Møller mfl. (2022), Petersen mfl. (2016) og Sommer mfl. (2004). I denne metodetilgang anvendes en algoritme til at beregne udledningsraten af metan differentieret på de

vigtigste parametre, jf. boks II.6. Denne model beskriver udledningerne af metan pr. tidsperiode, f.eks. pr. time eller pr. dag, i stald henholdsvis lager af gyllen.[12] Modellens parameterværdier stammer fra de ovennævnte forsøg på at måle udledningerne af metan. Usikkerheden i spredningsdimensionen ved anvendelsen af modellen er knyttet til mængden af gødning, som er på 5 pct., jf. IPCC (2006b), og til produktionsraten, som har en usikkerhed på 39,6 pct.[13] Når landmandens adfærd og lokale forhold indarbejdes, vil det medføre, at modellens resultater kan betragtes som middelret på bedriftsniveau.

Beregnede udledninger af metan fra gylle på bedriftsniveau

Hvis ligningen i boks II.6 anvendes på eksempelbedriften, hvor det antages, at stalden tømmes hver måned, og gylletanken tømmes en gang om året, kan de samlede udledninger af metan fra gødningshåndteringen beregnes til 266 ton CO_2e med en usikkerhed på 39,9 pct., som er en aggregering af usikkerheden på mængden af gylle og metanproduktionsraten. Sammenlignes estimatet for metanudledningen for eksempelbedriften med en beregning baseret på IPCC's nationale faktorer, som giver en metanudledning på 203 ton CO_2e, er udledningerne ca. 24 pct. lavere ved at anvende metoden i boks II.6.

Der er flere virkemidler til reduktion af metanudledning

Der er flere forskellige virkemidler, som kan reducere udledningen af metan fra gyllehåndtering. Det drejer sig om hyppig udslusning, gyllekøling, biogas og gylleforsuring. Effekten af hyppig udslusning og gyllekøling kan beregnes direkte i modellen. For eksempel kan de samlede metanemissioner reduceres med 12 pct. ved at tømme stalden hver 14. dag i stedet for hver måned. Dette reduktionstiltag må forventes at være relativt billigt.

12) Da det organiske stof nedbrydes, vil der være en mindre mængde til rådighed i de efterfølgende perioder og dermed alt andet lige færre udledninger.

13) Usikkerheden er beregnet baseret på Petersen mfl. (2016) og Møller mfl. (2022). Iltfrie forhold og metanbakterier er forudsætninger for metanproduktion i gødning. Disse betingelser kan variere fra stald til stald og afhænger bl.a. af landmandens evne til at tømme stalden helt for gyllerester. Usikkerheden er approksimeret ved hjælp af varianskoefficienten.

BOKS II.6 MODEL TIL AT BESKRIVE METANUDLEDNINGER FRA KVÆGGYLLE

Udgangspunktet for opgørelsen af emissionen af metan fra gylle er følgende ligning, som beskriver udledningsraten af metan, jf. Petersen mfl. (2016) og Møller mfl. (2022):

$$F_t = VS * 24 * e^{(lnA - \frac{E}{RT})} \quad (1)$$

hvor F_t er udledningsraten (opgjort i gram metan pr. dag), VS er kg organisk stof og lnA (gram metan pr. kg VS pr. time) angiver metanomdannelsespotentialet af det organiske stof. E (J mol^{-1}) er parameteren for metanproduktionens temperaturafhængighed, R er en gaskonstant (J mol^{-1} K^{-1}), og T er temperaturen (målt i Kelvin K). Temperaturen og *lnA* bedriftsafhængige.

I modelen forudsættes det, at mængden af det organiske stof i stald og lager og temperaturen er de eneste kontrolvariable i forhold til udledningsraten. De daglige udledningsrater danner grundlaget for at beregne den samlede udledning af metan fra en given bedrift, hvor landmanden kan påvirke opholdstid og dermed mængden af organisk stof i stald og lager. Det organiske stof nedbrydes, når mængden af karbon reduceres, hvilket giver lavere udledninger af metan fra den givne mængde af gødning. Givet disse reduktioner i mængden af organisk stof pr. ton gødning og den daglige tilførsel til og afgang fra stalden og lageret, kan udledningerne bestemmes.

Danske målinger af udledningsraten i f.eks. Petersen mfl. (2016), Elsgaard mfl. (2016) og Husted (1994) dækker de vigtigste staldtyper for malkekøer. Baseret på disse studier og IPCCs tilgang er usikkerheden på udledningsraten beregnet 39,6 pct. Usikkerheden på gyllemængden er fastsat af IPCC til 5 pct., hvilket giver en samlet usikkerhed på udledninger af metan fra gylle på en tilfældig bedrift på 39,9 pct.[a)] Flere målinger vil kunne reducere usikkerheden på beregningerne af de gennemsnitlige udledninger på bedriftsniveau.

Eksempel på anvendelse

Ud fra ligning 1 kan udledningerne af metan pr. dag beregnes pr. kg VS. Anvendes værdierne fra Petersen mfl. (2016)[b)] og Møller mfl. (2022) kan udledningerne af metan pr. dag fra 1 kg VS beregnes til 0,3153 g metan. Hvis det illustrativt antages, at malkekøerne i den givne stald producerer 1 kg VS i gennemsnit pr. dag og at stalden tømmes for gødning efter 30 dage, så produceres der i alt 30 kg VS, som har en gennemsnitlig opholdstid i stalden på 15 dage. Det vil sige:

$$\text{Metanemission pr. tømning} = 0{,}3153 * 30 * 15 = 141{,}9\ g\ CH_4 \quad (2)$$

med et usikkerhedsinterval på 85,1 til 198,6 g CH_4 svarende til ±40 pct.

Udledningerne fra lageret kan beregnes på samme måde. Her er det muligt at korrigere for, at mængden af organisk stof nedbrydes over tid, så mængderne og dermed udledningerne reduceres.

a) Den aggregerede usikkerhed er beregnet efter anvisningerne i kapitel 3 i IPCC (2006a, 2019).

b) Temperaturværdien er 9,8 °C. Da temperaturen i malkestalde og gylletanke varierer henover året, vil emissionsraterne også ændre sig i forhold til de klimatiske forhold. Derfor skal udledningerne opgøres månedligt.

Udledning af lattergas fra gyllehåndtering

Beregning af udledning af lattergas

De direkte og indirekte udledninger af lattergas opgøres i de nationale opgørelser på baggrund af kvælstofindholdet i gødningen multipliceret med en emissionsfaktor. Det forudsættes, at den direkte emissionsfaktor er 0,5 pct. af den mængde af kvælstof, der udledes som lattergas fra opbevaret gylle i tank med naturligt flydelag, og 0,2 pct. af kvælstofmængden i stald, der udledes som lattergas, jf. Nielsen mfl. (2022).[14] Disse emissionsfaktorer følger IPCC's anbefalinger (tier 1-tilgang). De indirekte udledninger beregnes også som en andel af mængden af kvælstof i gødningen, men her korrigeres for, at det kun er en mindre andel, der fordamper som ammoniak. Den andel, som fordamper, forudsættes at være 7,8 pct., mens emissionsfaktoren er 1 pct. Disse emissionsfaktorer er ikke middelrette på bedriftsniveau. For eksempelbedriften er de samlede lattergasudledninger 90 ton CO_2e, hvoraf 13 ton CO_2e er indirekte udledninger af lattergas.

Stor usikkerhed på emissionsfaktoren for lattergas

Usikkerhederne på disse beregninger er angivet af IPCC og DCE. Den samlede usikkerhed på kvælstofudskillelse er i den nationale opgørelse vurderet til at være 25 pct., mens usikkerheden på emissionsfaktoren er 100 pct.[15] Usikkerheden for aktivitetsdata for den indirekte udledning af lattergas svarer til den usikkerhed, der er beregnet for ammoniakemissionen for husdyrgødning i stald og lager i den nationale ammoniakopgørelse, hvilket er opgjort til en usikkerhed på 15 pct.

UDLEDNINGER FRA UDBRAGT GØDNING

Lattergasudledning afhænger af kvælstofindhold

De direkte lattergasemissioner fra den gødning, der tilføres afgrøderne på marken, er knyttet til kvælstofindholdet i gødningen og dermed til forbruget af gødning. I de nationale opgørelser anvendes en emissionsfaktor på 1 pct. for både handelsgødning og forskellige former for organisk gødning (inkl. husdyrgødning og spildevandsslam). Dette følger IPCC-tilgangen, jf. IPCC (2006a). Den samme emissionsfaktor anvendes til at beregne lattergasudledninger fra planterester. Ifølge IPCC (2019) er 95 pct. konfidensintervallet mellem 0,1 pct. og 1,8 pct. I praksis betyder dette, at udledningerne på den enkelte bedrift både kan være betydeligt mindre eller større afhængig af kvælstofoverskuddet,

14) Herefter omregnes fra N_2O-N til N_2O ved at multiplicere med 44/28, der er en standardværdi angivet af IPCC. Ligninger, der beskriver udledninger af lattergas fra gyllehåndtering, kan findes i kapitlets baggrundsnotat.

15) Som nævnt tidligere i afsnittet angiver IPCC usikkerheden til 100 pct. i de tilfælde, hvor de vurderer, at usikkerheden er stor og svær at kvantificere.

jordens surhedsgrad, temperatur, dyrkningsmetoder, nedbør mv.[16] I eksempelberegningen er summen af de direkte og indirekte lattergasudledninger fra udbragt gødning beregnet til ca. 170 ton CO_2e.

Ny forskning kan tyde på, at danske udledninger overvurderes, …

IPCC's emissionsfaktor passer godt på nogle lande, men har en tendens til at overvurdere udledningerne i europæiske lande. Ifølge en analyse af lattergasemissionsfaktoren baseret på 71 individuelle tyske studier finder Mathvanen mfl. (2021), at den nationale opgørelse for Tyskland er overvurderet med ca. 8,6 pct. Foreløbige resultater fra et igangværende dansk studie tyder på en gennemsnitlig emissionsfaktor på ca. 0,7 pct. med store variationer afhængig af jordbundstype, gennemsnitlig nedbør og tilgængelighed af organisk materiale, jf. Petersen mfl. (2022). Det kan tyde på, at emissionsfaktoren samlet set også overvurderer lattergasudledningerne for Danmark og dermed ikke er middelret.

… og forskning i emissionsfaktorer er derfor vigtig

Der foregår i øjeblikket et større studie med deltagelse af Aarhus Universitet, Københavns Universitet og SEGES Innovation ved navn *Nationale emissionsfaktorer for lattergas fra kvælstofgødning og sædskifter*, der har til formål at udvikle nationale emissionsfaktorer, der tager højde for danske forhold. Projektet forventes afsluttes i 2024. Foreløbige resultater tyder på, at der er stor variation i lattergasudledninger på tværs af tid og sted, jf. Petersen mfl. (2022). Derudover tyder det på, at på typiske danske jordbundsforhold er emissionsfaktoren for husdyrgødning højere sammenlignet med handelsgødning, hvilket er i modsætning til IPCC's globale anbefalinger, jf. IPCC (2019). Nye nationale emissionsfaktorer for lattergasudledninger fra gødning i marken vil derfor være et vigtigt bidrag til det nødvendige vidensgrundlag bag et klimaregnskab.

Flere virkemidler til reduktion af udledninger fra udbragt gødning

Som nævnt ovenfor afhænger den nuværende emissionsfaktor på udbragt gødning kun af mængden af kvælstof. Det medfører, at en måde, hvorpå landbruget i dag kan reducere lattergasemissioner fra gødning (og samtidig blive tilskrevet reduktionen i de nationale opgørelser), er ved at anvende mindre kvælstof. Det kan medføre lavere udbytter og reduceret kulstofbinding i jorden. Der er dog flere positive klima- og miljøeffekter af et lavere kvælstofforbrug, fordi det både reducerer de direkte lattergasudledninger samt de indirekte udledninger i form af ammoniakfordampning og udvaskning fra rodzonen. Et lavere samlet kvælstof- og gødningsforbrug kan opnås ved sædskifte til en afgrøde som f.eks. græs, der kræver mindre kvælstof. Et andet virkemiddel er

16) På danske forhold er der også en geografisk dimension, da risikoen for lattergasudledninger er størst på sandjorde i Vestjylland, hvor den gennemsnitlige nedbør også er højere sammenlignet med Østdanmark.

syntetiske nitrifikationshæmmere, der forsinker omdannelsen fra ammonium til nitrat og dermed forlænger den periode, hvor kvælstoffet har en form, som planterne kan optage. Dette medfører, at emissionsfaktoren for gødning med nitrifikationshæmmere kan reduceres, og samtidig stiger udnyttelsesprocenten, så det er muligt at anvende mindre gødning.

ANDRE UDLEDNINGSKILDER

I de tre foregående delafsnit er de tre største udledningskilder gennemgået, mens dette delafsnit diskuterer opgørelsen af tre mindre udledningskilder:

- Planterester
- Tilførsel af kalk
- Ændringer i kulstofpuljen i jorden.

Udledninger fra planterester opgøres ligesom udbragt gødning

Lattergasudledningerne fra planterester beregnes på baggrund af kvælstofindholdet i planterester over henholdsvis under jorden. Hvis planterester over jorden som f.eks. halm bjærges, fratrækkes dette. Udledningerne afhænger af afgrødetype og høstudbytte. Der anvendes samme emissionsfaktor som ved udbragt gødning, dvs. 1 pct. af kvælstofindholdet, jf. IPCC (2006a, 2019), og der er samme usikkerhed for emissionsfaktoren, dvs. 95 pct. konfidensintervallet er 0,1-1,8 pct. Der er også positive effekter af planterester, fordi de bidrager til at øge jordens kulstofpulje og dermed dens dyrkningskvalitet, jf. Petersen mfl. (2022). Et eksempel på dette er efterafgrøder.[17] På eksempelbedriften udgør lattergasudledninger fra planterester ca. 50 ton CO_2e.

Relativt sikker opgørelse af udledninger fra kalk

Markerne tilføres kalk med nogle års mellemrum med det formål at holde jordens surhedsgrad i et niveau, der er passende for planteproduktion. Udledningen af CO_2-emissioner fra tilførslen af kalk på marken beregnes som en molaromregning fra kalk (calciumkarbonat) over kulstof til CO_2. Det kan sammenlignes med opgørelsen af udledningerne fra fossile brændsler, jf. tidligere i afsnittet. CO_2-indholdet i kalk er kendt, men det er uvist, hvorvidt alt CO_2 i kalken omdannes samme år, som det udbringes, jf. IPCC (2019). Derfor er usikkerhedsintervallet

17) Den øgede kulstofbinding i jorden som følge af efterafgrøder kan opgøres til ca. 1.000 kg CO_2e pr. ha, mens lattergasudledningerne øges med ca. 173 kg CO_2e pr. ha med anvendelse af en emissionsfaktor på 1 pct. af kvælstofindholdet i planterester. Dermed er der en nettoreduktion i udledninger ved efterafgrøder, jf. Olesen mfl. (2018).

ikke symmetrisk. I eksemplet i dette afsnit forudsættes det, at der tilføres 170 kg kalk pr. ha om året, hvilket svarer til en årlig udledning på ca. 11 ton CO_2e.

Kulstofinput kan beregnes i forhold til et referenceforløb

En af udfordringerne ved at opgøre ændringer i jordens kulstofpulje er, at det er nødvendigt at sammenholde klimaeffekten af landmandens dyrkningspraksis med et grundforløb. Forskere hos Aarhus Universitet har foreslået en metode til at beregne klimaeffekten af ændret kulstofinput, der tager højde for netop dette forhold, jf. Kristensen mfl. (2021).[18] Formålet med modellen er at beregne den etårige klimaeffekt uden at tage højde for den historiske udvikling, eller hvad der sker bagefter. I metoden sammenlignes ændringerne i jordens kulstofpulje med et grundforløb, der er lig med et typisk nationalt kulstofinput svarende til en hvedemark med gennemsnitligt udbytte. Der sammenlignes med det gennemsnitlige nationale kulstofinput, da det på tværs af bedrifter vil give et resultat, der er tæt på det nationale gennemsnit. Dermed er det kun afvigelser fra det nationale gennemsnit, der indgår i bedriftsregnskabet. Dette princip betegnes *additionalitet* og medfører i praksis, at ændringer i jordens kulstofindhold vil være forholdsvis små. I eksemplet i dette afsnit medfører et typisk sædskifte med afgrødetyperne vårbyg, slætgræs og majs på i alt 146 ha CO_2e-udledninger på knap -38 ton CO_2e svarende til et nettooptag, jf. ovenstående figur II.8.

OPSAMLING

Ud fra gennemgangen i dette afsnit kan der uddrages følgende forhold om usikkerheden i opgørelsen af drivhusgasudledningerne fra en typisk malkekvægsbedrift, jf. tabel II.3.

Middelrette opgørelser for ca. 65 pct. af landbrugets samlede udledninger

De samlede udledninger fra eksempelbedriften er beregnet til 1.721 ton CO_2e, hvoraf metanudledninger fra fordøjelse og gyllehåndtering udgør knap 85 pct. Det vurderes, at udledningerne fra disse to kilder kan opgøres middelrette på bedriftsniveau med de nuværende kendte modeller. Det betyder, at klimaregulering baseret på disse opgørelser vil give landmanden retvisende incitamenter til at foretage reduktioner, og dermed kan disse to udledningskilder udgøre grundlaget for en detaljeret opgørelse. Spredningen på disse udledningskilder kan estimeres mere præcist ved at foretage flere forsøg. Hvis opgørelsen af ud-

18) Denne metode anvendes også i SEGES's klimaværktøj, jf. Henriksen mfl. (2021).

ledningerne fra eksempelbedriften skaleres op til at dække hele landbruget, så vil de middelrette opgørelser kunne dække ca. 65 pct. af de samlede udledninger fra landbruget.[19]

TABEL II.3 OPGØRELSE AF UDLEDNINGER FRA EKSEMPELBEDRIFT

Tabellen viser de beregnede udledninger fra en typisk malkekvægsbedrift opdelt på de enkelte udledningskilder og angiver dels, hvorvidt estimatet kan siges at være middelret, dels den usikkerhed udledningerne kan opgøres med, hvor sidstnævnte kun er angivet for de middelrette estimater.

Udledningskilde	Ton CO_2e	Andel pct.	Middelret	Usikkerhed pct.
Fordøjelse	1.171	66	Ja	28[a)]
Gylle (metan)	266	17	Ja	40[b)]
Gylle (lattergas)	90	5	-	-
Udbragt gødning	171	10	-	-
Afgrøderester	50	3	-	-
Kalk	11	1	-	-
Kulstofpulje	-38	-2	-	-
I alt	1.721	100		

a) Usikkerheden ved beregning af metan udledningen fra fordøjelse er beregnet med baggrund i ligningen for malkekvæg, jf. Nielsen mfl. (2013).

b) Usikkerheden er beregnet på baggrund af Møller mfl. (2022).

Anm.: Fordøjelse er relateret til husdyr, gylle er relateret til dyrenes urin og afføring, udbragt gødning er relateret til husdyrgødning og handelsgødning, afgrøderester er relateret til afgrøder og deres udbytte, kalk angiver forbruget i marken, og kulstofpulje er ændringer i CO_2-indholdet i jorden.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af IPCC (2006a, 2014, 2019) og Albrektsen mfl. (2021).

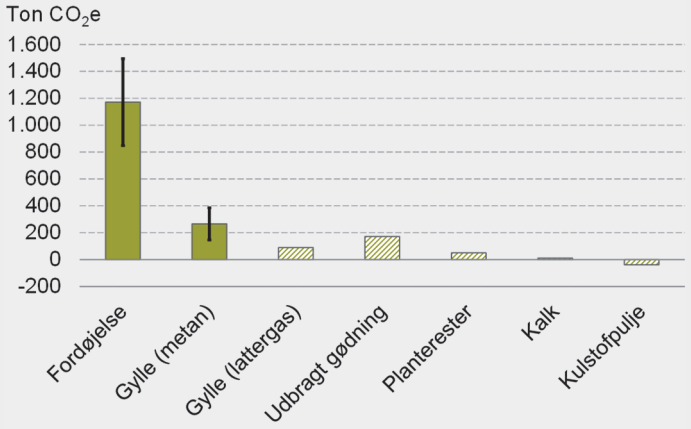
Middelrette estimater vedrørende stald, men ikke mark

Det er særligt udledninger fra marken, herunder udbragt gødning og planterester, hvor de nuværende opgørelser er baseret på metoder, som med den nuværende viden ikke kan opgøres middelret på bedriftsniveau. I stedet bør disse udledningskilder opgøres efter en simpel model, indtil der bliver udarbejdet bedre opgørelsesmetoder, jf. også afsnit II.5. Opgørelserne på udledninger fra fordøjelse og gødningshåndtering er som nævnt middelrette på bedriftsniveau, jf. figur II.9.

19) I beregningen forudsættes det, at det er muligt at beregne udledningerne fra fordøjelse og gødningshåndtering på andre bedriftstyper med middelrette estimater. Fordøjelse fylder mest på malkekvægbedrifter, og der er større sikkerhed om f.eks. temperatur i lukkede grisestalde. Der ses bort fra udledninger fra arealanvendelse inkl. CO_2 fra lavbundsjorde.

FIGUR II.9 USIKKERHED FOR UDLEDNINGSKILDER

De grønne søjler viser de beregnede drivhusgasudledninger fra eksempelbedriften. Søjlerne yderst til højre er skraverede for at indikere, at opgørelsen af udledningen fra disse kilder ikke er middelret. De sorte streger på de to første søjler angiver den spredning, som udledningerne fra de enkelte kilder kan opgøres med baseret på den nuværende viden.



Kilde: Egne beregninger på baggrund af IPCC (2006a, 2014, 2019).

II.5 DISKUSSION

Indhold i afsnittet

Først beskrives et forslag om et klimaregnskab med en simpel henholdsvis detaljeret opgørelse af drivhusgasudledningerne på bedriftsniveau, og incitamenterne i et sådant system diskuteres. Afslutningsvis diskuteres indfasning af en CO_2e-afgift på landbrugets udledninger.

KLIMAREGNSKAB MED SIMPEL HHV. DETALJERET OPGØRELSE

Klimaregnskab skal give incitament til omstilling

I afsnit II.3 er gennemgået nogle forslag til klimaregnskaber i udlandet og i Danmark, hvor formålet, via pålæggelse af en CO_2e-afgift eller tillæg til afregningsprisen, er at tilskynde den enkelte landmand til at reducere bedriftens drivhusgasudledninger. Et klimaregnskab skal derfor give de rigtige incitamenter til en omkostningseffektiv omstilling.

Opgørelserne skal være dækkende, middelrette på bedriftsniveau og kontrollerbare

En forudsætning for, at landbrugets drivhusgasudledninger kan afgiftsbelægges, er, at der etableres klimaregnskaber for den enkelte bedrift. Et sådant klimaregnskab skal som udgangspunkt medtage alle drivhusgasudledninger relateret til landbrugsproduktionen. Samtidig bør opgørelserne i bedriftsregnskabet tage udgangspunkt i de mest præcise og middelrette opgørelser af de faktiske udledninger og den mest opdaterede viden om effekten af forskellige reduktionstiltag. Begge dele er vigtige, fordi målet med klimaregnskabet er at sikre, at den enkelte landmand har incitament til at foretage omkostningseffektive reduktioner og derfor skal have mulighed for at vælge mellem alle relevante tiltag. For at klimaregnskabet kan anvendes som beskatningsgrundlag, skal det desuden kunne kontrolleres af myndighederne. I praksis kan der være behov for en afvejning mellem disse krav, hvilket diskuteres nedenfor.

New zealandsk forslag om klimaregnskab

I New Zealand er der et forslag om at indføre en afgift på landbrugets drivhusgasudledning baseret på et klimaregnskab på to niveauer, jf. beskrivelsen i afsnit II.3. I det følgende lægges denne tilgang til grund for rammerne for et dansk klimaregnskab. Nedenfor diskuteres først den simple, dernæst den detaljerede udgave af klimaregnskabet.

Simpel opgørelse er ikke middelret, men ubureaukratisk

Simpelt klimaregnskab kan baseres på nationale faktorer, …

Et simpelt klimaregnskab kan baseres på nationale udledningsfaktorer opdelt på antal dyr af forskellig type og race samt landbrugsareal fordelt på afgrødetyper, som også anvendes i den officielle nationale opgørelse (såkaldte tier 1- eller 2-niveau). Et simpelt klimaregnskab kan danne grundlag for en beskatning af landbrugets drivhusgasudledning, hvorved det er muligt at indføre en drivhusgasafgift, der er ens på tværs af sektorer.

… men opgørelsen er ikke middelret

En vigtig egenskab ved det simple klimaregnskab er, at det er nemt at udfylde for landmanden og nemt at kontrollere af myndighederne, idet en stor del vil kunne baseres på eksisterende data, som landmanden allerede indberetter, f.eks. i forbindelse med gødningsregnskabet og de årlige ansøgninger om hektarstøtte til EU. I afsnit II.4 blev det imidlertid vist, at ikke alle udledninger kan opgøres middelret på bedriftsniveau baseret på de nationale faktorer. Desuden medregnes mulige effekter af forskellige reduktionstiltag ikke i det simple klimaregnskab, og landmanden har derfor kun et begrænset antal muligheder for at ændre på opgørelsen af udledningen fra sin bedrift. Derved vælges ikke nødvendigvis de mest omkostningseffektive løsninger.

Detaljeret klimaregnskab forbedrer incitamenterne

Detaljeret klimaregnskab muliggør flere reduktionstiltag, …

Det detaljerede klimaregnskab skal afspejle bedriftsspecifikke forhold (svarende til IPCC's tier 3-niveau). I forhold til den simple opgørelse bør den detaljerede derfor kun omfatte udledningskilder, hvor udledningen kan opgøres middelret på bedriftsniveau. Med en detaljeret opgørelse får den enkelte landmand desuden mulighed for at få godskrevet en række forskellige reduktionstiltag, hvorved afgiftsbetalingen mindskes. Landmænd med det detaljerede klimaregnskab får dermed et incitament til at vælge de reduktionstiltag, som er billigst på den pågældende bedrift.

… men kræver mere dokumentation

Gennemførsel af forskellige reduktionstiltag skal kunne dokumenteres, for at reduktionen kan tælles med i opgørelsen. Den detaljerede opgørelse kræver derfor mere dokumentation end den simple, men den enkelte landmand har et incitament til at fremlægge den nødvendige dokumentation, da dokumenterede tiltag indebærer lavere opgjort udledning og dermed lavere afgiftsbetaling.

Flere udledningskilder kan i dag opgøres detaljeret

Metanudledning fra fordøjelse og gyllehåndtering kan opgøres middelret på bedriftsniveau

I afsnit II.4 er gennemgået den nyeste viden om, hvordan udledningen fra forskellige kilder kan beregnes. Gennemgangen peger på, at metanudledninger fra fordøjelse og gyllehåndtering allerede i dag kan opgøres middelret på bedriftsniveau med en usikkerhed på 28 henholdsvis 40 pct. Disse udledningskilder udgør ca. 85 pct. af udledningerne fra en typisk malkekvægsbedrift eller ca. 65 pct. af landbrugets samlede drivhusgasudledninger. Baseret på den tilgængelige viden i dag, vil det detaljerede klimaregnskab dermed kunne omfatte udledningerne fra disse to kilder. I afsnit II.4 peges også på kendte reduktionstiltag relateret til disse to kilder.

Vigtigt at forbedre udledningsfaktorer med lav nøjagtighed

Udledningskilderne udbragt gødning, planterester og lavbundsjorde kan med den nuværende viden ikke opgøres retvisende på bedriftsniveau. Det taler for, at disse udledningskilder i begyndelsen kun kan opgøres med det simple klimaregnskab. Det er derfor vigtigt at foretage de nødvendige undersøgelser for at opnå middelrette opgørelser på bedriftsniveau for disse udledningskilder, der tager højde for forhold som gødningstype, jordbundstype og nedbør.

Aftale om udtagning af lavbundsjorde

I det såkaldte implementeringsspor i *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug* er det aftalt at udtage op imod 100.000 ha lavbundsjorde inkl. randarealer ud af et samlet areal på ca. 171.000 ha. Der er nedsat en ekspertgruppe, som skal komme med anbefalinger til, hvordan udtagning af lavbundsjord kan ske effektivt, jf. Ministeriet for Fødevarer,

Landbrug og Fiskeri (2022). Dette arbejde vil muligvis kunne danne grundlag for, hvordan udledningen forbundet med lavbundsjorde vil kunne inddrages i et detaljeret klimaregnskab, og dermed hvilken afgiftsreduktion udtagning af lavbundsjorde kan give anledning til. Det vil være hensigtsmæssigt, at den enkelte bedrift selv kan vælge, om det er billigst at udtage lavbundsjorde eller gennemføre andre reduktionstiltag. Dette vil være mere omkostningseffektivt end at indføre anden regulering eksempelvis i form af et subsidier til udtagning af lavbundsjorde udover den nuværende hektarstøtte.[20]

Sammenhæng mellem miljø- og klimaregulering

Det er desuden vigtigt at være opmærksom på, at klimaregulering af landbruget via en CO_2e-afgift har sammenhæng med den gældende miljøregulering af landbruget. Det gælder primært for kvælstofregulering, fordi det er de samme produktionsprocesser i marken, der skaber begge typer af forurening, jf. også afsnit II.2. Et eksempel på et virkemiddel, der påvirker både drivhusgasudledningerne og kvælstofforureningen, er at sænke produktionen ved udtagning af landbrugsarealer. Mange virkemidler, som nedbringer kvælstofudledningen, vil dermed også kunne medtages i det detaljerede klimaregnskab som et tiltag til at nedbringe drivhusgasudledningen fra bedriften.

Produktion af vedvarende energi indgår ikke i klimaregnskabet

Der er derimod ikke tale om et reduktionstiltag, som kan godskrives i klimaregnskabet, hvis der eksempelvis opsættes solceller på bedriften. Produktionen af strøm med en vedvarende energikilde kan fortrænge CO_2-udledning fra afbrænding af fossile brændsler i elproduktionen, men landmanden vil blive betalt for dette i form af en afregning af levering af grøn strøm på det frie marked, mens en eventuel CO_2-reduktion indregnes som en lavere udledning fra forsyningssektoren.

INCITAMENTER I ET DETALJERET KLIMAREGNSKAB

Klimaeffektive bedrifter har incitament til at vælge detaljeret klimaregnskab

I det newzealandske forslag lægges op til, at det simple klimaregnskab skal være obligatorisk for alle bedrifter, mens det detaljerede klimaregnskab kan tilvælges. Da der med det detaljerede regnskab er bedre mulighed for den enkelte bedrift til at gennemføre og få godskrevet forskellige reduktionstiltag, vil den klimaeffektive bedrift derfor have et incitament til at overgå til det detaljerede klimaregnskab fremfor det simple.

20) I de opdaterede beregninger for en samfundsøkonomisk effektiv opnåelse af klimalovens reduktionsmål på 70 pct. i 2030 er det antaget, at implementeringssporet i *Aftale om grøn omstilling af landbruget* gennemføres via subsidier, jf. også rapportens kapitel I.

Afvejning mellem dækning og dokumentationskrav

For mindre bedrifter med begrænset udledning kan det være tilfældet, at omkostningerne i form af større dokumentationskrav vil overstige deres gevinst ved en afgiftsreduktion fra gennemførsel af reduktionstiltag. I det newzealandske forslag er dette netop et argument for, at der skal være mulighed for, at bedrifter kan vælge kun at udfylde og betale afgift på baggrund af et simpelt klimaregnskab.

Overvej afgiftsnedslag i detaljeret model

Ideelt set overgår de fleste bedrifter på et tidspunkt til det detaljerede klimaregnskab, hvorved der sikres de fulde incitamenter til omkostningseffektive drivhusgasreduktioner i landbruget. Hvis det på et tidspunkt vurderes, at der er for få, som overgår til det detaljerede klimaregnskab, kunne en overgangsordning være at give et bundfradrag i afgiftsbetalingen for bedriftens udledninger, hvis der anvendes det detaljerede i stedet for det simple klimaregnskab. Dette vil ikke forvride incitamenterne til at foretage omkostningseffektive reduktionstiltag på den enkelte bedrift.

Incitament til forskning i reduktionstiltag og forbedret måling

Mulighederne for at få godskrevet reduktioner i det detaljerede klimaregnskab betyder, at landmændene vil efterspørge nye løsninger, hvorved også landbrugets andre aktører, herunder landbrugskonsulenter, leverandører, fødevareindustrien og forskningsinstitutioner, får et incitament til at foreslå og udvikle reduktionstiltag. Den detaljerede opgørelse på bedriftsniveau giver tilsvarende et incitament til at forske i mere præcise opgørelser af udledningerne fra forskellige kilder, hvorved usikkerheden i opgørelserne vil kunne mindskes over tid.

Vigtigt med hurtig og transparent godkendelsesproces

For hele tiden at give de bedste incitamenter til omkostningseffektiv reduktion er det vigtigt, at klimaregnskabet baseres på den nyeste viden om emissionsfaktorer og effekten af forskellige reduktionstiltag. Det er derfor væsentligt med hurtige og transparente procedurer for opdatering af de detaljerede opgørelser med ny viden og inddragelse af nye reduktionstiltag, hvis deres klimaeffekt kan dokumenteres. Desuden skal det præciseres, hvad der kræves af dokumentation, herunder antallet af studier og validiteten af de enkelte studier. Et element i godkendelsen skal også være en angivelse af, hvilken dokumentation landmanden skal levere, som gør det muligt at kontrollere, at tiltaget anvendes på den enkelte bedrift. For at allerede kendte reduktionstiltag kan inddrages i klimaregnskabet, skal de gennem godkendelsesprocessen ligesom nye tiltag.

IPCC godkender i sidste ende, …

IPCC har ansvaret for godkendelse af de nationale beregninger, men deres godkendelsesprocedure kan være langstrakt. Eksempelvis kan Danmark endnu ikke indregne effekten af nitrifikationshæmmere, fordi det kræver, at der først er udarbejdet en national emissionsfaktor på

tier 2-niveau for udbragt gødning. Det kan derfor være hensigtsmæssigt at indarbejde nye tiltag i det detaljerede klimaregnskab, før de er godkendt af IPCC, for at give landbruget incitament til at implementere nye reduktionstiltag hurtigst muligt. I det newzealandske forslag til et klimaregnskab anbefales det at indføre et implementeringsråd, der har ansvaret for at vedligeholde opgørelsesmetoderne i bedriftsregnskabet. Samtidig lægges der op til, at alle interessenter kan bidrage med bud på andre opgørelsesmetoder mv.

… men behov for hurtig dansk godkendelse

En mulighed er derfor, at nye forslag til beregning af forskellige typer af udledninger samt nye reduktionstiltag kan godkendes af en dansk uafhængig og fagligt funderet instans. Godkendte tiltag skal kunne lægges til grund for den detaljerede opgørelse, også før de kan anvendes i den nationale IPCC-opgørelse. Klare procedurer for dansk godkendelse vil give landmænd og andre aktører i sektoren tillid til, at nye tiltag og procedurer med dokumenteret klimaeffekt hurtigt vil blive inddraget i klimaregnskabet med afgiftsreduktioner svarende til de dokumenterede effekter. En sådan tillid er afgørende for, at systemet giver et incitament til at udvikle, tilpasse og dokumentere nye klimavenlige teknologier og tiltag.

AFVEJNING AF EFFEKTIVITET OG FORDELINGSHENSYN

Muligt at kompensere for usikkerhed på beregnet udledning

Som ovenfor nævnt vil det være samfundsøkonomisk effektivt at beskatte drivhusgasudledningen fra landbruget baseret på en beregnet opgørelse af den enkelte bedrifts udledninger. Det vil være tilstrækkeligt, at opgørelserne på bedriftsniveau er middelrette. Imidlertid vil der være variation mellem bedrifterne i den faktiske, ikke-målte udledning, der er større på de landbrugsrelaterede udledninger end på udledningerne ved forbrænding af fossile brændsler, jf. afsnit II.4. Det medfører, at nogle landmænd vil betale for lav en afgift, mens andre vil betale for høj en afgift i forhold til deres faktiske udledninger. Den enkelte landmand vil imidlertid ikke selv være klar over det. Af hensyn til effektiviteten er det derfor ikke nødvendigt at kompensere for dette. Hvis der er et politisk ønske om at undgå overbeskatning af nogle bedrifter, er det er muligt at kompensere herfor ved et fast nedslag i de opgjorte udledninger, der afspejler usikkerheden. Det er vigtigt, at nedslaget ikke forvrider incitamentet for den enkelte landmand til at vælge omkostningseffektive reduktionstiltag, hvorfor nedslaget ikke bør afhænge af, om der anvendes reduktionstiltag på bedriften.

Også andre skatter lægges på usikre grundlag

Beskatning af landbrugets drivhusgasudledninger baseret på en opgørelse behæftet med usikkerhed vil ikke være et enestående tilfælde i det danske skattesystem. Beskatning af drivhusgasudledning fra forbrænding af fossil energi er ligeledes baseret på beregnede værdier, jf. afsnit II.4. Et andet eksempel er boligbeskatning, som også er baseret på beregnede værdier. Det er ikke muligt at observere markedsprisen på et hus, med mindre huset har været handlet for nyligt, og derfor beregnes boligskatten i stedet baseret på en estimeret værdi, der afhænger af forskellige determinanter, f.eks. grundens størrelse, husareal, antal værelser, energimærke mv. Dette introducerer usikkerhed. I det nye boligskattesystem, der forventes at træde i kraft fra 2024, tages der højde for denne usikkerhed ved at give et nedslag på 20 pct. af vurderingen. Det er også kun muligt at klage over en vurdering, hvis den er mere end 20 pct. forkert.

INDFASNING AF CO_2e-AFGIFT I LANDBRUGET

Sikkerhed om klimapolitikken er vigtigt incitament

En del af de mulige reduktionstiltag i landbruget vil kræve betydelige investeringer, f.eks. etablering af afhentningstank til bioforgasning af gylle eller anlæg til gyllekøling, vådlægning af lavbundsjorde eller omlægning fra malkekvæg til anden bedriftstype med lavere udledningsintensitet. For at få gennemført de mest omkostningseffektive reduktionstiltag er det derfor væsentligt, at klimareguleringen af landbruget frem mod 2030 hurtigt bliver afklaret.

Anbefaling af en ensartet CO_2e-afgift

Formandskabet har tidligere anbefalet en ensartet CO_2e-afgift for at opnå en omkostningseffektiv opfyldelse af reduktionsmålet i klimaloven, jf. *Økonomi og Miljø, 2020*. Siden 1993 har der været en CO_2-afgift på visse energiprodukter, som er rettet mod energiforbruget i husholdninger og erhverv, mens landbrugets udledning af metan og lattergas fortsat er afgiftsfritaget.

Argumenter for hurtig annoncering

Af hensyn til landbrugets incitamenter til forskning og udvikling er det vigtigt hurtigt at annoncere en CO_2e-afgift frem mod 2030. Muligheden for at benytte og opdatere det detaljerede klimaregnskab giver netop et incitament for landbruget til at stille eksisterende information til rådighed for myndighederne samt til at bidrage med at fremskaffe og dele yderligere information og ny viden.

Investeringsudgifter kan tale for langsom indfasning

Afholder landbruget omkostninger til investeringer og forskning, kan de på længere sigt spare afgiftsbetaling. Dette kan tale for at starte med en lav afgiftssats og gradvis indfasning af afgiften frem mod 2030. Samtidig kan der være behov for, at staten støtter forskning og udvikling i en periode. Det er imidlertid vigtigt, at landbrugssektoren har et

incitament til at efterspørge denne viden og selv bidrager med forskning og udvikling. En CO_2e-afgift baseret på klimaregnskaber, der er detaljerede og løbende opdateres, kan både give dette incitament og samtidig give incitament til at stille den nye viden til rådighed for myndighederne.

II.6 SAMMENFATNING OG ANBEFALINGER

Klimaloven er udgangspunkt for dansk klimapolitik

Udgangspunktet for dansk klimapolitik er klimaloven, der indeholder et mål om klimaneutralitet i 2050 og et delmål i 2030 om en reduktion i drivhusgasudledningerne på 70 pct. sammenlignet med 1990. Det er politisk bestemt, at landbruget skal bidrage til dette delmål, jf. *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug*. For at opnå reduktionsmålet omkostningseffektivt har formandskabet tidligere anbefalet en ensartet CO_2e-afgift på tværs af sektorer, jf. blandt andet *Økonomi og Miljø, 2020*.

Anbefaler CO_2e-afgift baseret på opgørelser på bedriftsniveau

Det anbefales at basere en afgiftsbetaling for landbrugets CO_2e-udledning på opgørelser på bedriftsniveau som tidligere anbefalet i eksempelvis *Økonomi og Miljø, 2018* og Klimarådet (2016). Formålet med dette kapitel har ikke været at opstille et præcist klimaregnskab, men at skitsere rammerne for et system, som dels giver den enkelte landmand incitamenter til omkostningseffektive reduktioner af den enkelte bedrifts drivhusgasudledning, dels giver landbrugets aktører incitamenter til at udvikle nye reduktionstiltag.

Udledning kan i vist omfang beregnes på bedriftsniveau

I afsnit II.3 er beskrevet et forslag fra New Zealand om et klimaregnskab på et simpelt henholdsvis detaljeret niveau, som de arbejder henimod at implementere. I afsnit II.4 er det med udgangspunkt i beregninger for en typisk konventionel malkekvægsbedrift vurderet, at hovedparten af landbrugets samlede drivhusgasudledninger kan opgøres med middelrette estimater på bedriftsniveau allerede i dag. At opgørelserne er middelrette – og dermed retvisende på bedriftsniveau – er afgørende for, at incitamenterne fra CO_2e-afgiften til omstilling af landbrugsproduktionen er korrekte. Vurderingen er foretaget på baggrund af den nuværende viden, og det må forventes, at usikkerheden i opgørelserne vil kunne reduceres over tid, hvorved en større del af udledningerne vil kunne opgøres både middelret og med mindre spredning end i dag. På baggrund heraf lægges det til grund, at der med den nuværende viden er grundlag for at opstille et klimaregnskab med en detaljeret opgørelse på bedriftsniveau, der dækker en betydelig del af landbrugets udledninger.

To niveauer for klimaregnskab

Det anbefales at opstille et klimaregnskab med to niveauer: et simpelt, som er obligatorisk, henholdsvis et detaljeret, som landmanden kan vælge at skifte til. Sådanne klimaregnskaber kan danne grundlag for en beskatning af landbrugets drivhusgasudledninger.

Simpelt klimaregnskab baseres på gennemsnitsfaktorer

Det simple klimaregnskab kan baseres på gennemsnitlige udledningsfaktorer, som også anvendes i den officielle nationale opgørelse (svarende til IPCC's tier 1- eller 2-niveau). Det betyder, at ikke alle udledninger opgøres middelret på bedriftsniveau. Desuden har landmanden kun et begrænset antal muligheder for at gennemføre ændringer, som indebærer lavere opgjorte udledninger fra bedriften og dermed opnå en lavere afgiftsbetaling. Til gengæld er det simple klimaregnskab både nemt at udfylde for landmanden og nemt at kontrollere for myndighederne.

Detaljeret klimaregnskab muliggør flere reduktionstiltag

Det detaljerede klimaregnskab skal derimod afspejle bedriftsspecifikke forhold (svarende til IPCC's tier 3-niveau). Med en detaljeret opgørelse får den enkelte landmand væsentligt flere muligheder for at foretage reduktioner og få godskrevet disse i opgørelsen af bedriftens drivhusgasudledning, hvorved afgiftsbetalingen kan mindskes. Klimaeffektive landbrug vil derfor have et incitament til at vælge det detaljerede klimaregnskab fremfor det simple. Den detaljerede opgørelse kræver mere dokumentation sammenlignet med den simple, men den enkelte landmand har et incitament til at fremlægge den nødvendige dokumentation, da dokumenterede tiltag indebærer lavere opgjorte udledninger og dermed lavere afgiftsbetaling.

Vigtigt med hurtig og transparent godkendelsesproces

Der bør være hurtige og transparente procedurer for opdatering af de detaljerede opgørelser med ny viden og inddragelse af nye reduktionstiltag, hvis deres klimaeffekt kan dokumenteres, og deres anvendelse kan kontrolleres på den enkelte bedrift. Godkendelsen bør foretages af en uafhængig og fagligt funderet instans, og godkendte tiltag skal kunne lægges til grund for den detaljerede opgørelse, også før de kan anvendes i den nationale IPCC-opgørelse. Opdateringsprocedurerne skal give landmænd og andre aktører i sektoren tillid til, at nye tiltag og procedurer med dokumenteret klimaeffekt hurtigt vil blive inddraget i klimaregnskabet og indebære afgiftsreduktioner svarende til de dokumenterede effekter. En sådan tillid er afgørende for, at systemet giver et incitament til at udvikle, tilpasse og dokumentere nye klimavenlige teknologier og tiltag.

Incitament til forskning i reduktionstiltag og forbedret måling

Mulighederne for at få godskrevet reduktioner i det detaljerede klimaregnskab betyder, at landbruget vil efterspørge nye løsninger, der kan bidrage til at reducere udledningerne på den enkelte bedrift og dermed afgiftsbetalingen. Det skaber et økonomisk incitament til landbrugets

aktører, herunder landbrugskonsulenter, leverandører, fødevareindustrien og forskningsinstitutioner, til at foreslå, udvikle og forske i reduktionstiltag og stille den nye viden til rådighed for såvel landmændene som myndighederne. Den detaljerede opgørelse på bedriftsniveau giver tilsvarende et incitament til at udvikle mere præcise opgørelser af udledningerne fra forskellige kilder, hvorved usikkerheden i opgørelserne vil kunne mindskes over tid.

Indfør afgift baseret på simpel opgørelse snarest

Opstilling af et simpelt såvel som detaljeret klimaregnskab, herunder godkendelsesprocedurerne for nye tiltag, kræver et grundigt forarbejde, som det er vigtigt at igangsætte snarest. En beskatning baseret på et simpelt klimaregnskab bør træde i kraft hurtigst muligt med en lav afgiftssats til at starte med. Samtidig bør der annonceres en stigning i afgiftssatsen frem mod 2030 på niveau med CO_2-afgiften på fossile brændsler, så afgiften er ens på tværs af brancher og udledningskilder. Desuden bør der snarest annonceres rammer for et frivilligt detaljeret klimaregnskab med større mulighed for at få godskrevet reduktioner. Muligheden for, at landmændene kan benytte det detaljerede regnskab, bør indføres så hurtigt som muligt herefter. Dette vil allerede nu give incitament til, at landbrugets aktører bidrager med at opbygge detaljerede opgørelser, som tager hensyn til bedriftsspecifikke forhold og forbedrer opgørelsesgrundlaget.

LITTERATUR

Albrektsen, R., J.C.S. Henriksen og A. Maresca (2021): Estimering af datakvalitet i Landbrugets klimaværktøj 2021. Notat fra SEGES og Økologisk Landsforening.

Appuhamy, J.A.D.R.N., J. France og E. Kebreab (2016): Models for predicting enteric methane emissions from dairy cows in North America, Europe, and Australia and New Zealand. *Global Change Biology*, 22, s. 3039-3056.

Arla (2022a): Arla øremærker op til 500 millioner EUR årligt til belønning af klimatiltag på gårde. Pressemeddelelse. 7. oktober 2022.

Arla (2022b): How We Measure Dairy Farming's Carbon Footprint. www.arla.com.

Badrick, T. (2021): Biological variation: Understanding why it is so important? *Practical Laboratory Medicine*, 23, s. 1-15.

Cárdenas, A., C. Ammon, B. Schumacher, W. Stinner, C. Herrmann, M. Schneider, S. Weinrich, P. Fischer, T. Amon og B. Amon (2021): Methane emissions from the storage of liquid dairy manure: Influences of season, temperature and storage duration. *Waste Management*, 121, s. 393-402.

De Økonomiske Råds formandskab (2018): *Økonomi og Miljø, 2018*.

De Økonomiske Råds formandskab (2021a): *Økonomi og Miljø, 2020*.

De Økonomiske Råds formandskab (2021b): *Økonomi og Miljø, 2021*.

Elsgaard, L., A.B. Olsen og S.O. Petersen (2016): Temperature response of methane production in liquid manures and co-digestates. *Science of the Total Environment*, 539, s. 78-84.

Energistyrelsen (2022): *Klimastatus- og fremskrivning 2022*. April 2022.

Finansministeriet (2022): Aftale om grøn skattereform for industri mv.

Garnsworthy, P.C., G.F. Difford, M.J. Bell, A.R. Bayat, P. Huhtanen, B. Kuhla, J. Lassen, N. Peiren, M. Pszczola, D. Sorg, M.H.P.W. Visker og T. Yan (2019): Comparison of Methods to Measure Methane for Use in Genetic Evaluation of Dairy Cattle. *Animals*, 9, s. 1-12.

Gyldenkærne, S. og M.H. Greve (2020): *Bestemmelse af drivhusgas-emissionen fra lavbundsjorde (Version 3)*. DCE rapport (384).

He Waka Eke Noa (2022a): *Recommendations for pricing agricultural emissions*. Report to ministers. Maj 2022.

He Waka Eke Noa (2022b): Initial comparison between He Waka eke Noa recommendations and Government consultation document on pricing agricultural emissions. www.hewakaekenoa.nz.

Henriksen, J.C.S., S.K. Hvid, F. Oudshoorn, F. Udesen, N.I. Nielsen, M.Ø. Kristensen og J.S. Petersen (2021): Landbrugets klimaværktøj 1.0. Klimaværktøj til beregning af klimaaftrykket på den enkelte bedrift. Notat fra SEGES.

Hjarsbech, J., B. Østergaard og M. Vindbjerg (2022): Prismekanismer på landbrugets biologiske drivhusgasudledninger i andre lande. Axcelfuture. Januar 2022.

Husted, S. (1994): Seasonal Variation in Methane Emission from Stored Slurry and Solid Manures. *Journal of Environmental Quality*, 23(3), s. 585-582.

IPCC (2006a): *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama, Japan.

IPCC (2006b): Agriculture, Forestry and Other Land Use. I: IPCC (2006): *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Vol. IV. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama, Japan.

IPCC (2014): *Climate Change 2014: Synthesis report*. Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC (2019): 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama, Japan.

Klimarådet (2016): *Effektive veje til drivhusgasreduktion I landbruget – Forslag til klimaregnskab for den enkelte landbrugsbedrift*. December 2016.

Kristensen, T., L. Mogensen og M.T. Knudsen (2021): Kulstof i jord – implementering i klimaregnskab. Notat. April 2021.

Lund, P., M.O. Nielsen, C.F. Børsting og M.R. Weisbjerg (2020): Forskere i husdyr: "Hvis kvægbruget skal have en fremtid i Danmark, skal der ske en markant reduktion i klimaaftrykket." Debatindlæg i Altinget. 21. oktober 2020.

Lund, P., O. Højbjerg, C.F. Børsting, M.O. Nielsen, T. Villumsen og M.R. Weisbjerg (2022): Muligheder for at begrænse metan fra drøvtyggere. *Vand & Jord*, 29(3), s. 93-95.

Mathivanan, G.P., M. Eysholdt, M. Zinnbauer og C. Rösemann (2021): New N_2O emission factor for crop residues and fertiliser inputs to agricultural soils in Germany. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 322, s. 1-12.

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2022): Kommissorium for ekspertgruppe til udtagning af lavbund.

Ministry for the Environment (2022): *Pricing agricultural emissions.* Konsultationsdokument. Oktober 2022.

Moraes, L.E., A.B. Strathe, J.G. Fadel, D.P. Casper og E. Kebreab (2014): Prediction of enteric methane emissions from cattle. *Global Change Biology*, 20(7), s. 2140-2148.

Møller, H.B., P. Sørensen, J.E. Olesen, S.O. Petersen, T. Nyord og S.G. Sommer (2022): Agricultural Biogas Production–Climate and Environmental Impacts. *Sustainability*, 14(3), s. 1-24.

Nielsen, N.I., H. Volden, M. Åkerland, M. Brask, A.L.F. Hellwing, T. Storlien og J. Bertilsson (2013): A prediction equation for enteric methan emission from dairy cows for use in NorFor. *Acta Agriculturae Scand Section A*. 63(3), s. 126-130.

Nielsen, O.-K., M.S. Plejdrup, M. Winther, M. Nielsen, S. Gyldenkærne, M.H. Mikkelsen, R. Albrektsen, M. Thomsen, K. Hjelgaard, P. Fauser, H.G. Bruun, V.K. Johannsen, T. Nord-Larsen, L. Vesterdal, I. Stupak, N. Scott-Bentsen, E. Rasmussen, S.B. Petersen, L. Baunbak og M.G. Hansen (2022): *Denmark's National Inventory Report 2022. Emission Inventories 1990-2020 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol.* April 2022.

Niu, M., E. Kebreab, A.N. Hristov, J.C. Arndt, A. Bannink, A.R. Bayat, A.F. Brito, T. Boland, D. Casper, L.A. Crompton, J. Dijkstra, M.A. Eugène, P.C. Garnsworthy, M.N. Haque, A.L.F. Hellwing, P. Huhtanen, M. Kreuzer, B. Kuhla, P. Lund, J. Madsen, C. Martin, S.C. McClelland, M. McGee, P.J. Moate, S. Muetzel, C. Muñoz, P. O'Kiely, N. Peiren, C.K. Reynolds, A. Schwarm, K.J. Shingfield, T.M. Storlien, M.R. Weisbjerg, D.R. Yáñez-Ruiz, & Z. Yu (2018): Prediction of enteric methane production, yield, and intensity in dairy cattle using an intercontinental database. *Global Change Biology*, 24, s. 3368-3389.

Olesen, J.E., S.O. Petersen, P. Lund, U. Jørgensen, T. Kristensen, L. Elsgaard, P. Sørensen og J. Lassen (2018): *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget*. DCA rapport (130).

Petersen, S.O., A.B. Olsen, L. Elsgaard, J.M. Triolo og S.G. Sommer (2016): Estimation of methane emissions from slurry pits below pig and cattle confinements. *PloS ONE*, 11(8), s. 1-16.

Petersen, S.O., D. Abalos og L.S. Jensen (2022): Lattergasemission fra jord – kilder og kontrol. *Vand & Jord*, 29(3), s. 100-103.

Regeringen (2021): Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug.

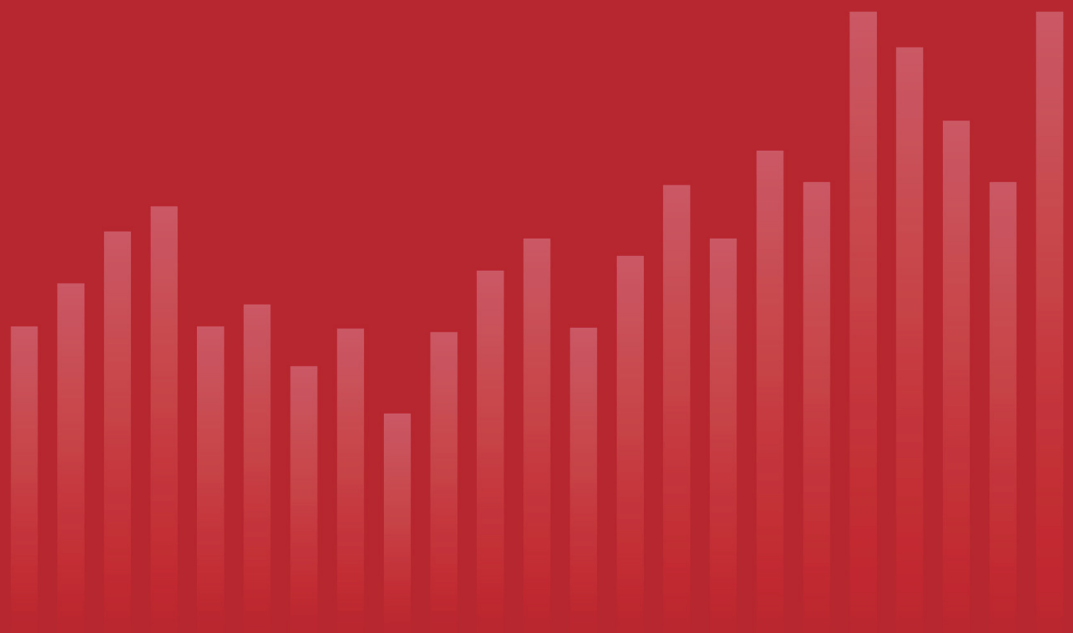
Reisinger, A., H. Clark, A.L. Cowie, J. Emmet-Booth, C.G. Fischer, M. Herrero, M. Howden & S. Leahy (2021): How necessary and feasible are reduction of methane emissions from livestock to support stringent temperature goals? *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379.

Skatteministeriet (2022): Svar på spørgsmål nr. 684 af 11. juli 2022.

Sommer, S.G., S.O. Petersen og H.B. Møller (2004): Algorithms for calculating methane and nitrous oxide emissions from manure management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 69(2), s. 143-154.

United Nations (2021): *2021 United Nations Handbook on Carbon Taxation for Developing countries*. Oktober 2021.

van der Weerden, T., R. Dynes, C. de Klein og D. Selbie (2022): Methodologies for greenhouse gas reporting and implications for farmer input requirements. Arbejdspapir. www.hewakaekenoa.nz.



Økonomi og Miljø, 2022