



Klimaregnskab i jordbruget - principper og præmisser

Working paper nr. 8 i serien

Christian Pinkalski

Juni 2023

Indhold

Klimaregnskab i jordbruget –principper og præmisser.....	2
Forord	2
1. Introduktion.....	2
Klimaregnskaber for jordbrugssektoren.....	3
Retningslinjer for arealanvendelse (LULUCF)	3
Retningslinjer for landbrugsdrift	4
CO ₂	5
Metan	5
Lattergas	5
Global warming potential og CO ₂ -ækvivalenter	6
2. Klimaregnskab på nationalt niveau	6
Klimaregnskab på bedriftsniveau	8
Virkemidler til reduktion af klimagasemission	11
Kvæg	12
Svin	13
Mark.....	14
3. Grøn omstilling under udvikling	17
Referencer	17

Klimaregnskab i jordbruget –principper og præmisser

Forord

Danmark er et af de mest intensivt dyrkede lande i Europa, og som alle andre brancher står det danske landbrug over for at skulle reducere klimaftrykket fra dets aktiviteter (Danmarks Statistik, 2020). For at skabe overblik over klimagasudledningen, udarbejdes der klimaregnskaber for at identificere og kvantificere kilder til udledningerne. For landbrugets vedkommende kompliceres beregningerne af, at udledningen forårsages af både naturlige (biotiske og abiotiske) processer såvel som menneskelige aktiviteter, der alle påvirker udledningen af klimagasser. Én ting er dog at estimere udledningerne fra en given aktivitet – en anden ting er, hvad man vil gøre ved det – og hvordan.

Formålet med dette working paper er at give en introduktion til baggrunden for den grønne omstilling i landbruget samt de overordnede retningslinjer for, hvordan klimaregnskaber i jordbrugssektoren udarbejdes. Derudover giver dette working paper en status på den nuværende udledning fra landbruget samt de virkemidler, med dertil knyttede omkostninger, der pt. er til rådighed.

At reducere klimagasudledningen fra landbruget er en særdeles kompliceret opgave, der påvirkes af teknologiske, adfærdsmæssige og ikke mindst politiske processer. Det primære fokus med dette working paper er ikke at komme med specifikke løsninger, men blot at give en introduktion til principper og præmisser for landbrugets omstilling, så stillingtagen til opgaven kan ske på et oplyst grundlag.

1. Introduktion

FN's klimapanel (IPCC) har i en årrække advaret om, at en øjeblikkelig og massiv reduktion af menneskeskabt drivhusgasudledning er nødvendig for at mindske konsekvenserne af den globale opvarmning (IPCC, 2022a). Med indgåelsen af Parisaftalen har FN's medlemslande forpligtet sig til at begrænse den globale temperaturstigning til maksimalt 2,0°C, men landene skal for så vidt muligt forsøge at begrænse temperaturstigningen til 1,5°C over førindustrielt niveau (FN, 2016). Hvor stor temperaturstigningen bliver, afhænger af mængden af drivhusgasser vi fremover udleder på verdensplan.

IPCC har beregnet den mængde CO₂, der maksimalt må udledes, hvis målene i Parisaftalen skal overholdes – det såkaldte *global carbon budget*. Når budgettet er opbrugt, skal verden herefter være CO₂-neutral (IPCC, 2021). Det vil sige, at hvis temperaturen skal holdes på 1,5°C, må der fra år 2020 maksimalt udledes 400 Gt CO₂ på verdensplan, og hvis temperaturen skal holdes på 2,0°C, må der maksimalt udledes 1150 Gt CO₂. Til sammenligning var den globale udledning af CO₂ fra energisektoren alene i 2021 på 36,8 Gt – og udledningerne fortsætter med at stige (IEA, 2022).

Sådanne beregninger er dog særdeles komplekse, og derfor er der en betydelig usikkerhed forbundet med beregningerne. Dermed er det kun med 67% sikkerhed at den globale temperatur vil holde sig inden for de angivne grænser, selvom budgettet overholdes – og jo mindre af budgettet der bruges, jo større bliver sandsynligheden for, at temperaturen holder sig inden for den estimerede værdi (IPCC, 2021). Derfor er det vigtigt, at klimagasudledningen skal reduceres hurtigst muligt – dels for at øge sandsynligheden for, at globale klimakatastrofer afværges og dels for at undgå, at der i fremtiden skal foretages drastiske reduktioner for at nå målet.

For at følge udviklingen i den globale udledning af drivhusgasemissioner, udarbejdes der nationale klimaregnskaber for hvert af de lande, der har underskrevet Parisaftalen. IPCC fastsætter retningslinjerne for, hvordan regnskaberne skal udarbejdes, og jf. disse retningslinjer skal de nationale klimaregnskaber opgøres ud fra et produktions- og ikke forbrugsperspektiv (IPCC, 2006). Det vil sige, at drivhusgasemissioner kun medregnes i det land, hvor udledningen fra en given aktivitet sker, f.eks. som følge af produktion af råvarer eller industrielle fabrikater, og ikke der hvor de pågældende varer forbruges. Derfor indgår udledningerne fra de varer som vi importerer til Danmark ikke i vores nationale klimaregnskab, fordi udledningerne tilskrives det land hvori varen blev produceret. Tilsvarende tilskrives udledningerne fra varer produceret i Danmark,

men som eksporteres til udlandet, ikke til de lande hvortil varerne eksporteres. I klimaregnskabsmæssig forstand er importerede varer således en "gratis omgang", da man ikke skal svare for de udledninger der er forbundet med produktionen, mens man ikke får kredit for produktionen af de varer man eksporterer. For Danmarks vedkommende er dette dog en gunstig opgørelsesmetode, idet udledningerne vi forårsager som følge af import langt overgår udledningerne som følge af de varer vi eksporterer (Klima, Energi og Forsyningsministeriet, 2021).

Danmarks nationale klimaregnskab består af opgørelser fra sektorerne *Energi, Industrielle processer, Affald, Landbrug* og *Arealanvendelse*. Hvor det i de tre første sektorer er mindre kompliceret at opgøre drivhusgasudledningerne – afbrænding af en liter olie udleder ca. samme mængde drivhusgasser, uanset hvor og hvornår på kloden den forbrændes – så forholder det sig anderledes med de to sidste, *Landbrug* og *Arealanvendelse*. Opgørelsen af klimagasudledningen fra disse sektorer kompliceres af, at udledningerne er påvirket af mange forskellige faktorer såsom jordtype, temperatur, afvandingsforhold, driftsform (f.eks. økologisk eller konventionel), type af afgrøde (græs, korn, majs), etc. I den følgende sektion vil de overordnede retningslinjer for klimaregnskab for jordbrugssektoren blive gennemgået.

Klimaregnskaber for jordbrugssektoren

Forvaltningen af vores arealer spiller en stor rolle i forhold til påvirkningen af klimaet, idet CO₂ enten lagres eller udledes fra jorden, afhængigt af hvordan arealet forvaltes. Lagringen af kulstof sker gennem planternes optag af CO₂, der bindes som organisk materiale på og i jorden. Gennem naturlige processer nedbrydes det organiske materiale til CO₂ og frigives igen til atmosfæren, men hastigheden hvorved kulstoffet frigives, er påvirket af hvordan arealet anvendes og drives. Der er dog også andre gasser udover CO₂, der bidrager til den globale opvarmning. Specielt metan (CH₄) og lattergas (N₂O) er betydelige for jordbrugssektoren, idet disse gasser udgør en stor andel af klimapåvirkningen herfra. Jordbrugssektoren dækker over de to sektorer, *Arealanvendelse* og *Landbrug*, der hver har deres særskilte opgørelse i klimaregnskabet. I det følgende vil retningslinjerne for opgørelser i de to sektorer blive gennemgået, med udgangspunkt i de arealanvendelsestyper der er mest relevant for landbrugssektoren.

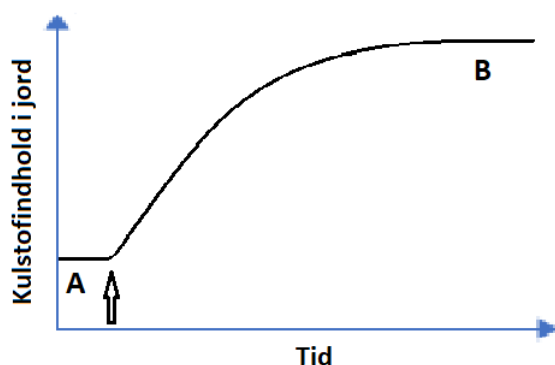
Retningslinjer for arealanvendelse (LULUCF)

I klimaregnskabet for arealanvendelse (Land Use, Land Use Change and Forestry – LULUCF) inddeles de forskellige arealanvendelsestyper jf. IPCC's retningslinjer i seks kategorier: bebyggede områder, landbrugsjord, vedvarende græsarealer, skov, vådområder samt andet areal (f.eks. klippe, klit eller strand (IPCC, 2006)).

I Klimaregnskabet for *Arealanvendelse* er det kun den "naturlige" udledning af drivhusgasser, der medregnes. Med "naturlige" menes der, at udledningen sker på grund af naturlige stofomsætningsprocesser, men disse processer er påvirket af, hvordan arealet anvendes og hvilke aktiviteter der finder sted på arealet. Udledningen af drivhusgasser skyldes den mikrobielle nedbrydning af organisk materiale i jorden, hvilket kan forøges ved menneskelige aktiviteter såsom pløjning eller dræning. Forøgelsen af udledningen skyldes, at det organiske materiale i jorden kommer i forbindelse med ilt, hvorved mikroorganismerne i jorden nedbryder det organiske materiale.

For de seks arealanvendelseskategorier, er det kun nyplantet skov (<30 år) der konsekvent optager CO₂, mens alle andre arealanvendelseskategorier enten udleder CO₂, er i ligevægtstilstand eller binder CO₂. Hvorvidt der udledes eller bindes CO₂, afhænger dels af indholdet af organisk materiale i jorden og dels af, hvor meget nyt organisk materiale der bliver tilført. Langt størstedelen af landbrugsjorden i Danmark har et lavt indhold af organisk materiale (mineraljorde med organisk kulstofindhold på mindre end 6%). Fra disse jorde sker der kun en lille eller slet ingen udledning af CO₂, også selv hvis arealet er både drænet og pløjet, da det antages, at arealet er i ligevægtstilstand – dvs. der tilføres lige så meget organisk materiale som der nedbrydes (Nielsen et al., 2022). Anderledes ser det ud for jorde med et højt indhold af organisk kulstof (større end 6%), også kaldet organogene jorde. Disse jorde er typisk lavbundsarealer, der tidligere har haft en høj vandstand, der

begrænsede omsætningen af det organiske materiale i jorden. Efter disse arealer blev drænet og opdyrket, har dette kraftigt forøget omsætningen af det organiske materiale og frigiver derfor store mængder CO₂. Hvorvidt der sker en kulstofopbygning i jorden, afhænger således af balancen mellem input af organisk materiale (f.eks. afgrøder på marken) og mængden af kulstof der bliver nedbrudt i jorden (figur 1). Hvis mængden tilført kulstof er den samme som mængden af kulstof, der nedbrydes, er jorden i ligevægtstilstand (situation A på figur 1). Her er kulstofoptaget er lig med kulstofudledningen, dvs. at der netto hverken udledes eller optages CO₂.



Figur 1: Skematisk fremstilling af kulstofbalancen i jorden. I situation A, er jorden i ligevægt, hvor input af kulstof er lig med nedbrydningen af kulstof. Hvis mængden af kulstof der tilføres jorden øges (angivet med pilen) vil der over tid opbygges kulstof i jorden indtil en ny ligevægt indstiller sig. Her er input af kulstof igen er lig med nedbrydningen af kulstof (situation B).

Sket der en ændring i driften af jorden, kan det påvirke ligevægtstilstanden. Hvis der f.eks. nedmuldes halm på marken, hvor det førhen blev fjernet, så stiger indholdet af kulstof i jorden. Nedbrydningen af kulstof er dog proportional med kulstofindholdet i jorden, og derfor vil indholdet af kulstof kun stige til et vist niveau, hvor tilførslen af kulstof er lig med nedbrydning af kulstof. Her vil en ny ligevægt således indstille sig på et højere niveau (situation B på figur 1). Niveauet af kulstof i jorden opretholdes dog kun så længe at der fortsat nedmuldes halm. Hvis driften af jorden ændres igen, f.eks. at praksis med nedmuldning af halm ophører, vil nedbrydningen af kulstof resultere i en netto-udledning af CO₂ indtil ligevægten igen indstiller på det tidligere niveau (situation A).

For alle arealanvendelseskategorier gælder, at udledningen er afhængig af faktorer såsom temperatur og nedbør, der påvirker hvor stor udledning og optag af CO₂ bliver i det pågældende år. F.eks. var emissionen i 2018 høj på grund af en varm, tør sommer. Dette mindskede dels tilvæksten af ny biomasse og øgede samtidig nedbrydningen biomassen i jorden, hvilket resulterede i en større udledning af CO₂. Omvendt var udledningen fra arealanvendelsen i 2020 mindre, som følge af mere gunstige klimatiske forhold (Nielsen et al., 2020). Udledningen fra arealanvendelsen er således ikke statisk og kan variere fra år til år alt efter klimatiske forhold og driftsmæssig praksis.

Retningslinjer for landbrugsdrift

I klimaregnskabet fra landbruget indgår der også udledninger fra landbrugsjorden, såvel som fra husdyr og staldsystemer, men her er der primært tale om gasserne metan (CH₄) og lattergas (N₂O). Det er typisk disse klimagasser der henvises til, når man snakker om landbrugets klimaregnskab, idet udledning af CO₂ kun fylder en meget beskedent del heraf. Det er fordi, udledningen af CO₂ bogføres under andre poster, som f.eks. arealanvendelsen som nævnt i foregående sektion. I det følgende vil retningslinjerne for de tre gasser blive gennemgået.

CO₂

Udledningen af CO₂ fra landbrugsdriften skyldes næsten udelukkende kalkning af landbrugsjorden. Denne udledning er stort set upåvirket af biologisk aktivitet og afhænger af mængden af kalk, der bliver tilført. Selvom der også udledes CO₂ fra forskellige landbrugsmæssige aktiviteter, f.eks. fra kørslen med landbrugsmaskiner eller opvarmning af stalde, indregnes dette ikke under selve landbrugsdriften, da CO₂-udledningen herfra bogføres i det nationale regnskab under posten energi.

På trods af at afgrøderne på marken optager kulstof gennem væksten, og dermed binder CO₂ fra atmosfæren, indregnes dette ikke som en negativ udledning i regnskabet. Dette skyldes, at afgrøderne bruges til foder, energi eller fødevarer, hvormed det bunde CO₂ relativt hurtigt frigives igen. Tilsvarende indgår udledning af CO₂ fra husdyrenes respiration heller ikke i regnskabet, netop fordi den udledte CO₂ stammer fra dét, der i sin tid blev optaget af afgrøden. For landbrugets vedkommende udgør CO₂ således kun en lille del af landbrugets klimaregnskab (heri ikke medtaget den meget store udledning der sker fra lavbundsarealerne), da hovedparten af klimagasudledningen stammer metan og lattergas.

Metan

Udledningen af metan er i høj grad påvirket af mikrobiologisk aktivitet, og dermed er udledningen sværere at kontrollere. Udledningen af metan sker hovedsageligt fra to kilder, husdyrenes fordøjelsessystem og fra opbevaring af gødning i stald og lager. Ses der på husdyrenes fordøjelsessystem, sker udledningen af metan primært fra drøvtyggere (kvæg) (Nielsen et al., 2022). I drøvtyggernes fordøjelse sker der en gæringsproces i dyrets vom, hvor symbiotiske mikroorganismer nedbryder cellulosen i foderet til kulhydrater og fedtsyrer, som dyret kan optage. Et af restprodukterne i denne proces er blandt andet metan som bøvses op. Størrelsen af metanudledningen er påvirket af fodersammensætningen og kan til en vis grad reduceres, men ikke elimineres, ved ændret fodersammensætning (Kristensen and Lund, 2011). Der udledes også metan fra fordøjelsen hos svin, men i langt mindre grad end fra drøvtyggere, og fordøjelsen hos fjerkræ udleder stort set ikke metan (Nielsen et al., 2022). Andre faktorer har også indflydelse på klimaaftrykket for de forskellige husdyr, men udledningen af metan er den væsentligste årsag til det høje klimaaftryk af kvæg.

Metan udledes også fra husdyrenes gylle, hvor den mikrobielle nedbrydning af organisk materiale i gyllen frigiver metan. Dette forekommer både mens gyllen er i stalden og i selve gylletanken. Her er der dog i mindre grad forskel mellem gødning fra de forskellige husdyr, da alle gødningstyper udleder metan (Nielsen et al., 2022).

Lattergas

Ligesom udledningen af metan, er lattergasemissionen i høj grad påvirket af mikrobiologisk aktivitet. Udledningen af lattergas sker dels fra håndteringen af gylle i staldsystem og gyllebeholder samt når gyllen udbringes på marken. I forhold til udledninger via gyllehåndteringen, sker der en direkte emission af lattergas, der afdamper fra gylle i stalden eller i gyllebeholderen. Derudover sker der en indirekte emission af lattergas, idet der også afdamper af ammonium (NH₃) og NOX-gasser (NO_x), der på et senere tidspunkt kan blive omdannet til lattergas (Nielsen et al., 2022).

Langt størstedelen af lattergasudledningen sker ved gødskning af marken, uanset om der udbringes husdyr- eller handelsgødning. Her omdanner jordens mikroorganismer en del af gødningens ammoniumindhold til nitrat, og en del af nitraten omdannes til frit kvælstof (N₂). I begge tilfælde frigives lattergas som et mellemprodukt i processen. Den største udledning af lattergas forekommer dog under denitrifikationen, når nitraten omdannes til frit kvælstof (QIAO et al., 2015). Derudover sker der også en frigivelse af lattergas under nedbrydning af planterester og organisk materiale i jorden.

Mængden af lattergas der frigives, som følge af gødskning af markerne, kan variere meget, fordi mange faktorer spiller ind på dannelsen af lattergas (QIAO et al., 2015). Dette er f.eks. mængden af organisk materiale i jorden, hvor stor en mængde nitrat der udbringes eller dannes i jorden, vandindholdet i markerne (dvs. om der er iltfrie forhold), temperatur etc. Jf. IPCC's retningslinjer regnes der pt. med en international standardfaktor på, at 1% af den tilførte mængde kvælstof på marken bliver omdannet til lattergas, men der

arbejdes på at estimere en mere repræsentativ emissionsfaktor for lattergas under danske forhold (Nielsen et al., 2022).

Global warming potential og CO₂-ækvivalenter

De forskellige klimagasser varierer i forhold til opholdstid i atmosfæren og evne til at tilbageholde infrarød stråling (varme). Derfor har man defineret et global warming potential (GWP) for at kunne sammenligne klimaeffekten af de forskellige klimagasser. GWP giver et mål for, hvor stor en klimapåvirkning den enkelte gas har over en 100-års periode (tabel 1).

Tabel 1: Global warming potential for de primære drivhusgasser fra landbruget over en 100 års periode (IPCC, 2022b).

	Kuldioxid (CO ₂)	Metan (CH ₄)	Lattergas (N ₂ O)
GWP	1	27-30	273
Opholdstid i atmosfære	+1000 år	12 år	109 år

Klimaeffekten af CO₂ bruges som referencepunkt og har derfor et GWP på 1. Klimaeffekten af andre gasser sættes i forhold til CO₂, dvs. hvor meget energi ét ton af en gas, inden for en given tidsperiode, er i stand til at absorbere i forhold til hvor meget energi ét ton CO₂ absorberer inden for denne tidsperiode – som typisk sættes til 100 år.

Metan er en potent drivhusgas og absorberer derfor mere energi end CO₂. Omvendt er opholdstiden af metan i atmosfæren forholdsvist kort. GWP for metan er derfor den samlede klimaeffekt af kortere opholdstid og højere absorberingsevne, hvilket over en 100 års periode gør effekten af udledning af ét ton metan 27-30 gange større end udledning af ét ton CO₂. Tilsvarende er lattergas også en potent drivhusgas og da lattergas samtidig har en længere opholdstid i atmosfæren, bliver GWP for lattergas 273 gange større end for CO₂.

Det følger heraf, at en reduktion i udledningen af f.eks. metan hurtigt vil have en klimaeffekt, idet opholdstiden for metan er relativt kort og metankoncentrationen i atmosfæren derfor vil falde tilsvarende. Reduktion af lattergasemission vil på sigt give en endnu større klimaeffekt end pga. det høje GWP for lattergas, om end den lattergas, der allerede er udledt, vil tage længere tid om at forlade atmosfæren.

For at kunne udfærdige et samlet klimaregnskab for alle klimagasserne, omregnes de forskellige klimagasser på baggrund af deres GWP til den mængde CO₂ de svarer til – også kaldet CO₂-ækvivalenter (CO₂-eq).

2. Klimaregnskab på nationalt niveau

Jf. retningslinjerne fra IPCC udregnes det nationale klimaregnskab ud fra produktionsprincippet (IPCC, 2006). Det vil sige, at der i regnskabet kun medregnes de udledninger, der findes sted inden for Danmarks grænser, mens udledningen fra importerede varer eller materialer ikke indgår i regnskabet.

I opgørelsen af den totale udledning i Danmark fastsættes der for hver enkelt udledningskilde en emissionsfaktor med tilhørende aktivitetsdata. Udledningen fra den specifikke kilde, f.eks. metanemission fra opbevaring af svinegylle, opnås forenklet sagt ved at multiplicere emissionsfaktoren for opbevaring af svinegylle med aktivitetsdata, hvor aktivitetsdata i dette tilfælde er antallet af svin i Danmark. Mens det er forholdsvist simpelt at bestemme antallet af dyr, der kan indhentes via registre som CHR eller slagtedata, er det mere kompliceret at bestemme emissionsfaktoren for en given kilde. Emission af f.eks. metan fra gødningsopbevaring afhænger af mange forskellige faktorer såsom race, staldsystem, opholdstid i stald og gylletank, driftspraksis mm. Emissionsfaktoren kan fastsættes i forhold til tre niveauer af detaljeringsgrad, Tier 1, 2 eller 3 (IPCC, 2006; IPCC, 2019). Tier 1 er den laveste detaljeringsgrad, og er standardværdier fra IPCC, der repræsenterer globale gennemsnit. Tier 2 baseret på danske forhold og repræsenterer et nationalt gennemsnit. Tier 3 er den højeste detaljeringsgrad og er baseret på modelberegninger og data fra den enkelte bedrift. I det nationale regnskab er udledningerne hovedsageligt opgjort på Tier 1 og Tier 2, hvilket vil sige, at emissionsfaktorerne for en given kilde er en gennemsnitsbetragtning af de forskellige bedriftsformer i Danmark.

I det nationale regnskab i 2020 var klimagasudledningen fra landbrugsdriften opgjort til 11368 kt CO₂-eq. Af tabel 1 fremgår det, at udledningen næsten udelukkende består af klimagasserne CH₄ (methan) og N₂O (lattergas). Disse gasser udledes som nævnt dels fra husdyrenes fordøjelse (hovedsageligt kvæg), gødningshåndtering (emissioner fra stalde og gødningsopbevaring) samt den udledning der sker, når gødningen udbringes (afgasning af lattergas i marken). Den forholdsvis beskedne udledning af CO₂ er hovedsageligt forårsaget af kalkning af marken.

	Total udledning (CO ₂ -eq)	Husdyrfordøjelse (CO ₂ -eq)		Gødningshåndtering (CO ₂ -eq)			Gødningsudbringning (CO ₂ -eq)		
CH ₄	5912 (52%)	3709 (33%)	Kvæg	86%	2199 (19%)	Kvæg	47%	NIL	
			Svin	9%		Svin	51%		
			Hest	3%		Hest	<1%		
			Andet	2%		Andet	2%		
N ₂ O	5202 (46%)	NIL	673 (6%) ^a	Kvæg	48%	4524 (40%)	Direkte udledning (fra marken)	88%	
				Svin	42%		Indirekte udledning (udvaskning mm.)	12%	
				Hest	3%				
				Andet	7%				
CO ₂	254 (2%)	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL			
Total	11368	3709	2872	4524					

Tabel 1 Udledning af CO₂-ækvivalenter angivet i kilo-ton (kt). Procentsats med fed skrift i parentes angiver andel af total udledning fra landbruget. Procentsats uden parentes angiver hvor meget de forskellige husdyr udgør af de enkelte poster. ^a Tallet dækker både over direkte og indirekte emissioner, men fordelingen på husdyr er baseret på den direkte udledning. Det antages, at fordelingen af husdyrenes udledning i direkte og indirekte udledning er den samme.

Udover klimagasudledningen fra landbrugsdriften, sker der også en udledning fra landbrugsarealet, men dette opgøres som nævnt ovenfor under arealanvendelsen. Her er det specielt fra de drænedede organiskholdige jorde (lavbundsjord), der er problematiske. På trods af at disse lavbundsjord kun udgør omkring 7% af det samlede landbrugsareal, udgjorde udledningen i 2020 fra disse jorder ca. 4,8 mio. ton CO₂-eq (Nielsen et al., 2022), hvilket svarer til mere end 10% af den totale klimagasudledning i Danmarks nationale klimaregnskab.

Regnskabet for arealanvendelse indeholder dog også udledninger fra skovbruget, hvilket de seneste år har været negative. Det vil sige, at der er blevet optaget mere CO₂, end der er blevet udledt, og dette reducerer den samlede udledning fra arealanvendelsessektoren. I tabel 2 fremgår størrelsen på landbrugets klimagasudledning hhv. med og uden arealanvendelse.

Kategori	kton CO ₂ -e	Andel af samlet udledning i DK (%)
Landbrugsdrift	11.368	24,3
Udledning fra landbrugsjorder	5.119	10,9
Udledning fra skovbrug	-2.173	-4,6
Landbrugsdrift, inkl. landbrugsjorder	16.487	35,3
Landbrugsdrift inkl. skov og landbrugsjorder	14.394	30,7

Tabel 2 Udledning fra landbrugsdrift med og uden arealanvendelse samt andel af total udledning i Danmark. Værdierne er eksklusive energiforbrug i landbrugsdriften.

Når man taler om jordbrugets andel af klimagasudledningen i Danmark, er det derfor vigtigt at være opmærksom på, om arealanvendelsen også er medtaget i opgørelsen. Samlet set, med landbrugsdrift og lavbundsjord, står landbruget således for godt en tredjedel af den totale udledning i Danmark (heri ikke medregnet den udledning der sker som følge af energiforbruget i landbrugsdriften).

Klimaregnskab på bedriftsniveau

Landbrugets udledninger kendes som beskrevet ovenfor på nationalt niveau, og skyldes hovedsageligt udledninger fra husdyrfordøjelse, gødningsopbevaring og markdrift. Den nationale opgørelse siger dog ikke noget om størrelsen af udledningen fra den enkelte bedrift, hvilket f.eks. vil være relevant at kende i forbindelse med indførelse af en CO₂ afgift på landbruget. Forskellige klimaværktøjer på bedriftsniveau har tidligere været fremsat. Arla lancerede Klimatjek for mælkeproducenter i 2013, og Klimarådet foreslog en prototype på bedriftsbaseret klimaregnskab i 2016 (Klimarådet, 2016). Senest har SEGES i samarbejde med Økologisk landsforening lanceret klimaværktøjet ESGreentool, der kan beregne de samlede udledninger på en bedrift (Henriksen, J et. al., 2021).

ESGreentool følger IPCC's retningslinier (territorialprincippet) som i det nationale regnskab, hvormed udledningerne i klimaregnskabet beregnes på baggrund af emissionsfaktorer med tilhørende aktivitetsdata. I forhold til aktivitetsdata er ESGreentool bedriftsspecifik (f.eks. antal dyr på bedriften, staldsystem, antal hektar med specifikke afgrøder etc.). Dermed er aktivitetsdata retvisende for den enkelte bedrift, da disse værdier kan indtastes af landmanden selv eller indhentes fra f.eks. Landbrugsstyrelsens gødningsregnskab. De tilhørende emissionsfaktorer varierer dog i præcisionsgrad, da kun nogle emissionsfaktorer kan beregnes bedriftsspecifikt (f.eks. metanemission pr. ko, Tier 3). Andre emissionsfaktorer er baseret på nationale gennemsnit (f.eks. emission af lattergas fra stald og lager, Tier 2) eller internationale standardværdier (f.eks. lattergasemission fra gødningsudbringning, Tier 1) (Albrechtsen et al., 2021). Dette giver en usikkerhed i forhold til den faktiske udledning fra den enkelte bedrift. Derudover kan der også være forskelle på driftspraksis på de enkelte bedrifter, f.eks. om bedriften drives økologisk eller konventionelt, hvilket der ikke nødvendigvis tages højde for i emissionsfaktorerne.

Usikkerheden på den samlede opgørelse på bedriftsniveau er derfor påvirket af, dels i hvor høj grad bedriften er sammenlignelig med den gennemsnitlige bedrift i Danmark, og dels af den generelle usikkerhed (naturlige variation), der er i bestemmelsen af emissionsfaktorerne. Sidstnævnte er dog også gældende for opgørelserne i det nationale regnskab, hvor der f.eks. er betydelig usikkerhed på bestemmelsen af lattergasemission fra marker (Nielsen et al., 2022). Emissionsfaktorerne kan derfor justeres løbende i takt med at ny viden eller opgørelsesmetoder kommer frem. Ifølge økonomisk råd, er beregningen af metanudledning fra fordøjelse og gyllehåndtering dog tilstrækkeligt præcise til at kunne opgøres på bedriftsniveau, og disse udledninger svarer til mere end halvdelen af det samlede aftryk fra landbruget generelt og mere end 85% af emissionerne hos husdyrbrugene (Det Økonomiske Råd, 2022).

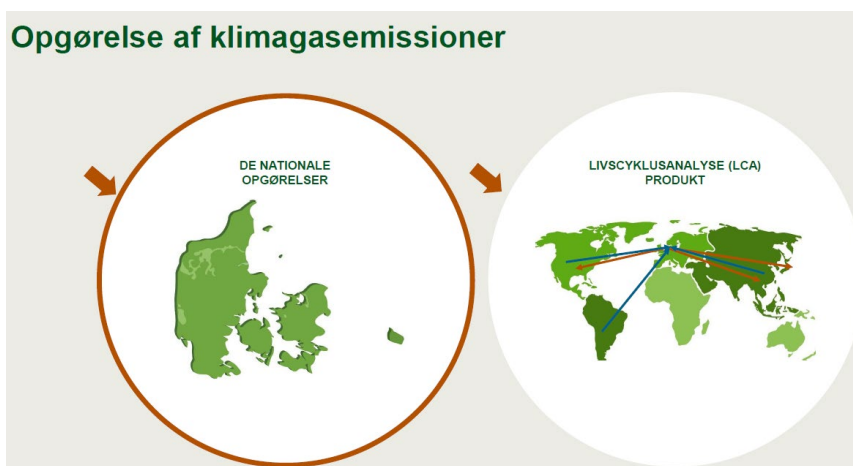
I tabel 3 herunder er angivet den procentvise fordeling af de samlede udledninger fra en kvæg-, svine- og planteproducent, beregnet via ESGreentool. Det ses, at udledningerne fra de tre udvalgte bedrifter ligger tæt op ad det nationale regnskab (tabel 1). Samlet set bør det nationale regnskab ideelt set også være identisk med ESGreentool, hvis man summerer samtlige bedriftsregnskaber opgjort efter territorialprincippet.

	Total udledning (CO ₂ -eq)	Husdyrfordøjelse (CO ₂ -eq)		Gødningshåndtering (CO ₂ -eq)			Gødningsudbringning (CO ₂ -eq)		
		Kvæg	Svin	Kvæg	Svin				
CH ₄	2778 (47%)	1827 (31%)	91%	2199 (16%)	50%				NIL
N ₂ O	3049 (51%)	NIL		410 (7%)	58%	2639 (44%)	Direkte udledning (fra marken)	87%	
					42%		Indirekte udledning (udvaskning mm.)	13%	
CO ₂	127 (2%)	NIL		NIL					NIL

Tabel 3 Procentvis fordeling af de samlede udledninger en fra Kvæg, svine og plantebedrift beregnet ud fra territorialprincippet via ESGreentool.

I forhold til at identificere udledninger med størst potentiale for betydelige reduktioner giver ESGreentool således ikke yderligere information, end hvad der allerede kendes fra det nationale regnskab – vi skal reducere udledningerne fra husdyrbrug, gødningsopbevaring- og udbringning samt udledning fra lavbundslande. ESGreentool kan dog give et estimat for, hvor stor udledningen er fra den enkelte bedrift, hvilket kan være relevant i forbindelse med en eventuel CO₂-afgift på landbruget.

Et regnskab udført efter de nationale retningslinjer medtager dog ikke import, da der kun medtages udledninger der forårsages på stedet (hvilket også kaldet for territorialprincippet). Derfor kan der være stor forskel på det samlede klimaaftryk fra en bedrift alt efter om f.eks. importeret foder medregnes i det samlede regnskab eller ej (figur 2).

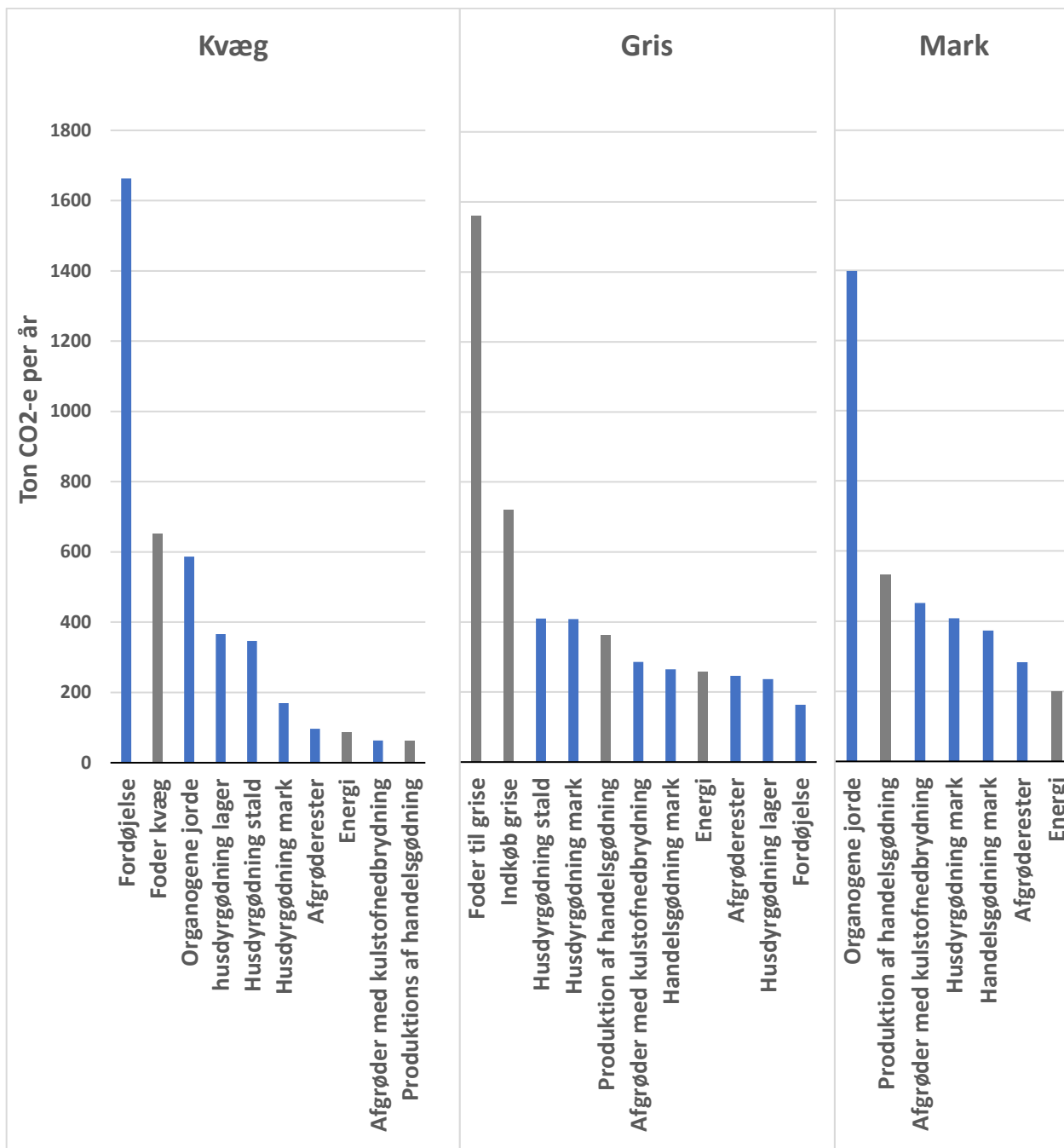


Figur 2 Skematisk repræsentation af det territoriale og det produktbaserede regnskab. I det territoriale regnskab medtages kun udledninger der forårsages på stedet. I det produktbaserede regnskab medtages alle udledninger i produktionen af produktet – både udledninger forårsaget på stedet såvel som de udledninger der er forbundet med import af varer til produktionen (Kilde: Seges).

Det faktiske klimaaftryk fra en bedrift er et vigtigt element for at klarlægge, hvorvidt en specifik produktion er hensigtsmæssig eller ej – både i forhold til at sammenligne forskelle mellem produktionsgrene såvel som sammenligning af produktionsgrene imellem forskellige lande. Det danske landbrug fremstilles ofte som værende særligt klimavenlig i forhold til andre lande, men dette er dog ikke en underbygget påstand – det danske landbrug ligger generelt på linje med de øvrige EU-lande (Kraka, 2022).

Med ESGreentool er det også muligt at lave et regnskab der inkluderer importerede varer til bedriften, f.eks. indkøb af dyr, foder eller kunstgødning. Da udledninger fra import ikke indgår i den territoriale opgørelse er beregningsmetoden anderledes for de importerede varer (f.eks. soja eller kunstgødning), da de er baseret på litteraturbaserede værdier (Henriksen, J et. al., 2021), og kan derfor ikke direkte sammenlignes med det nationale regnskab. Om end beregningsmetoden for importerede varer afviger fra de nationale retningslinjer, kan det dog give et billede af det faktiske klimaaftryk fra en bedrift.

Udledningerne fra de enkelte bedrifter fra tabel 3 er præsenteret i figur 3 herunder. Udledningerne inkluderer både udledninger opgjort via territorialprincippet (blå søjler) og udledninger, der forårsages af import til bedriften (grå søjler).



Figur 3 Emissionberegninger via ESGreentool på kvæg, svine og planteproducent. Blå søjler repræsenterer udledninger opgjort via territorialprincippet mens grå søjler repræsenterer udledninger forårsaget af importerede varer til bedriften. Posterne der er inkluderet i figuren, udgør mindst 95% af den samlede udledning fra bedriften.

For kvægbedriften ses det, at det territoriale regnskab indeholder størstedelen af udledningerne fra bedriften. Den ubetinget største post i det territoriale regnskab er metanemission fra kørnernes fordøjelse efterfulgt af udledninger fra organogene jorder samt og håndtering og udbringning af gødning. Foder til kvæg fylder også en del i det samlede regnskab, men da dette foder er importeret, indgår det ikke i det territoriale regnskab. Samlet set udgør de direkte udledninger fra bedriften (det territoriale regnskab) ca. 80% af den samlede udledning fra en kvægbedrift, mens udledningerne fra importerede varer til bedriften udgør ca. 20% af den samlede udledning.

For svinebedriftens vedkommende er der langt større forskel på, om man tager udgangspunkt i det territoriale eller importbaserede regnskab. I det territoriale regnskab, er de største poster relateret til gødningshåndtering og udbringning, samt udledninger fra planteproduktion i marken. Dette udgør dog kun en mindre del af det samlede regnskab. De største udledninger forbundet med svinebedriften kommer fra importeret foder (f.eks. sojaskrå fra Sydamerika) og indkøb af grise. Samlet set udgør de direkte udledninger fra bedriften (det territoriale regnskab) ca. 40% af de samlede udledninger, mens importerede varer til bedriften udgør 60% af den samlede udledning.

For plantebedriftens vedkommende er den samlede udledning i høj grad påvirket af, at der findes en stor andel af lavbundsjorder på bedriften. Havde det i stedet været en planteproducent uden lavbundsjorder ville gødningsudbringning og kulstofnedbrydning i afgrøder været de største poster. Indkøb af kunstgødning er også en væsentlig faktor i den samlede udledning fra bedriften, men produktion af handelsgødning indgår ikke i det territoriale regnskab. Samlet set udgør de direkte udledninger (det territoriale regnskab) ca. 80% af de samlede udledninger, mens import til bedrifter udgør ca. 20%. Hvis der ses bort fra udledningen fra lavbundsjorder, udgør det territoriale regnskab i stedet ca. 60%, mens import til bedriften (hovedsageligt kunstgødning) udgør 40% af de samlede udledninger. Der kan således også ved planteproducenten være stor forskel på, om der tages udgangspunkt i det territoriale eller importbaserede regnskab i forhold til at reducere udledningerne fra bedriften.

I den følgende sektion vil virkemidlerne til nedbringelse af klimagasemissioner i landbruget blive gennemgået.

Virkemidler til reduktion af klimagasemission

Reduktionen af udledninger fra landbruget kan ske gennem tekniske og/eller strukturelle tiltag. Med tekniske tiltag menes, at produktionen fastholdes som den er i dag, mens reduktionerne opnås gennem teknologiske løsninger og driftsmæssig praksis. Med strukturel omstilling menes, at produktionen enten reduceres ved f.eks. at reducere antallet af husdyr på bedriften eller helt at omlægge til mindre klimabelastende produktionsformer såsom planteproduktion eller skovlandbrug (Olesen et al., 2021).

I tabel 2 indgår de virkemidler der pt. er tilgængelige for klimaindsatsen i landbrugsdriften jf. SEGES klimakatalog. Derudover er der medtaget to tekniske tiltag, der forventes at være tilgængelige på sigt. Disse tekniske tiltag drejer sig om et tilsætningsstof til at reducere metanudledning fra køernes fordøjelse (Bovaer) og pyrolyse (biokul af e.g. halm eller andre typer af biomasse) til at binde kulstof i jorden.

Indsats i marken	Klimaeffekt (kg CO ₂ -e/ha)	Økonomi (kr/ton CO ₂ -e)
Efterafgrøder	161-322	500-1.300
Hæve vandstand på tørvejorde	8.500-26.000	3846-11.765 ^a
Stop omdrift på tørvejorde (etablering af flerårige afgrøder samt stop for pløjning)	6.000-13.000	450-650
Nedmuldning af halm	500	450-650
Sædskifteændring med mere græs	Variierende	?
Reducering af kvælstoftildeling (v.5% reduktion)	69	550-1300
Brug bælgplanter i stedet for gødning	743	?
Nitrifikationshæmmer i gødning	338 ^b	800-1400
Saml jorden omkring ejendommen	1 kg CO ₂ -e per kørt km	?
Brug lastbil frem for traktor	10	?
Kend dieselforbrug i marken	2,7 kg CO ₂ -e/L	?
Indsats på bedriften – kvæg	Klimaeffekt	Økonomi (kr/ton CO ₂ -e)
Øget fedtandel i kvægfoder	0-8% reduktion af CH ₄ -emission	500-650
Afsæt kvæggylle til biogas	40% reduktion af CH ₄ -emission fra stald og lager	100-200

Forsuring af kvæggylle i stalden (ikke muligt for økologer)	50% reduktion i NH ₃ og 60% reduktion af CH ₄ -emission fra stald og lager	450-550
Indsats på bedriften – svin	Klimaeffekt	Økonomi (kr/ton CO₂-e)
Øg fouragering hos grise/friland	0-15% reduktion i emission fra mark	?
Reducér foderspild hos grise	0-0,062 kg CO ₂ -e/gris/dag	?
Klimaoptimeret foder til grise	Variierende	200-250
Hypig udslusning af svinegylle (1 gang pr. uge)	9 ton CO ₂ -e reduceret/ ton svinegylle	400-500
Staldforsuring af svinegylle (ikke muligt for økologer)	9 ton CO ₂ -e/ton svinegylle	550-950
Afsæt svinegylle til biogas	49 kg CO ₂ -e/ton gylle	250-450
Gyllekøling i svinestalde	5-11 kg/ton gylle	?
Øget produktivitet	?	?
Indsats på bedriften – fjerkræ	Klimaeffekt	Økonomi (kr/ton CO₂-e)
Forbedret foderudnyttelse	0,68 kg CO ₂ -e/kg sparet foder	?
Overgå til vedvarende energi	0,205 kg CO ₂ -e/kwh	?
Varmeveksler til slagtekyllinger	0,25 kg CO ₂ -e/produceret kylling	479.000 ^c kr
Indsatser under udvikling	Klimaeffekt	Økonomi (kr/ton CO₂-e)
Bovaer	20-35% reduktion af metanemission	833 ^d
Pyrolyse	2.200 kg CO ₂ -e/ha ^e	870 ^f

Tabel 4 Oversigt over tilgængelige virkemidler og anslået klimaeffekt samt estimerede omkostninger (SEGES, 2022). ^a Beløbet er et engangsbeløb og beregningen antager at jorden købes og udtages af drift. Købsprisen er antaget at være 100.000 kr/ha. ^b Baseret på gennemsnit af udledning fra husdyrgødning (4,68kg CO₂-e/kg N) og handelsgødning (6,6 CO₂-e/kg N) samt tildeling af 100 kg N/ha. ^c Beløbet dækker støbning af sokkel, etablering af forsyning og indkøb af varmeveksler. ^d Under antagelserne at en ko udleder 4000 kg CO₂-e via metan om året, reduktionen af metanemission er 30% og prisen på Bovaer er 1000 kr pr. årsko. ^e Mereffekten ved pyrolyse frem for nedmuldning af halm, ved halmudbytte på 3,8t/ha. ^f (Ea Energianalyse, 2020)

Det er ikke alle tiltag, det er muligt at implementere, da nogle tiltag hindrer andre. F.eks. kan gylleforsuring reducere muligheden for at sende gyllen til afgang i biogasanlæg (SEGES, 2022). Derudover betyder f.eks. harmonikrav, at hvis lavbundsjerne tages ud af drift hos en husdyrproducent, vil dette kræve en reduktion af antal dyr på bedriften, da der kræves et vist areal at udbringe gyllen på. Derfor vil udtagning af lavbundsjerne, såfremt jorden ikke erstattes, samtidig resultere i en strukturel reduktion hos husdyrproducenten.

I det følgende, vil det blive eksemplificeret med virkemidler ift. reduktion af udledning samt tilhørende omkostninger hos en kvæg-, svine og planteproducent. Der tages udgangspunkt i tiltag der reducerer den territoriale udledning og som umiddelbart kan implementeres uden omfattende ombygning eller ændring af praksis. Ved beregning af omkostninger i forbindelse med tiltag, anvendes gennemsnitsværdier fra tabel 2.

Kvæg

For kvægproducentens vedkommende, vil de angivne indsatser reducere udledningerne i det territoriale regnskab med 26%, mens de årlige udgifter løber op i 562.195 kr. (tabel 4). Den gennemsnitlige omkostning er 661 kr. pr. ton CO₂-e reduceret. Om end indsatserne reducerer metanudledningen fra kvæg med ca. en tredjedel, er dette stadig den klart største post i regnskabet (figur 4). Det totale klimaftryk fra bedriften inklusive import reduceres med 21%.

Indsatser	Udledt mængde (ton Co2-e)	Virkemiddel	Reduktionsfaktor	Reduktion (ton CO2-e)	Omkostning (kr./ton CO ₂ -e)	Årlig udgift (kr)
Husdyrgødning mark	170	Nitrifikationshæmmer (mindsker N ₂ O)	0,4	68	1.100	74.800

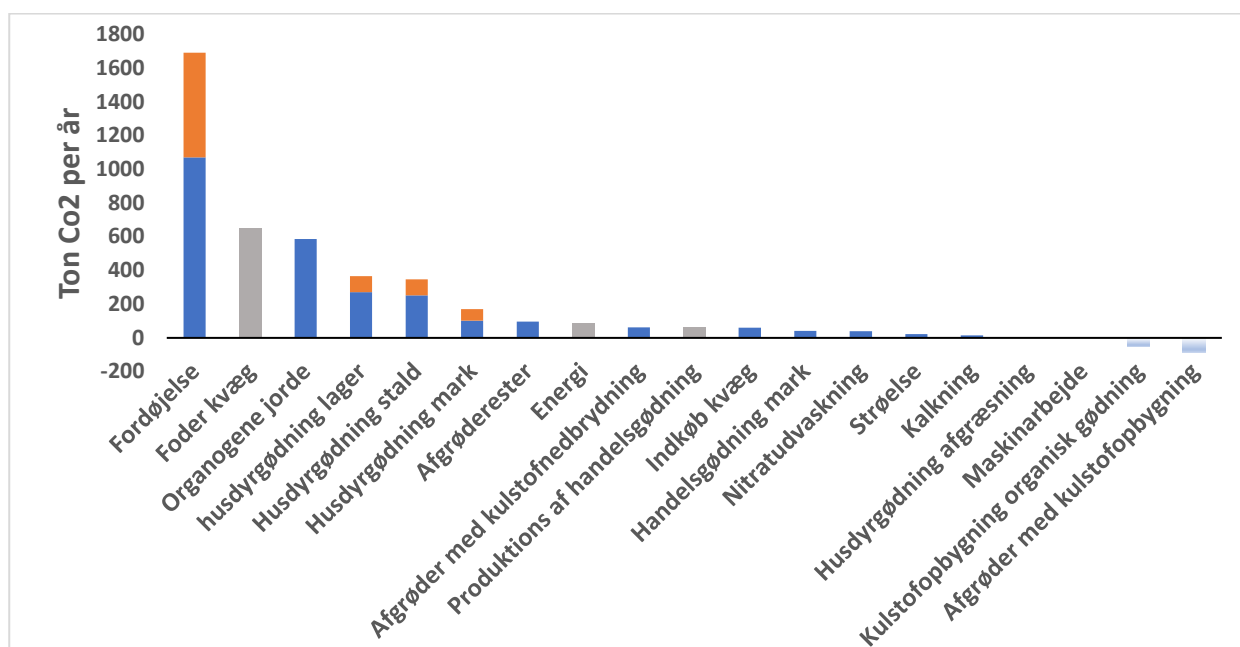
Husdyrgødning stald	238	Levering til biogas (mindsker CH ₄)	0,4	95	150	14.280
husdyrgødning lager	238	Levering til biogas (mindsker CH ₄)	0,4	95	150	14.280
Fordøjelse	1663	Fedtfodring (mindsker CH ₄)	0,08*	133	575	76.498
Fordøjelse	(1.530**)	Bovaer (mindsker CH ₄)	0,3	459	833	382.337
SUM				850		562.195

*Det antages at andelen af fedtsyrer øges fra 20 til 45 g/kg ts og at effekten er 4% hver gang andelen øges med 10 g/kg ts.

**Tallet er efter reduktionen fra fedtfodring er fratrukket.

Bedriftens tal	Total udledning før reduktion (Ton CO ₂ -e)	Total udledning efter reduktion (ton Co ₂ -e)	Reduktion (%)
Udledninger inkl. import	4.137	3.287	21
Udledninger eks. import	3.254	2.404	26

Tabel 5 Oversigt over reduktioner og omkostninger ved udvalgte indsatser på kvægbedrift



Figur 4 Emissionsberegninger via ESGreentool på kvægproducent hvor alle udledninger er medtaget. Blå søjler repræsenterer udledninger opgjort via territorialprincippet og grå søjler repræsenterer udledninger forårsaget af importerede varer til bedriften. Orange markering indikerer størrelsen på reduktion af virkemidler.

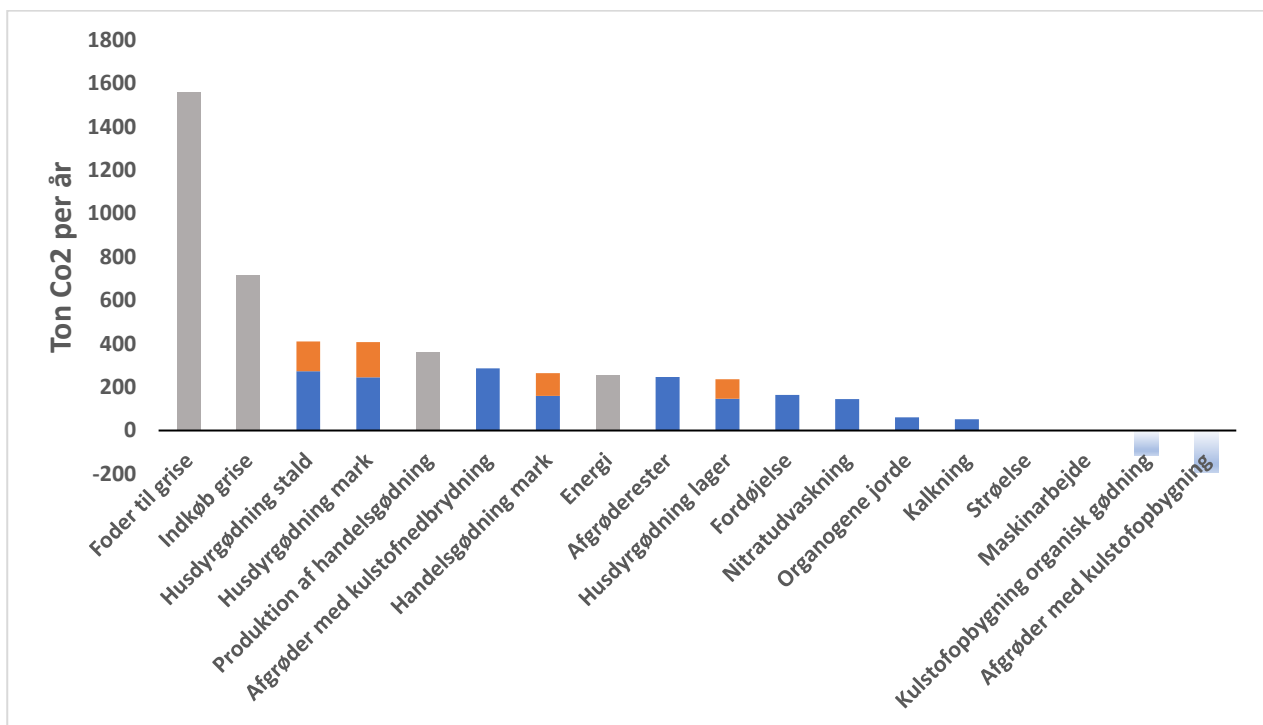
Svin

For svineproducentens vedkommende reducerer indsatserne udledningerne i det territoriale regnskab med 25%, mens de årlige udgifter er 375.710 kr. (tabel 5). Den gennemsnitlige omkostning er 756 kr. pr. ton CO₂-e reduceret. Det totale klimaaftryk fra bedriften reduceres dog kun med 10%, idet indsatserne ikke påvirker de importerede varer, som er det langt største klimaaftryk fra bedriften (figur 5).

Indsatser	Udledt mængde (ton Co ₂ -e)	Virkemiddel	Reduktionsfaktor	Reduktion (ton CO ₂ -e)	Omkostning (kr./ton CO ₂ -e)	Udgift (kr)
-----------	--	-------------	------------------	------------------------------------	---	-------------

Handelsgødning mark	265	Nitrifikationshæmmer (mindsker N ₂ O)	0,4	106	1.100	116.600
Husdyrgødning mark	408	Nitrifikationshæmmer (mindsker N ₂ O)	0,4	163	1.100	179.520
Husdyrgødning stald	343	Hyppig gylleudslusning (mindsker CH ₄)	0,4	137	350	48.020
Husdyrgødning lager	164	Levering til biogas (mindsker CH ₄)	0,55	90	350	31.570
SUM				497		375.710
Bedriftens tal						
Bedriftens tal	Total udledning før reduktion (Ton CO₂-e)		Total udledning efter reduktion (ton CO₂-e)		Reduktion (%)	
Udledninger inkl. import	4.866		4.369		10	
Udledninger eks. import	1.967		1.470		25	

Tabel 6 Oversigt over reduktioner og omkostninger ved udvalgte indsatser på svinebedrift.



Figur 5 Emissionsberegninger via ESGreentool på svineproducent. Blå søjler repræsenterer udledninger opgjort via territorialprincippet og grå søjler repræsenterer udledninger forårsaget af importerede varer til bedriften. Orange markering indikerer størrelsen på reduktion af virkemidler.

Mark

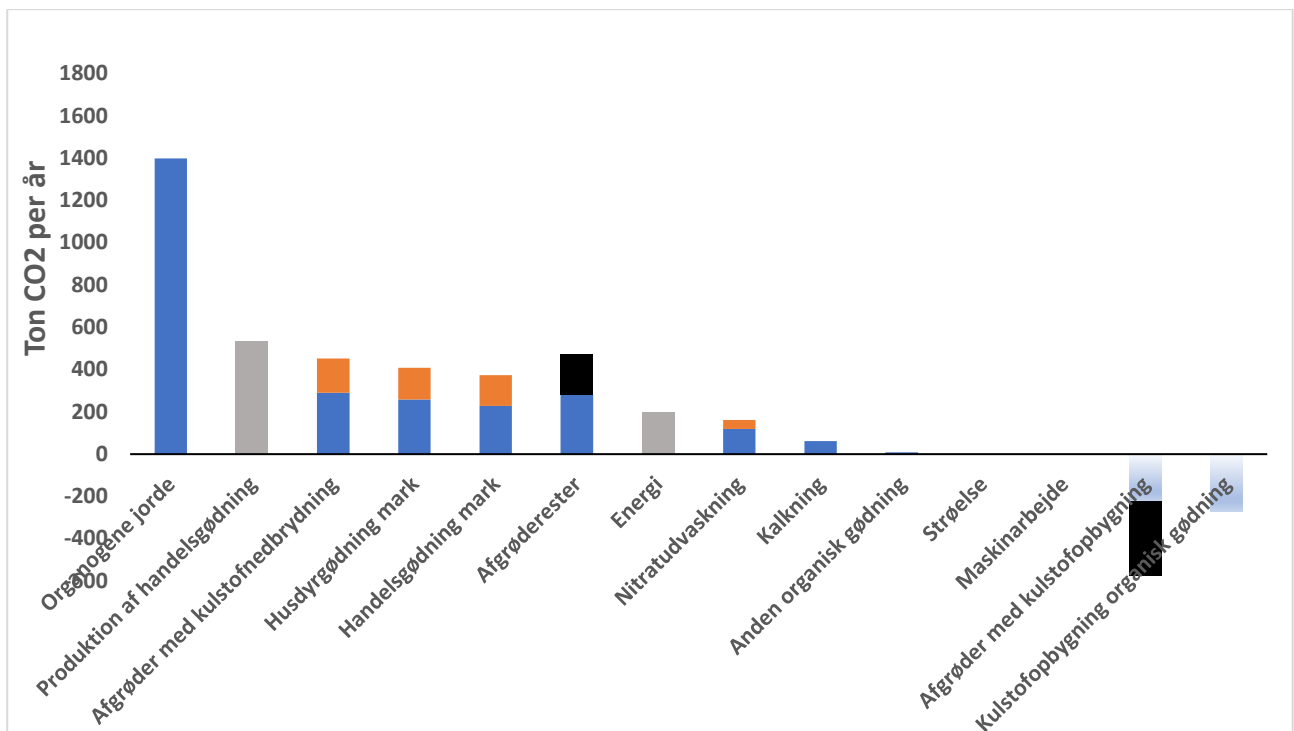
For planteproducentens vedkommende, reducerer indsatserne udledningerne i det territoriale regnskab med 26%, mens de årlige udgifter er 592.020 kr. (tabel 6). Den gennemsnitlige omkostning pr. reduceret ton CO₂-e er 870 kr. Virkemidlerne nedmuldning af halm og efterafgrøder øger samlet set kulstofbindingen i jorden (figur 6). Dog er lavbundsjordene på denne bedrift den klart største kilde til udledning (1399 ton CO₂-e), og udgør mere end 50% af udledningen i det territoriale regnskab.

Indsatser	Udledt mængde (ton Co2-e)	Virkemiddel	Reduktionsfaktor	Reduktion (ton CO2-e)	Omkostning (kr./ton CO2-e)	Udgift (kr)
Handelsgødning mark	408	Nitrifikationshæmmer (mindsker N ₂ O)	0,4	163	1.100	179.520
Husdyrgødning mark	373	Nitrifikationshæmmer (mindsker N ₂ O)	0,4	149	1.100	164.120
Kulstofopbygning	----	Nedmuldning halm (Mindsker CO ₂)	-----	236*	550	129.580
Kulstofopbygning	----	Efterafgrøder (mindsker CO ₂ , N ₂ O)	----	132*	900	118.800
SUM				680		592.020

*De angivne værdier er beregnet vha ESGreentool, og angiver den samlede effekt af virkemidlet. For hhv. pligtige efterafgrøder og nedmuldning af halm er virkemidlet indsat på de marker som ikke allerede havde virkemidlet tilknyttet.

Bedriftens tal	Total udledning før reduktion (Ton CO2-e)	Total udledning efter reduktion (ton Co2-e)	Reduktion (%)
Udledninger inkl. import	3.388	2708	20
Udledninger eks. import	2.655	1975	26

Tabel 7 Oversigt over reduktioner og omkostninger ved udvalgte indsatser hos en planteproducent



Figur 6 Emissionberegninger via ESGreentool på planteproducent. Blå søjler repræsenterer udledninger opgjort via territorialprincippet og grå søjler repræsenterer udledninger forårsaget af importerede varer til bedriften. Orange markering indikerer størrelsen på reduktion af virkemidler mens sort markering indikerer en forøgelse i enten udledning eller reduktion.

Med virkemidlerne blev de territorielle regnskaber for de tre bedrifter reduceret med ca. 25%, mens de årlige omkostninger for reduktionerne beløb sig til 343.640-592.020 kr. Som nævnt tidligere indeholder det nationale regnskab ikke udledninger fra import, og derfor kan der være forskel mellem bedrifterne på hvilke tiltag, der er mest attraktive at iværksætte, afhængigt af om det er økonomien, de nationale forpligtigelser eller klimaet generelt, der er i fokus. Som eksempel kan svinebedriften nævnes (figur 5), hvor den største kilde til udledning er importen af foder til bedriften. Her kan der være en væsentlig forskel på, om indsatserne til at nedbringe udledningerne fra produktionen tager udgangspunkt i det territoriale eller importbaserede

regnskab. F.eks. vil indsatser på at nedbringe aftrykket fra importeret foder have en effekt på den samlede udledning (mindske klimaaftrykket), mens indsatserne ingen effekt har på det territoriale regnskab. Omvendt kan man mindske udledningerne i det territoriale regnskab ved f.eks. at importere en endnu større andel af foderet, hvis det primære fokus ikke er klimaet. Dette vil være et tilnærmelsesvist omkostningsfrit tiltag, men har ingen, eller ligefrem negativ effekt på den samlede udledning. I forvejen importeres der årligt omkring 1,7 mio. tons sojaskrå til Danmark, hvilket medfører en global udledning på op til 6,1 mio. ton CO₂-e (Bosselmann et al., 2020) – dette alene udgør halvdelen af hvad landbruget udleder jf. det nationale klimaregnskab. Der er altså stor forskel hos svinebedrifterne på om man baserer sine indsatser på det nationale regnskab eller generelle klimaaftryk.

Derimod er der hos kvægbedriften i mindre grad forskel på, om man tager udgangspunkt i det nationale regnskab eller ej (tabel 4). Dette skyldes, at det er udledningerne på selve bedriften (køernes fordøjelse), der er langt den største kilde til udledning, og en reduktion heraf vil have direkte indflydelse på både det nationale og globale klimaaftryk (figur 4). Udfordringen med at reducere køernes fordøjelse er, at det er svært at gøre noget ved. På trods af at alle pt. kendte tiltag til reduktion af metanudslip fra køernes fordøjelse blev medtaget ovenfor, reducerede det kun udledningen herfra med en tredjedel på trods af en årlig omkostning på knap en halv million kroner.

For plantebedriftens vedkommende er der heller ikke stor forskel på det territoriale eller importbaserede regnskab, hvilket skyldes lavbundsjordenes store andel af klimagasudledningerne. Netop kulstofdynamikken i jorden spiller en stor rolle for planteproducentens regnskab, da disse poster, både før og specielt efter indsatserne, udgør en betydelig del af det samlede klimaaftryk fra plantebedriften. Hvis virkemidlet pyrolyse anvendes i stedet for nedmuldning af halm, samtidig med at resterende virkemidler fastholdes, ville planteproducenten kunne opnå en reduktion på 56% af emissionerne (tabel 7).

Indsatser	Udledt mængde (ton Co ₂ -e)	Virkemiddel	Reduktionsfaktor	Reduktion (ton CO ₂ -e)	Omkostning (kr./ton CO ₂ -e)	Udgift (kr)
Handelsgødning mark	408	Nitrifikationshæmmer (mindsker N ₂ O)	0,4	163	1.100	179.520
Husdyrgødning mark	373	Nitrifikationshæmmer (mindsker N ₂ O)	0,4	149	1.100	164.120
Kulstofopbygning	----	Efterafgrøder (mindsker CO ₂ , N ₂ O)	----	132	900	118.800
Kulstofopbygning	----	Pyrolyse (mindsker CO ₂)	-----	1036*	870	901.320
SUM				1480		1.363.760
*Det antages at effekten af pyrolyse er 4,5 gange større end ved nedmuldning af halm.						
Bedriftens tal	Total udledning før reduktion (Ton CO ₂ -e)	Total udledning efter reduktion (ton Co ₂ -e)		Reduktion (%)		
Udledninger inkl. import	3.388	1.908		44		
Udledninger eks. import	2.655	1.175		56		

Tabel 8 Oversigt over reduktioner og omkostninger ved udvalgte indsatser hos en planteproducent

Dette vil dog indebære en årlig omkostning på over 1,3 mio. kr. En tilsvarende reduktion ville kunne opnås ved at lavbundsjordene i stedet blev udtaget fra bedriften. Lavbundsjordenes udledning var 1.399 ton CO₂-e/år, og med en reduktionspris på 3846-11.765 kr. per ton CO₂-e (tabel 2), ville en gennemsnitlig omkostning ved at udtage lavbundsjordene være ca. 11 mio. kr. Dette er dog et engangsbetøb til forskel for de andre indsatser som er årlige omkostninger. Hvis både udtagning af lavbundsjordene og ovenstående indsatser blev iværksat, ville planteproducenten rent faktisk blive klimanegativ (optage mere end der udledes) jf. det territoriale regnskab og reducere med 85% jf. det importbaserede regnskab.

Selvom indsatser som pyrolyse og udtagning af lavbundsjorder også ville reducere udledningerne på markedelen hos kvæg eller svineproducenten, er det dog ikke nok til at reducere udledningerne tilstrækkeligt fra disse bedrifter. Det skyldes, at udledningerne fra husdyrbrugene er knyttet til selve husdyrene og i mindre grad til markdriften. Husdyrbedrifterne vil altså med de nuværende indsatser fra klimakataloget (tabel 2), såvel som planlagte indsatser, være særdeles udfordret på at levere tilstrækkelige reduktioner – medmindre der reduceres i areal og/eller i husdyrbestanden.

3. Grøn omstilling under udvikling

Opgaven med at omstille landbrugssektoren er en særdeles kompleks opgave – foruden selve klimaproblematikken skal der også tages hensyn til natur, biodiversitet og udvikling i samfundet generelt.

Jf. klimaloven skal Danmark reducere sin udledning med 50-54% i 2025, 70% i 2030 og være klimaneutral i 2050 (Klimaloven, 2020). For at nå disse mål er det nødvendigt, at samtlige sektorer i Danmark leverer reduktioner, og som en del af omstillingen i Danmark blev landbrugsaftalen indgået. Med aftalen blev der sat bindende reduktionsmål for land – og skovbrugssektoren på 55-65% i 2030 (i forhold til 1990), hvilket svarer til et reduktionsmål på 6,1-8,0 mio.t. CO₂-ækvivalenter (Landbrugsaftalen, 2021).

Landbrugsaftalen satser mod at reducere drivhusgasudledningerne med op til 7,4 mio.t. i 2030. Af de 7,4 mio.t., er 0,5 mio.t. allerede besluttede, men endnu ikke udførte, tiltag (primært udtagning af lavbundsjorder) og 1,9 mio.t. forventes sikret gennem nyligt fremsatte initiativer (f.eks. hyppigt gylleudslusning, skovrejsning mv). De sidste 5,0 mio.t. er der for nuværende ingen konkrete værktøjer til, men der satses på, at udvikling af nye teknologier og virkemidler såsom pyrolyse, fodertilsætningsstoffer, samt yderligere udtagning af lavbundsjorder vil kunne nedbringe udledningen fra landbruget.

Siden Danmark har vedtaget landbrugsaftalen, er der dog kommet skærpede reduktionsforpligtigelser fra EU i forbindelse med EU's *fit for 55*-pakke. Pakken betyder, at selv om Danmark lever op til egne klimamål jf. klimaloven, er det ikke sikkert, at det er nok til at opfylde kravene fra EU, og at der derfor skal leveres yderligere reduktioner i jordbrugssektoren (Klimarådet, 2023).

Som forrige sektion viste, er landbruget udfordret af at kunne levere tilstrækkeligt med reduktioner samt at det er forbundet med høje omkostninger at levere reduktionerne. På samme tid skal det jf. landbrugsaftalen og klimaloven sikres, at konkurrenceevnen ikke forringes og at der samlet set ikke tabes arbejdspladser som følge af omstillingen. Derudover skal løsningerne ikke blot opfylde klimamålene på den korte bane (2030-målene) men også sikre, at tiltage sker i overensstemmelse med målet om klimaneutralitet i 2050.

Hvordan forskellige aktører inden for jordbrugssektoren i Danmark vil gribe denne udfordring an vil blive undersøgt i den resterende del af projektet.

Referencer

Albrechtsen, R., Henriksen, J., Maresca, A., 2021. Estimering af datakvalitet i Landbrugets klimaværktøj.

Bosselmann, A.S., Gylling, M., Callesen, G.E., 2020. Opgørelse over udledningen af drivhusgasser i forbindelse med Danmarks import af sojaskrå og palmeolie, IFRO Udredning Nr. 2020/09.

Danmarks Statistik, 2020. NYT fra Danmarks statistik. Arealdække 2018. Nr. 26.

Det Økonomiske Råd, 2022. ØKONOMI OG MILJØ 2022.

Ea Energianalyse, 2020. SkyClean Pyrolyse af halm og nedmuldning af biokul som klimavirkemiddel.

Henriksen, J et. al., 2021. Landbrugets klimaværktøj 1.0 Klimaværktøj til beregning af klimaaftrykket på den enkelte bedrift.

IEA, 2022. International Energy Agency. CO₂ Emissions in 2022.

IPCC, 2022a. IPCC Ara Begum, R., R. Lempert, E. Ali, T.A. Benjaminsen, T. Bernauer, W. Cramer, X. Cui, K. Mach, G. Nagy, N.C. Stenseth, R. Sukumar, and P. Wester, 2022: Point of Departure and Key Concepts. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 121–196, doi:10.1017/9781009325844.003.

IPCC, 2022b. IPCC, 2022: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.001.

IPCC, 2021. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

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

IPCC, 2006. IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

Klima, Energi og Forsyningsministeriet, 2021. Første officielle vurdering af Danmarks globale klimaaftryk.

Klimaloven, 2020. Klimaloven. LBK nr 2580 af 13/12/2021.

Klimarådet, 2023. Statusrapport 2023.

Klimarådet, 2016. Effektive veje til drivhusgasreduktion I landbruget – Forslag til klimaregnskab for den enkelte landbrugsbedrift.

Kraka, 2022. Grønne køer, russisk gas og CO₂.

Kristensen, T., Lund, P., 2011. Kvæg og klima. Udledning af klimagasser fra kvægbedriften med fokus på metan emissionen. DCA rapport. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Landbrugsaftalen, 2021. Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug.

Nielsen, O.-K., Albrechtsen, R., Thomsen, M., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Callesen, I., Caspersen, O.H., Scott-Bentsen, N., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Olsen, T. M. & Hansen, M.G, Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Mikkelsen, M.H., 2020. Denmark's National Inventory Report 2020. Emission Inventories 1990-2018 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 900 pp. Scientific Report No. 372 <http://dce2.au.dk/pub/SR372.pdf>.

Nielsen, O.K., Albrektsen, R., Thomsen, M., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Stupak, I., Scott-Bentsen, N., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Baunbæk, L., & Hansen, M.G., 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. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 969 pp. Scientific Report No. 494.

Olesen, J.E., Christensen, S., Jensen, P.R., Schultz, E., 2021. AgriFoodTure: Roadmap for sustainable transformation of the Danish Agri-Food system.

QIAO, C., LIU, L., HU, S., COMPTON, J.E., GREAVES, T.L., LI, Q.I., 2015. How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. *Global Change Biology* 21, 1249–1257. <https://doi.org/10.1111/gcb.12802>

SEGES, 2022. Klimakatalog. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/8/c/8/klimakatalog_2021.pdf.