



Dette sektorforudsætningsnotat er en del af Klimastatus og -fremskrivning 2024 (KF24). KF24 er en såkaldt frozen policy fremskrivning, hvilket indebærer, at forudsætningerne for fremskrivningen afspejler et "politisk fastfrosset" fravær af nye tiltag på klima- og energiområdet ud over dem, som Folketinget som udgangspunkt har besluttet før 1. januar 2024 eller som følger af bindende aftaler. For yderligere information om frozen policy tilgangen, se kapitel 1 Principper for frozen policy i sektorforudsætningsnotatet Principper og politikker.

Indhold

Introduktion og opsummering	3
1. Hvad omfatter sektoren for landbrug og skove i KF?	3
2. Væsentlige ændringer i forudsætninger eller metode ift. KF23	3
3. Hvordan indgår forudsætninger og modeller i beregning af udledningerne? ..	5
Kapitel 1: Landbrugsprocesser	7
1.1 KF24 forløbet frem mod 2035	7
1.2 Metode og antagelser bag KF24 forløbet	10
1.2.1 Generelle antagelser og metode	10
1.2.2 Frozen policy antagelser til KF24	14
1.3 Kvalificering af KF24 forløbet	15
1.3.1 Sammenligning med KF23	15
1.3.2 Usikkerhed	16
1.3.3 Planlagt udvikling fremadrettet	17
1.4 Kilder	18
Kapitel 1 bilag 1.1: AGMEMOD	19
Kapitel 2: Landbrugsarealer	22
2.1 KF24 forløbet frem mod 2035	22
2.2 Metode og antagelser bag KF24 forløbet	24
2.2.1 Generelle antagelser og metode	26
2.2.2 Frozen policy antagelser til KF24	29
2.3 Kvalificering af KF24 forløbet	32
2.3.1 Sammenligning med KF23	32
2.3.2 Usikkerhed	33
2.3.3 Planlagt udvikling fremadrettet	35
2.4 Kilder	36

Kapitel 3: Skov	37
3.1 KF24 forløbet frem mod 2035	37
3.2 Metode og antagelser bag KF24 forløbet	39
3.2.1 Generelle antagelser og metode	39
3.2.2 Frozen policy antagelser til KF24	41
3.3 Kvalificering af KF24 forløbet	43
3.3.1 Sammenligning med KF23	43
3.3.2 Usikkerhed	43
3.3.3 Planlagt udvikling fremadrettet	44
3.4 Kilder	45
Kapitel 4: DCE's beregningsmetoder	47
4.1 DCE's modelsystem for landbrug og LULUCF	47
4.1.1 DCE's udledningsberegninger	47
4.1.2 DCE's modelkompleks	47
4.2 Landbrugsprocesser	49
4.2.1 Metode og antagelser	49
4.2.2 Metodeudvikling siden KF23	51
4.2.3 Kritiske antagelser og parametre i metoden	51
4.2.4 Planlagt metodeudvikling fremadrettet	52
4.3 LULUCF	52
4.3.1 Metode og antagelser	52
4.3.2 Metodeudvikling siden KF23	55
4.3.3 Kritiske antagelser og parametre i metoden	55
4.4 Kilder	57
Kapitel 4 bilag 4.1: Beregning af ændringer i jordens kulstofpulje	58

Introduktion og opsummering

1. Hvad omfatter sektoren for landbrug og skove i KF?

I Klimafremskrivningen omfatter landbrug og skove blandt andet landbrugsprocesser, landbrugsarealer og skove, og forudsætningerne for disse dele af sektoren præsenteres i dette samlenotat.¹

For at illustrere størrelsesordenen af disse udledninger, er de forskellige typer af historiske udledninger forbundet med henholdsvis landbrugsprocesser, landbrugsarealer og skove i den sidste fremskrivning (KF23) vist i tabel 1.

Tabel 1: Historiske udledninger forbundet med landbrugsprocesser, landbrugsarealer og skove med videre jf. KF23

Mio. ton CO ₂ e		2020	2021
Landbrugsprocesser – heraf	Husdyrenes fordøjelse	4,1	4,1
Landbrugsprocesser – heraf	Gødningshåndtering	3,8	3,7
Landbrugsprocesser – heraf	Lattergasudledninger fra dyrkning af marker	4,5	4,3
Landbrugsprocesser	I alt	12,4	12,1
Landbrugsarealer - heraf	Dyrket mark	2,8	2,8
Landbrugsarealer - heraf	Græsarealer	2,2	2,3
Skov mv - heraf	Skov	-2,2	-2,9
Skov mv - heraf	Høstede træprodukter	-0,1	-0,1
Øvrig LULUCF	Bebyggelse og vådområder	0,4	0,3
LULUCF	I alt	3,1	2,4
Landbrugsprocesser og LULUCF	I alt	15,5	14,5
De samlede udledninger for alle sektorer		46,0	46,3
Landbrug og LULUCF's andel af de samlede udledninger for alle sektorer		34 %	31%

Kilde: KF23.

2. Væsentlige ændringer i forudsætninger eller metode ift. KF23

I KF24 forventes ikke væsentlige ændringer i antal af kvæg sammenlignet med KF23.

¹ Herudover er der også energiforbrug fra landbrug, gartneri, skovbrug og fiskeri – forudsætningerne knyttet til dette er præsenteret i kapitel 6 i sektorforudsætningsnotat Husholdninger og erhvervs energiforbrug og procesudledninger.

Der forventes færre grise i KF24 end i KF23, primært som følge af at den kinesiske svineproduktion nu er ved at være genetableret efter det kinesiske udbrud af afrikansk svinepest, *jf. tabel 2*. Effekten af dette er større end forventet i KF23.

Der er ikke større ændringer ift. staldteknologier.

Tabel 2: Udvalgte sektorspecifikke forudsætninger i KF24 sammenlignet med KF23

		2025	2030	2035
Mælkekvæg	KF24	543.380	517.250	493.240
	KF23	552.510	523.000	494.050
Øvrig kvæg	KF24	1.059.073	1.018.298	983.495
	KF23	1.077.287	1.039.655	997.321
Søer	KF24	917.530	890.952	857.931
	KF23	959.472	931.209	894.539
Smågrise	KF24	30.783.724	31.020.003	30.932.496
	KF23	32.621.758	32.866.845	32.685.062
Slagtesvin	KF24	15.468.005	15.814.857	15.780.227
	KF23	19.096.629	19.309.604	19.031.039
Samlet landbrugsareal (ha)	KF24	2.604.000	2.542.000	2.521.000
	KF23	2.602.000	2.542.000	2.522.000

Landbrugsarealet forventes fortsat at falde i fremskrivningsperioden i KF24 som et resultat af udtagning af (primært) kulstofrig landbrugsjord og skovrejsning, og er stort set uændret i forhold til KF23. Til KF24 benyttes et nyt opdateret kort (Tørv2022) over udbredelsen af kulstofrig jord i Danmark. Dette resulterer i, at der er færre arealer med kulstofrig jord i KF24 sammenlignet med KF23. I forbindelse med det opdaterede kort pågår et arbejde med at tilvejebringe ny viden om forholdet mellem jordens kulstofindhold, vandstand og drivhusgasudledninger. Resultaterne herfra foreligger endnu ikke, men forventes implementeret i emissionsopgørelsen i 2025 og KF25.

Derudover er der til brug for KF24 ændret på forudsætninger for udtag af landbrugsjord, blandt andet er udtagningshastigheden ændret til, at effekten for udtag af kulstofrig landbrugsjord forventes at indtræffe efter fem år, hvor udtagningshastigheden var tre år til KF23.

Den i KF22 og KF23 anvendte skovfremskrivningsmodel har på kort sigt haft vanskeligheder med at beskrive den faktiske udvikling i kulstofoptag. IGN's skovfremskrivningsmodel har haft en tendens til at underestimere nettooptaget af CO₂ i de danske skove i de førstkomende år. Som følge heraf har IGN udviklet en ny fremskrivningsmodel til KF24, til opgørelse af udledninger og optag fra skov og høstede træprodukter.

3. Hvordan indgår forudsætninger og modeller i beregning af udledningerne?

I de efterfølgende kapitler dokumenteres de forudsætninger, der lægges til grund for fremskrivningen af udledningerne fra landbrugsprocesser, landbrugsarealer og skove med videre i KF24. Som læsevejledning til disse mere detaljerede kapitler følger her et kort overblik over de forudsætninger og modeller, der indgår i disse kapitler.

Udledningerne forbundet med landbrugsprocesser stammer hovedsageligt fra:

- Metanudledning fra husdyrenes fordøjelse
- Metan- og lattergasudledning fra gødningshåndtering i stald og lager
- Lattergasudledning ved dyrkning af landbrugsjorden

LULUCF-udledninger og optag fra landbrugsarealer og skov med videre stammer hovedsageligt fra:

- CO₂-udledninger fra kulstofrig landbrugsjord
- CO₂-udledninger og -optag forbundet med ændringer i kulstofpuljerne i biosfæren på landbrugsarealerne
- Optag og udledninger af drivhusgasser, primært CO₂, i skovene

Landbrugsprocesser

Udledninger fra husdyrenes fordøjelse og fra gødningshåndtering i stald og på lager afhænger beregningsteknisk grundlæggende af aktivitetsniveauet i husdyrproduktionen, dvs. antallet af husdyr i landbruget, samt mælkeydelsen per dyr for kvægproduktionen. I Klimafremskrivningen fokuseres derfor på udviklingen i antal kvæg og mælkeydelsen per kvæg opdelt på malkekvæg og øvrig kvæg samt udviklingen i antal grise opdelt på søer, smågrise og slagtesvin.

Udledningerne fra fordøjelse og gødningshåndtering kan endvidere påvirkes gennem forskellige produktionsmæssige og teknologiske tiltag, som fx fedtfodring for konventionelle malkekvæg og kvier, miljøteknologier i stalde, herunder gylleforsuring, gyllekøling og luftrensingsanlæg samt bioforgasning af gylle og afgrøderester. Mælkeydelsen afhænger grundlæggende af mængden og sammensætningen af foder, dyrene indtager.

Lattergasudledninger fra dyrkning af marker afhænger blandt andet af det samlede gødningsforbrug, der beregnes ved brug af IPCC's standardemissionsfaktor. Gødningsforbruget påvirkes af den forventede udvikling af landbrugsarealet, men også kvælstofnormerne fordelt på afgrødetyper og jordtyper.

Landbrugsarealer

Udledninger fra landbrugsarealernes lagrede kulstofpuljer afhænger blandt andet af udviklingen i landbrugsarealets størrelse og sammensætningen af jordtyper, herunder ikke mindst udviklingen i dyrket kulstofrig landbrugsjord.

Udledningerne fra landbrugsarealerne kan påvirkes gennem forskellige tiltag, der påvirker anvendelsen af landbrugsarealet, som permanent udtagning af landbrugsarealer, vandstandshævning ved sløjfning af dræn, ekstensivering af landbrugsjord i omdrift, samt tiltag som efterafgrøder og braklægning som er en del af reguleringen ift. kvælstofudvaskning.

Skove

Ud fra den aktuelle tilstand i skovarealernes lagrede kulstofmængde samt historiske erfaringer fra skovdriften beregnes de forventede fremtidige udledninger og optag på baggrund af blandt andet følgende nøgleantagelser med forventninger om:

- Forøget kulstofindhold pr ha i skovene ved stigende alder per overlevende træ. Ved tilvækst sker et CO₂-optag, der er større end den CO₂-udledning, der sker som følge af tynding, og der opbygges gradvist et større kulstoflager indtil det givne træ fældes, eller dør og nedbrydes i skoven.
- Overlevelsessandsynligheder for træerne i skovene afhænger blandt andet af trætyper, aldersklasser og geografi baseret på historiske erfaringer.
- Ved tynding og fældning sker en CO₂-udledning, hvor en mindre andel antages anvendt til træprodukter, der lagrer CO₂.
- Udledninger fra skovjord er primært baseret på emissionsfaktorer for CO₂, N₂O og CH₄.
- Mængden af nye arealer skov, der rejses (øget CO₂-optag), og skovarealer, der permanent fjernes (øget CO₂-udledning).

Kapitel 1: Landbrugsprocesser

1.1 KF24 forløbet frem mod 2035

Dette kapitel beskriver de væsentligste forudsætninger, der anvendes af Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet (DCE) til at beregne de forventede udledninger fra landbrugsprocesserne. Disse udledninger omfatter primært metan (CH_4) fra husdyrenes fordøjelse, metan og lattergas (N_2O) fra gødningshåndtering i stald og lager, samt lattergasudledning ved gødskning på marker og kvælstofomsætning i landbrugsjorden².

Først beskrives i dette afsnit de væsentligste aspekter af udviklingen i faktorer, som påvirker udledningerne. I afsnit 2 beskrives metoden og forudsætningerne forbundet med fremskrivningen.

Drivhusgasudledningerne fra landbruget drives i høj grad af antallet af husdyr, gødningshåndteringen og mængden af gylle og fast gødning, samt mængden af handelsgødning. Disse betegnes også som aktivitetsdata.

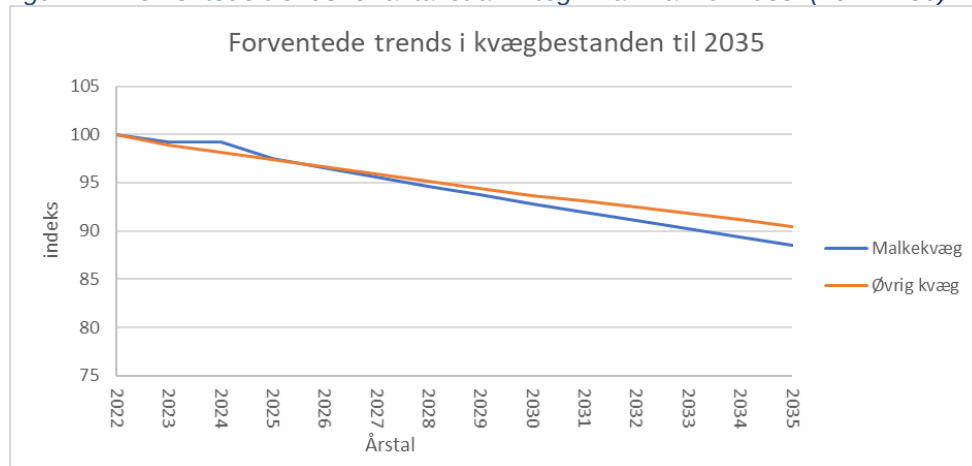
Antal husdyr

Figur 1.1 og 1.2 viser den forventede udvikling i antallet af husdyr frem mod 2035, som er baseret på Landbrugsfremskrivningen 2024 (Jensen, 2024). Ifølge Landbrugsfremskrivningen 2024 forventes antallet af malkekøer at falde væsentligt frem mod 2035 svarende til et samlet fald på 11 pct. sammenholdt med 2022, som blandt andet skyldes en stigning i mælkeydelsen per ko, som medfører, at en svagt stigende samlet mælkeproduktion kan leveres af færre køer. Da antallet af øvrige kvæg er knyttet til malkekvægproduktionen, vil faldet i malkekvæg ligeledes blive afspejlet i et fald i antallet af øvrige kvæg.

Den samlede produktion af grise i Danmark er faldende i de nærmeste år, hvilket blandt andet skyldes reducerede afsætningsmuligheder af dansk svinekød efter at den kinesiske griseproduktion er ved at være genetableret efter kinesisk udbrud af afrikansk svinepest siden 2019. Produktionen forventes igen at stige en smule i 2024. Derefter forventes i 2035 sammenholdt med 2022 et fald i antal af søer (12 pct.), smågrise (5 pct.) og slagtesvin (15 pct.). Det skal bemærkes, at der især er betydelig usikkerhed behæftet med fremskrivningen af antal husdyr efter 2030.

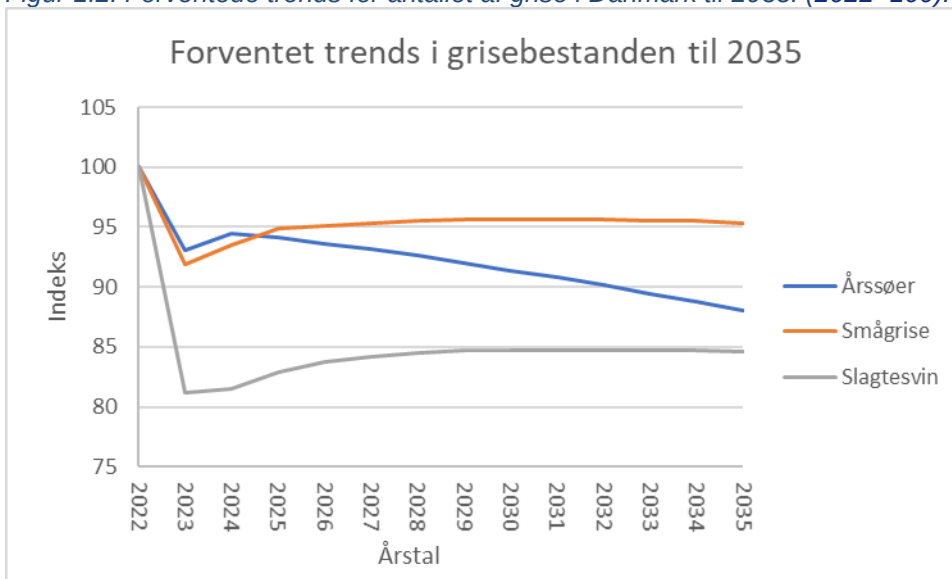
² Derudover opgøres også udledninger fra mindre kilder i landbrugssektoren; CO_2 fra kalkning, urea og andre kulstofholdige gødninger samt metan og lattergas fra afbrænding af frøgræs og halmrester.

Figur 1.1: Forventede trends for antallet af kvæg i Danmark til 2035. (2022=100).



Kilde: Jensen (2024) og oplysninger fra DCE.
Anm.: 2022 er indeks 100.

Figur 1.2: Forventede trends for antallet af grise i Danmark til 2035. (2022=100).



Kilde: Jensen (2024) og oplysninger fra DCE.
Anm.: 2022 er indeks 100.

Husdyrenes fordøjelse

Omsætning af foder i maven på husdyr medfører dannelsen af metan. S sammensætningen og størrelsen af husdyrbestanden påvirker mængden af disse udledninger, idet udledningen af metan fra fordøjelsen hos de flermavede drøvtyggere, især malkekøer, er kvantitativt større end udledningen fra enmavede produktionsdyr såsom grise. Udledninger fra drøvtyggernes fordøjelse kan fx påvirkes via fodringspraksis og avl.

Gødningshåndtering

Mængden af gødning, der skal håndteres som følge af husdyrproduktionen, afhænger i sagens natur blandt andet af udviklingen i antallet af dyr. Udledningerne fra gødningshåndteringen afhænger derudover blandt andet af brugen af miljøteknologier i staldene og omfanget af biogasning af gylle med videre Klimatiltag som følge af *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug* og EU's fælles landbrugspolitik for 2023-2027 og øget brug af miljøteknologier reducerer udledningerne fra blandt andet gødningshåndtering, og antagelser herom er afgørende for KF24-udledningsforløbet. Ligeledes reducerer bioforgasning af gylleudledningerne af metan og lattergas fra gødningshåndtering grundet en kortere opholdstid i stalden og på lager, og fordi det organiske indhold i gyllen omsættes til energi.³

Gødskning

Den samlede anvendte mængde gødning afhænger blandt andet af landbrugsarealets størrelse. Landbrugsarealet forventes at falde frem mod 2035 på grund af udtagning af arealer til skov, infrastruktur og øget bebyggelse, men også som konsekvens af politisk vedtagne tiltag som frivillige udtagningsordninger af kulstofrig jord og i mindre grad ny skovrejsning. Et fald i det dyrkede areal samt øget ekstensivering (se mere i kapitel 2) medfører alt andet lige et tilsvarende fald i behovet for gødning.

Mængden af handelsgødning beregnes ud fra det samlede gødningsbehov fratrasket mængden af kvælstof i husdyr- og anden organisk gødning. Da antal af husdyr forventes at falde frem mod 2035, skal en tilsvarende større andel af gødningsbehovet dækkes af handelsgødning. Dog forventes et samlet fald i mængden af handelsgødning frem mod 2035, da faldet i gødningsbehovet forventes at overstige faldet i antal husdyr.

Ændring i forudsætninger siden KF23

Sammenlignet med KF23-forudsætningerne for landbrugsprocesser er der ikke væsentlige ændringer i antal af kvæg, men væsentligt færre grise:

- Malkekvæg: Ift. KF23 henholdsvis 2 pct. færre malkekvæg i 2025, 1 pct. færre i 2030, og 0,2 pct. færre malkekvæg i 2035.
- Øvrige kvæg: Ift. KF23 færre øvrige kvæg 2 pct. færre i 2025 og i 2030, og 1 pct. færre i 2035.
- Søer: Ift. KF23 4 pct. færre søer i 2025, 2030 og 2035
- Smågrise: Ift. KF23 6 pct. færre smågrise 2025 og 2030, og 5 pct. færre i 2035.

³ Omvendt sker der dog også en udledning af metan fra biogasanlæggene under produktionen i form af metanlækage (jf. kapitel 3 i sektorforudsætningsnotat Produktion af olie, gas, og VE-brændstoffer).

- Slagtesvin: Ift. KF23 henholdsvis 19 pct., 18 pct. og 17 pct. færre slagtegrise i 2025, 2030 og 2035.

For yderligere sammenligning af KF24 og KF23 forløbene henvises til afsnit 1.3.1.

1.2 Metode og antagelser bag KF24 forløbet

1.2.1 Generelle antagelser og metode

Den forventede udvikling i husdyrproduktionen og landbrugsarealet er baseret på Landbrugsfremskrivningen (Jensen, 2024), der udarbejdes årligt af Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi (IFRO) ved Københavns Universitet.

Landbrugsfremskrivningen er en modelbaseret fremskrivning, som bygger på den europæiske AGMEMOD-model. Modellen er en økonometrisk, dynamisk ligevægtsmodel for landbrugssektorerne i EU's medlemslande samt andre vigtige handelspartnere. Fremskrivningen af udviklingen i landbrugets aktivitet bygger helt overordnet på såvel historiske data som adfærdsligninger, der beskriver blandt andet producenters og forbrugeres adfærd ved ændringer i sektorens rammevilkår. Disse ændringer kan stamme fra nye politiske tiltag, ændringer i markedspriser med videre (Jensen, 2017). For nærmere beskrivelse henvises til Bilag 1.1. AGMEMOD blev opdateret i foråret 2022, og det er den opdaterede model, der benyttes til dette års Landbrugsfremskrivning. Med opdateringen er det blevet muligt at fremskrive til 2040 med hensyntagen til EU-landenes markedsbalancer.

Når DCE beregner udledningerne fra sektoren foretages en efterbehandling af aktivitetsdata fra Landbrugsfremskrivningen således, at husdyrgrupperne svarer til inddelingen i emissionsopgørelsen og dermed klimafremskrivningen, *jf. kapitel 4* om DCE's modeller. Ligeledes benytter DCE i nogle tilfælde tendensen i landbrugsfremskrivningen frem for de absolutte fremskrevne værdier. Dette er fx tilfældet for udviklingen i antal grise, hvilket skyldes, at der i DCE's beregning tages udgangspunkt i en gennemsnitsgris, hvad angår foderindtag samt kød- og gødningsproduktion, således at gødningsproduktion og kvælstofudskillelse er i overensstemmelse med normtallene for husdyrgødning.

1.2.1.1 Metode for beregning af udledninger

Udledningen af metan og lattergas fra dyrenes fordøjelse, gødningshåndtering og gødning på markerne beregnes i henhold til IPCC's metoder for drivhusgasopgørelser. Komplexiteten i metoden afhænger af de metodeniveauer, såkaldte "Tiers", som er angivet af IPCC. For en detaljeret gennemgang af IPCC tier-niveauer henvises til kapitel 4 om DCE-modeller.

Udledninger fra dyrenes fordøjelse

Metanudledning fra fordøjelse beregnes ved at gange mængden af foderets bruttoenergiindhold (GE, Gross Energy, megajoule per dyr per dag) med en faktor (Y_m), der udtrykker metantabet i fordøjelsesprocessen. Y_m -faktoren for malkekøer er estimeret ved brug af en model, hvor gennemsnitlige nationale foderplaner indgår som input, mens den for øvrige husdyr er baseret på IPCC's standardværdier. Y_m for malkekøer afhænger blandt andet af fodersammensætningen, og beregningen kan dermed tage højde for fx øget fedtfodring. Den samlede metanudledning per husdyr ganges afslutningsvist med antal husdyr for den dertilhørende kategori, hvorfra en samlet metanudledning for husdyrkategorien estimeres.

Udledninger fra gødningshåndtering

Beregningen af udledninger fra gødningshåndteringen er forskellig for metan og lattergas. Metanudledning beregnes ved at gange mængden af flygtige faste stoffer (VS, Volatile solids) i gødningen med en metankonverteringsfaktor (MCF). MCF udledes ved brug af en kompliceret model, hvor metanudledningen beregnes baseret på gyllens opholdstid i stalden (kaldet hydraulisk retentionstid, HRT). Modellen tager højde for tiltag såsom hyppig udslusning af gylle samt miljøteknologier som fx bioforgasning af gylle. Lattergasudledning fra gødningshåndtering beregnes både for den direkte proces, hvor lattergas denitrificeres direkte fra det organisk-bundne kvælstof, og for den indirekte proces via ammoniakfordampning og NO_x-udledning. Dertil bruges forskellige emissionsfaktorer afhængig af gødningstypen.

Gødsning og udledning af lattergas fra dyrkning af marker

Lattergasudledning fra dyrkning af marker stammer fra flere udledningskilder, der beregnes med forskellige metoder. Udledningerne afhænger især af, hvor meget kvælstof der tilføres jorden, men også hvor meget der recirkulerer i jord-plantesfæren. Der beregnes både direkte lattergasudledning, når kvælstofholdig gødning tilføres jorden, men også indirekte lattergas, der udledes ved kvælstofudvaskning og afstrømning samt ved omsætning af ammoniak og NO_x. Beregningsmæssigt udregnes først den samlede tilførte kvælstofmængde fra alle kilder (handelsgødning, husdyrgødning, slam, urin og fæces ved afgræsning, afgrøderester samt omsætning af jordens kvælstofpulje), som så ganges med en standardemissionsfaktor for lattergas. De største lattergasudledningskilder er:

- *Handelsgødning*, hvor mængden af kvælstof baseres på oplysninger fra gødningsregnskabet og salgsregistret for handelsgødning.
- *Organisk gødning*, som hovedsageligt er husdyrgødning, hvor mængden af kvælstof baseres på normtalsystemet for husdyrgødning. Endvidere

indregnes kvælstofbidraget fra udbragt spildevandsslam samt anden organisk gødning.

- *Nedbrydning af afgrøderester*, hvor mængden af kvælstof estimeres ud fra nationale tal for afgrødeudbyttet og tørstofindholdet baseret på empiriske modeller udviklet af IPCC.
- *Kvælstoffrigivelse ved dyrkning af kulstofrig jord* beregnes ved at gange arealet med standard emissionsfaktorer fra IPCC fordelt på arealer i omdrift og græsarealer, jf. tabel 2.1 i kapitel 2.
- *Indirekte lattergasudledninger* fra udvaskning og afstrømning af kvælstof beregnes blandt andet ud fra det nationale monitoringsprogram NOVANA som indsamles af Aarhus Universitet.

For en mere uddybende metodeforklaring henvises til Nielsen *et al.* (2023) og Albrektsen *et. al.* (2021).

1.2.1.2 Økologisk versus konventionel produktion

Beregningen af den samlede udledning fra landbrugssektoren er i KF baseret på data, som omfatter både den økologiske og konventionelle produktionsform. Implicit indgår økologi således i de nuværende opgørelser og fremskrivninger.

I forhold til udviklingen i malkekvæg og landbrugsarealet indregnes i KF24 effekten af de i landbrugsaftalen afsatte midler til økologisk arealstøtte igennem landbrugsfremskrivningen. De afsatte midler til økologistøtte øger de relative prisforhold mellem konventionelle og økologiske bedrifter, hvilket får den økologiske andel til at stige. Til KF24 er økologimodellen i AGMEMOD opdateret i form af udvidelse af datagrundlaget for det økologiske jordbrug samt strukturelle ændringer af modellens beskrivelse af adfærden i den økologiske sektor (Jensen, 2024).

Der opdeles mellem økologiske og konventionelle malkekvægs fordøjelse i fremskrivningen, idet der tages højde for en særskilt Ym faktor (metanomdannelsesfaktor), antal af græsningsdage samt at de økologiske dyr ikke er omfattet af fedtfodringskravet fra landbrugsaftalen. Derudover indregnes et fremskrevet reduceret gødningsforbrug, der afspejler det fremadrettede stigende økologiske areal.

På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at lave en fuld særskilt fremskrivning af udledningerne fra økologisk produktion. Det skyldes, at det ikke muligt at opdele samtlige enkelte emissioner på produktionsformerne, da data p.t. ikke er tilgængelige til en sådan opdeling, både for historiske og fremskrevne data. Et eksempel er beregning af lattergasudledningen fra afgrøderester, der afhænger af

høstudbytte, som er forskelligt for økologisk og konventionel produktion, men estimeres på baggrund af et samlet udbytte fra Danmarks Statistik.

Til KF24 er indgået et samarbejde med Innovationscenter for Økologisk Landbrug og SEGES om at indsamle nye data for flere parametre, som indgår i DCE's beregninger. Det forventes, at projektet vil bidrage til, at der kan estimeres en klimaeffekt for flere af udledningskilderne i sektoren.

1.2.1.3 Klimatiltag, der påvirker udledninger

Gødningshåndtering: Miljøteknologier mv.

Det antages, at der fremover vil være øget brug af diverse udledningsreducerende miljøteknologier til gødningshåndtering i stald og lager frem mod 2035.

Miljøteknologier er blandt andet gyllekøling og luftrensningsanlæg i svinestalde samt forsuring af kvæg- og svinegylle.

Forudsætningerne for indfasningen af teknologierne er udarbejdet på baggrund af historiske oplysninger baseret på data fra miljøgodkendelser til husdyrbrug, mens antagelser om udbredelsen af teknologi fremadrettet er foretaget på baggrund af vurdering fra SEGES. Følgende konkrete tiltag forventes øget:

- Gylleforsuring: Frem mod 2030 forventes andelen af stalde med forsuring af kvæg- og svinegylle at stige i forhold til produktionen i dag: 8 pct. stalde for malkekvæg, 2,3 pct. stalde for øvrige kvæg, 3,5 pct. stalde for søer, 2 pct. stalde for smågrise og 4,7 pct. stalde for slagtesvin.
- Gyllekøling: Frem mod 2030 forventes en betydelig stigning i andelen af svinestalde med gyllekøling ift. i dag. I 2030 forventes: 40 pct. af stalde med søer, 30 pct. af stalde med smågrise og 20 pct. af stalde med slagtesvin.
- Luftrensningsanlæg: Der forventes ligeledes en øget implementering af luftrensningsanlæg i svinestalde i 2030 ift. i dag. I 2030 forventes: 5 pct. af produktionen med søer, under 1 pct. af produktionen med smågrise og 4 pct. af produktionen med slagtesvin.⁴ Bemærk, at effekten af luftrensning ikke er indregnet i den historiske opgørelse.
- Bioforgasning: Frem mod 2030 antages en øget bioforgasning af svine- og kvæggyllen, jf. *sektorforudsætningsnotat Produktion af olie, gas og VE-brændstoffer kapitel 3 om biogas*.

⁴ Luftrensningsanlæg reducerer ammoniakfordampning, som indirekte påvirker lattergasudledningen.

- Fast overdækning af gylletanke: Der forventes, at andelen af teltoverdækkede gylletanke vil stige væsentligt fremadrettet ift. i dag. I 2030 forventes: 55 pct. af tanke med grisegylle og 25 pct. af tanke med kvæggylle.

Gødskning: Husdyr- og handelsgødning mv.

Det nationale gødningsforbrug estimeres ud fra kvælstofnormen og fordeles på husdyr- og handelsgødning ved først at anvende kvælstoffet i tilgængelig husdyrgødning baseret på det fremskrevne antal husdyr og dernæst beregne det resterende behov med handelsgødning. Gødningsbehovet påvirkes til dels af den forventede udvikling af landbrugsarealet, men også af kvælstofnormerne. Konkret forventes det ligesom i KF23, at landbrugsarealet falder frem mod 2035 og at der sker ekstensivering af nogle arealer, hvilket betyder at gødningsbehovet reduceres, jf. kapitel 2.

1.2.2 Frozen policy antagelser til KF24

Landbrugsfremskrivningen (Jensen, 2024) er ligesom KF24 baseret på en såkaldt "frozen policy" tilgang, hvor kun allerede vedtagne politikker og virkemidler er indregnet. Landbrugsfremskrivningen 2024 samt KF24 indregner tiltag fra EU's landbrugspolitik (CAP) for perioden 2023-2027 og *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug* af 4. oktober 2021 (herefter landbrugsaftalen), ligesom det blev gjort i KF23. Der antages fuld implementering af tiltagene fra 2023. For perioden efter 2030 for de tiltag, hvor der endnu ikke er fastsat midler, fastholdes 2030-niveauet.

Nedenfor ses hovedforudsætningerne for indregning af tiltag, som også blev indregnet i KF23:

- *Reduktionskrav for husdyrenes fordøjelse*; hvor reguleringen antages implementeret fra januar 2025. Da der endnu ikke er truffet endelig beslutning om udmøntning og implementering af det generelle reduktionskrav, er alene effekten af øget fedttildeling til konventionelle malkekøer vurderet.
- *Hyppig udslusning af gylle*; dvs. udslusning minimum hver 7. dag. Kravet blev implementeret 1. maj 2023.
- *Reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen*; følger landbrugsjord i omdrift, som Fødevareministeriet enten forventer udtaget permanent eller ekstensiveret som følge af landbrugsaftalen og CAP 2023-2027 (nærmere beskrivelse i kapitel 2). Hertil følger en reduktionseffekt af kvælstofudvaskning på 33 kg N/ha ved dyrkning af efterafgrøder.

Til KF24 indregnes en reduceret gødningseffekt i den efterfølgende dyrkningssæson ved dyrkning og nedmuldning af efterafgrøder på 21,7 kg N/ha, dette blev ikke indregnet i KF23.

1.3 Kvalificering af KF24 forløbet

1.3.1 Sammenligning med KF23

Ændringerne i forhold til KF23 – ud over de få, som følger af nye politiske tiltag, beskrevet i afsnit 1.2.2- relaterer sig dels til det forventede antal husdyr og antagelser angående fx udviklingen i staldtyper og dertil knyttet gødningshåndtering samt ændringer i det dyrkede areal, og dels implementerede metodiske forbedringer. Kun få ændringer i antal af husdyr samt staldtyper og gødningshåndtering forventes i KF24 sammenlignet med KF23, samt det dyrkede areal forventes at være stort set uændret siden KF23, *jf. kapitel 2*.

Udviklingen i antal husdyr i KF24 sammenlignet med KF23

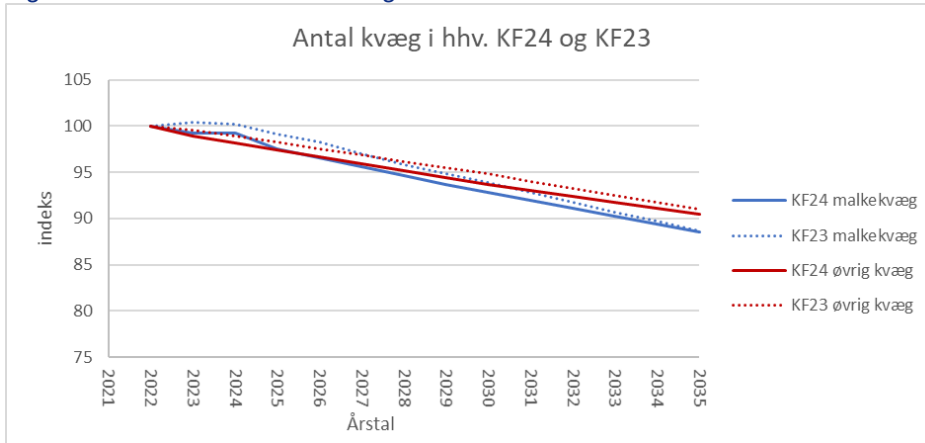
Sammenlignes Landbrugsfremskrivningen fra 2023 (Jensen, 2023) med fremskrivningen i 2024 (Jensen, 2024) ses kun mindre ændringer af den fremskrevne udvikling i antal køer (Figur 1.3), og antal grise (Figur 1.4).

Antallet af malkekøer er en anelse lavere i KF24 sammenlignet med KF23 frem mod 2025 (2 pct. færre malkekvæg end i KF23) og 2030 (1 pct. færre malkekvæg end i KF23). Dette skyldes, at produktionsomkostningerne ligger en anelse højere i den nyeste fremskrivning, som påvirker, at produktion derved reduceres tilsvarende. Dog forventes niveauet at ramme samme antal malkekøer i 2035 i KF24 sammenlignet med KF23 (0,2 pct. færre malkekøer end i KF23).

Afrikansk svinepest i Kina i 2019 har medført en stigning i den danske produktion i de efterfølgende 2-3 år, men den kinesiske svineproduktion er ved at være genetableret, hvilket har reduceret afsætningsmulighederne for dansk svinekød samtidig med, at foderomkostninger har været stigende. Således vurderes det, at antal årssøer vil ligge på et lidt lavere niveau de nærmeste år end tidligere antaget, endnu lavere end forventet til KF23 (4 pct. færre årssøer i 2025 og 2030 end antaget i KF23). Udviklingen i antallet af årssøer afspejles også i antallet af producerede grise, som ligeledes gennem hele fremskrivningsperioden forventes at ligge på et væsentligt lavere niveau end i KF23. Andelen af de producerede smågrise til eksport (opfedning/slagtning) i navnlig Tyskland og Polen har haft tendens til at stagnere nogle år, blandt andet i kraft af gunstige afsætningsvilkår for danske slagtesvin, men er nu igen svagt stigende og forventes også at stige de kommende år på grund af lavere lønudvikling i slagtesvinsproduktionen i udlandet end i Danmark. Dette afspejler sig i en svagt stigende andel eksporterede smågrise sammenlignet med KF23, men de samlede antal smågrise forventes lidt lavere i

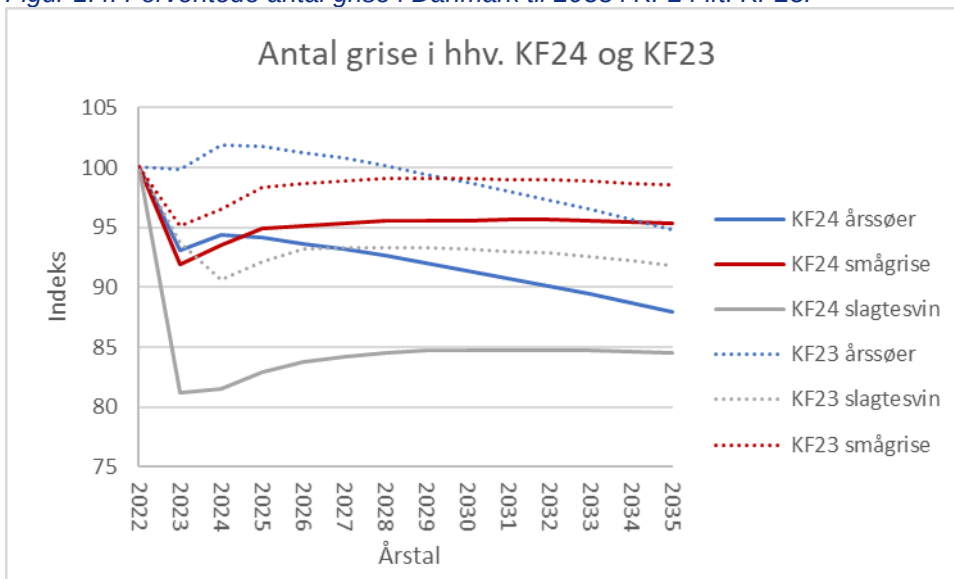
KF24 end i KF23 (6 pct. færre smågrise i 2025 og 2030 end antaget i KF23). Således udmønter faldet i antal producerede grise sig især i et fald i antallet af slagtesvin som opfedes i Danmark sammenlignet med KF23 (hhv. 19 pct. og 18 pct. færre slagtesvin i 2025 og 2030 end antaget i KF23)

Figur 1.3: Forventede antal kvæg i Danmark til 2035 i KF24 ift. KF23.



Kilde: Jensen (2023; 2024) og oplysninger fra DCE. Anm.: 2022 er indeks 100.

Figur 1.4: Forventede antal grise i Danmark til 2035 i KF24 ift. KF23.



Kilde: Jensen (2023; 2024) og oplysninger fra DCE. Anm.: 2022 er indeks 100.

1.3.2 Usikkerhed

Antallet af husdyr frem mod 2035 samt estimerne for mælkeydelse og eksporten af smågrise er i sagens natur forbundet med usikkerhed. Dette skyldes ikke mindst,

at markedsforhold i EU og forbrugerpræferencer i forhold til fødevarer er svære at fremskrive og kan ændre sig.

Udviklingen i antallet af husdyr har væsentlig betydning for landbrugets udledninger. Ifølge en usikkerhedsanalyse af udvalgte variable i Landbrugsfremskrivningen fra Jensen (2017) er der mindre end 10 pct. sandsynlighed for afvigelser på mere end 10-15 pct. i forhold til fremskrivningsresultaterne til 2030. Dette usikkerhedsinterval vurderes af IFRO at være på et tilfredsstillende niveau, givet at fremskrivningen er baseret på parametre og variable, der i sig selv er usikkerhedsbehæftede (Jensen, 2017). Specielt grundlaget for en fremskrivning længere end 2030 er meget usikkert og sparsomt, hvorfor denne del af fremskrivningen er behæftet med særlig stor usikkerhed.

For de udledningskilder, hvor der ikke er nationale data, bruges standardemissionsfaktorer (Tier 1 metode). Standardemissionsfaktorerne er behæftet med relativ høj usikkerhed, fx vurderes usikkerheden på emissionsfaktoren for lattergasudledning fra gødningstilførsel på marken at være ca. 300 pct. (IPCC, 2006). Der er ligeledes usikkerhed forbundet med diverse forudsætninger om staldd typer, miljøteknologier, gyllehåndtering med videre.

DCE vurderer, at der er en samlet usikkerhed på ca. ± 44 pct. for den nationale historiske opgørelse af drivhusgasser fra landbrugssektoren ekskl. LULUCF sektoren, mens usikkerheden i fremskrivningen må betragtes som betydeligt højere, da en række variable vanskeligt kan forudsiges.

1.3.3 Planlagt udvikling fremadrettet

Der arbejdes løbende på at forbedre beregningerne. Blandt andet arbejdes på en ændret model for metanudledning fra flydende gødning, hvor der i den nye model blandt andet tages udgangspunkt i gødningens opholdstid i den enkelte staldd type, hvor der tidligere har været anvendt et vægtet gennemsnit. Denne ændring forventes implementeret til næste års fremskrivning. Der arbejdes også på at anvende differentierede emissionsfaktorer for lattergas ved udbringning af handelsgødning og husdyrgødning.

1.4 Kilder

Albrektsen, R., Mikkelsen, M.H. & Gyldenkærne, S. 2021. Danish emission inventories for agriculture. Inventories 1985 – 2018. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 202 pp. Scientific Report No. 443. <https://dce2.au.dk/pub/SR443.pdf>

IPCC (2006) N₂O Emissions from Managed Soils, And CO₂ Emissions from Lime and Urea Application, Chapter 11, https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf

Jensen J.D. (2017) Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030, IFRO rapport nr. 255

Jensen J.D. (2023) Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2040 – efteråret 2022, IFRO Udredning nr. 2023/11. https://static-curis.ku.dk/portal/files/344725846/IFRO_Udredning_2023_11.pdf

Jensen J.D. (2024) Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2040 – efteråret 2024. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Udredning Nr.2024/01 . https://static-curis.ku.dk/portal/files/384575750/IFRO_Udredning_2024_01.pdf.

LBST 2023. Forudsætninger fra Landbrugsstyrelsen ifm. KF24.

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Levin, L., Callisen, L.W., Andersen, T.A., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Stupak, I., Scott-Bentsen, N., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Baunbæk, L., & Hansen, M.G. 2023. Denmark's National Inventory Report 2023. Emission Inventories 1990-2021 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 933 pp. Scientific Report No. 541 <http://dce2.au.dk/pub/SR541.pdf>

Salamon, P., Banse, M., Donnellan, T., Hass, M., Jongeneel, R., Laquai, V., van Leeuwen, M., Reziti, I., Salputra, G., Zirngibl, M. (2019): AGMEMOD Outlook for Agricultural and Food Markets in EU Member States 2018-2030. Thünen Working Paper 114, https://agmemod.eu/images/Outlook_2019.pdf

Salputra, G., Salamon, P., Jongeneel, R., Van Leeuwen, M. and Banse, M., editor(s), Salamon, P., Banse, M., Barreiro Hurle, J., Chaloupka, O., Donnellan, T., Erjavec, E., Fellmann, T., Hanrahan, K., Hass, M., Jongeneel, R., Laquai, V., Van

Kapitel 1 bilag 1.1: AGMEMOD

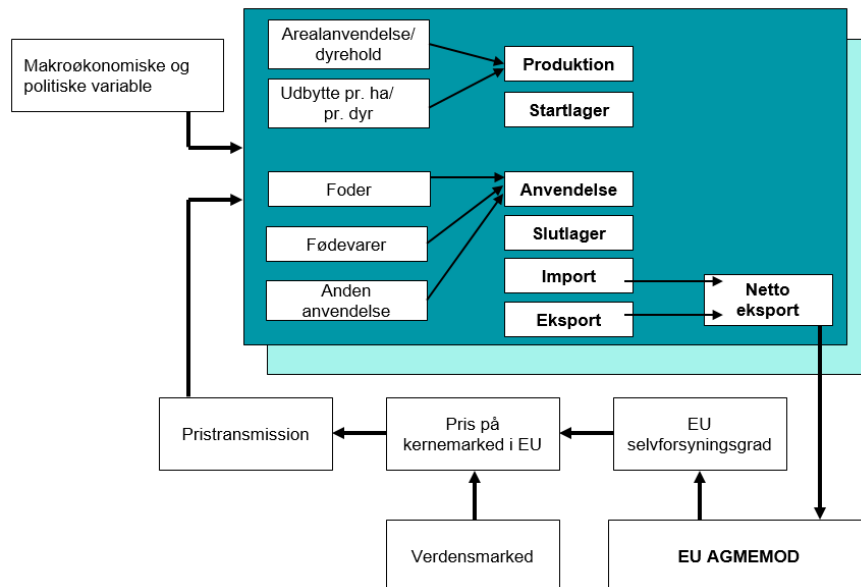
IFRO's fremskrivning af dansk landbrugs forventede udvikling er baseret på den europæiske AGMEMOD-model, som er et økonometrisk og dynamisk partielt ligevægtsmodelsystem for landbrugssektorerne i EU's medlemslande (**A**gricultural **M**ember State **M**odelling). Indeværende beskrivelse af modellen tager udgangspunkt i eksisterende rapporter fra IFRO, primært Jensen (2017), der indeholder en detaljeret beskrivelse i dansk kontekst⁵.

AGMEMOD-modellen omfatter landemodeller for alle EU's 27 medlemslande. Herudover er der konstrueret modeller for en række lande uden for EU, fx Storbritannien, USA, Kina, Brasilien, Tyrkiet, Rusland og Ukraine. Resten af verden er repræsenteret i en mindre detaljeret delmodel. Landemodellerne har en ensartet struktur, som gør det muligt at koble modellerne sammen for at beskrive handelsmæssige interaktioner mellem landenes landbrugsmarkeder samt prisdannelsen på produkter. For hvert enkelt land beskriver modellen produktion, anvendelse og prisdannelse på markederne for fire overordnede produktkategorier: afgrøder i omdrift, afgrøder fra permanente beplantninger, husdyr/kød og mejeriprodukter (se Jensen (2017) for en detaljeret produktliste).

Modellen er således opbygget af kombinationer af lande og produkter. Figur 1.5 viser den overordnede struktur for et produktmodul i et givent land. Hvert produktmodul indeholder ligninger for de økonomiske aktørers (producenter, forbrugere med videre) adfærd i forhold til ændringer i markedspriser, politiske tiltag og andre eksogene variable.

⁵ Salamon et al. (2019) viser resultater af den seneste landbrugsfremskrivning i AGMEMOD-modellen på EU-niveau, mens Jensen (2024) viser resultater af den seneste fremskrivning på DK-niveau.

Figur 1.5: Overordnet struktur for et produktmodul i et givent land i AGMEMOD



Kilde: Salputra et al. (2017) og Jensen (2017).

Produktion og anvendelse i et givet land påvirkes af produktets pris samt eksogene makroøkonomiske og politiske variable (fx befolkningsudvikling, bruttonationalprodukt, vedtagne politiske tiltag med videre). Forskellen mellem landets samlede produktion (plus eventuelt startlager) og anvendelse (plus eventuelt slutlager) udmønter sig i landets nettoeksport, som påvirker prisdannelsen på EU-niveau, som igen påvirker prisen i det pågældende land. Dette kredsløb kan påvirkes af eksogene makroøkonomiske eller politiske forhold og/eller af forholdene på verdensmarkedet.

I forhold til prisdannelse anvendes i AGMEMOD-modellen to typer prisdannelsesligninger, afhængig af om der er tale om en "kernepris" eller en "afledt pris". For hvert enkelt produkt er der identificeret et kernemarked blandt EU-medlemslandene, dvs. "det vigtigste" nationale marked for det pågældende produkt. For eksempel er Tyskland kernemarked for svinekød, oksekød og smør. Prisdannelsen på et sådant kernemarked beskrives i modellen ved hjælp af en kerneprisligning, hvor kerneprisen er en funktion af blandt andet verdensmarkedsprisen, evt. EU-prisinstrumenter (fx interventionspris), EU-handelspolitiske variable (fx sats for importtold), samt EU's samlede selvforsyningsgrad for det pågældende produkt. I de EU-lande, som ikke er kernemarked for det pågældende produkt, afledes den nationale pris fra kerneprisen ved hjælp af en pristransmissionsligning.

For så vidt angår beskrivelsen af indenlandsk anvendelse, lageropbygning, import og eksport er modelstrukturerne nogenlunde ensartede for de fire ovennævnte

produktkategorier. Beskrivelsen af den indenlandske produktion er derimod forskellig i hver produktkategori.

For afgrøder såsom korn, oliefrø og rodfrugter er produktionssiden relateret til allokeringen af landbrugsareal, som i AGMEMOD-modellen foregår i to trin. I første trin allokeres arealet til hovedgrupperne af produktioner: Korn, oliefrø og rodfrugter. I andet trin allokeres arealet inden for disse hovedgrupper. I begge trin drives allokeringen af de relative økonomiske (brutto-) afkast per ha. I modelleringen af oliefrøsektorerne (raps, solsikke og soja) beskrives også den relaterede produktion og anvendelse af olier og oliekgager.

For afgrøder fra permanente beplantninger (frugt, vin, olivenolie) ligner modelleringen den for afgrøder i omdrift, bortset fra, at de permanente beplantninger i allokeringen af areal ikke konkurrerer om det samme areal som afgrøder i omdrift.

Modellering af husdyr/køddprodukter (bortset fra fjerkræ) følger en struktur, som beskriver dynamikken i husdyrbesætninger med udgangspunkt i antal moderdyr (malkekøer, ammekøer, søer, moderfår), hvis afkom allokeres til forskellige formål (opdræt, slagtning, levende eksport) afhængig af blandt andet pris- og omkostningsforhold. For fjerkræ, hvor omsætningshastigheden er relativt høj, beskrives udbuddet af kød direkte som en funktion af pris- og omkostningsforholdene, uden nærmere detaljer omkring besætningsdynamikken over tid.

Modelleringen af mejeriproduktionen omfatter to overordnede trin. I første trin bestemmes mælkeproduktionen, import og eksport af råmælk, direkte anvendelse på landbrugsbedrifter og dermed den mængde råmælk, som er tilgængelig til forarbejdning på mejerierne. Den væsentligste drivkraft for produktionen er profitabiliteten i mælkeproduktion baseret på pris- og omkostningsforholdene. I andet trin allokerer AGMEMOD mælkeprotein og -fedt til forskellige mejeriprodukter baseret på estimater på protein- og fedtindholdet i fx råmælk. Allokeringen tager udgangspunkt i prisrelationer mellem de forskellige anvendelser af henholdsvis mælkeprotein og -fedt.

For en yderligere redegørelse for, hvilke faktorer, der driver udviklingen i den seneste fremskrivning af husdyrproduktionen og arealanvendelse i Danmark, henvises der til Jensen (2024).

Kapitel 2: Landbrugsarealer

2.1 KF24 forløbet frem mod 2035

Kapitlet beskriver de forudsætninger, der vil blive anvendt af Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet til at beregne de forventede drivhusgasoptag og -udledninger fra LULUCF-sektoren med undtagelse af skovarealer, som beskrives i kapitel 3 om Skov. LULUCF er en forkortelse, der står for "Land-Use, Land-Use Change and Forestry", der kan oversættes til "arealanvendelse, arealanvendelsesændringer og skovbrug". Udledningerne omfatter hovedsageligt CO₂-udledninger og -optag forbundet med ændringer i kulstofpuljerne i biosfæren⁶, CO₂-udledninger fra dyrkning af organiske jorde, samt metan-udledninger fra organiske jorde og lattergas-udledninger som følge af arealanvendelsesændringer⁷.

I LULUCF-sektoren beregnes udledninger og optag som årlige ændringer i de kulstofpuljer, der er bundet i levende biomasse, død biomasse og jord. Kulstofpuljernes størrelse ændrer sig over årene som følge af naturlige udsving, fx kan udsving i temperaturen enten øge eller reducere omsætningen af kulstofpuljen. Ligeledes kan menneskelig aktivitet påvirke kulstofpuljerne, fx kan balancen mellem tilførsel og fjernelse af planterester påvirke kulstofpuljerne.

Kulstofpuljerne kan øges eller reduceres som følge af ændrede arealanvendelsespraksisser, fx når der rejses skov eller bebygges på tidligere landbrugsjord. Således tager fremskrivningen højde for de forventede ændringer i arealanvendelsen som følge af vedtagen politik.

Hovedparten af landbrugets direkte udledninger af metan og lattergas stammer fra landbrugsprocesserne og beskrives i kapitel 1, herunder navnlig udledninger forbundet med husdyrhold og håndtering af gødning og gylle. Nærværende kapitel fokuserer på landbrugsarealernes⁸ forventede optag og udledninger af drivhusgasserne CO₂ og metan. Disse arealer står for langt størstedelen af både udledninger og optag fra danske arealer, der ikke er skovarealer, om end der også er mindre udledninger fra andre arealer som fx vådområder og bebyggede arealer.

Landbrugsarealerne (eksklusive skovarealer, bebyggelse og vådområder) har siden 1990 udledt ca. 5,7 mio. ton CO₂e årligt i gennemsnit. Hovedparten af disse

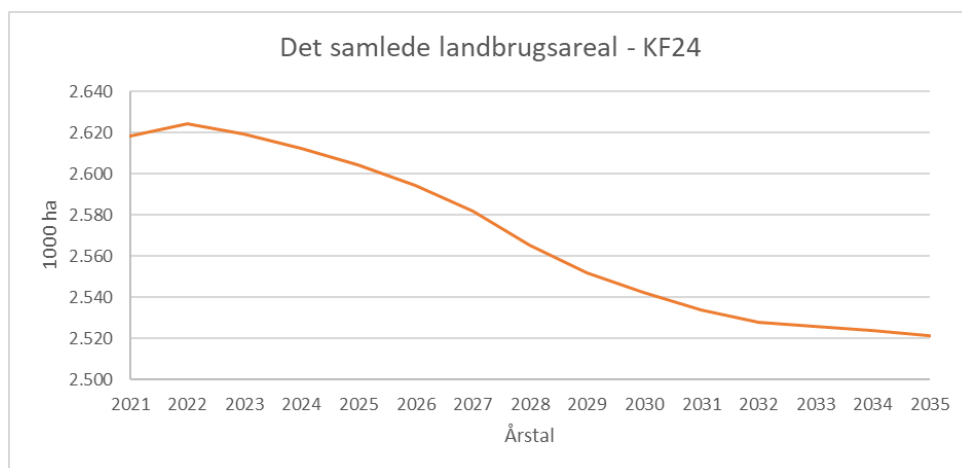
⁶ Biosfæren defineres som det globale økologiske system, og omfatter således litosfæren (jordskorpen), hydrosfæren (alt vand på jorden) og atmosfæren.

⁷ Metanudledningen fra organiske jord sker som led i en naturlig proces af langsom nedbrydning af organisk materiale under iltfattige forhold. Lattergasudledninger kan ske ved arealændringer ved ændret ilt og ph forhold i jorden.

⁸ Landbrugsarealer i denne definition omfatter CRF kategorierne 4B Cropland (dyrkede arealer), 4C Grassland (græsarealer) samt landbrugsarealer omlagt til vådområder.

udledninger kommer fra drænede, kulstofrige arealer, som tidligere har været helt eller delvist vanddækkede med et højt indhold af organisk materiale, og som nu er opdyrket. Kulstofrig jord er i Danmark defineret som arealer med over 6 pct. organisk kulstof. Dyrkning af kulstofrig landbrugsjord medfører en betydelig del af Danmarks samlede drivhusgasudledning, og stod for ca. 10 pct. af de samlede udledninger i 2021.

Figur 2.1. Det forventede landbrugsareal 2021-2035



Kilde: (Jensen, 2024)

Den forventede udvikling i Danmarks landbrugsareal og især anvendelse af arealer med kulstofrig jord har en stor betydning for DCE's fremskrivning af udledningerne fra LULUCF-sektoren. Overordnet forventes Danmarks samlede landbrugsareal at falde frem mod 2040 særligt på grund af permanent udtagning af landbrugsjord til vådområder og omlægning til skovarealer og by, jf. figur 2.1.⁹

Til KF24 indgår omlægning fra korn eller andre ét-årige afgrøder til fx græsarealer via ekstensiveringsordninger i det samlede landbrugsareal. Forventningerne til ændringerne i arealanvendelsen er hovedsageligt drevet af en række nye arealbaserede tiltag og krav om ekstensivering i EU's landbrugspolitik (CAP) for perioden 2023-2027 samt *Aftale om grøn omstilling i dansk landbrug af 4. oktober 2021* og midler afsat på Finansloven til skovrejsning og udtagning af kulstofrig jord, se afsnit 2.2.2 for en gennemgang af antagelser for KF24.

⁹ Der udtages også landbrugsjord til solceller, med det tages ikke højde for i fremskrivningen.

Ændring i forudsætninger siden KF23

Sammenlignet med KF23 forudsætningerne for landbrugsarealer er de væsentligste ændringer:

- Til KF24 er indarbejdet et opdateret kort over udbredelsen af kulstofrig jord samt en årlig mineralisering af dyrket kulstofrig jord, hvilket betyder, at der er et fald i antallet af arealer med kulstofrig jord sammenlignet med KF23.
- Til KF24 er der ændrede forudsætninger om udtagningsindsatsen af kulstofrig jord, hvilket medvirker et fald i antal udtagne kulstofrige arealer i 2030 fra ca. 37.000 ha i KF23 til ca. 26.000 ha i KF24. Disse ændringer skyldes primært:
 - Andelen af arealer i projekterne uden for landbrugsarealet er øget sammenlignet med KF23. Det betyder, at der dels udtages en mindre andel landbrugsjord per projektareal, og dels udtages der en mindre andel kulstofrig landbrugsjord. Dette sker på baggrund af en analyse foretaget af Landbrugsstyrelsen efter ønske fra DCE.
 - Det forventes, at effekten af udtagning af kulstofrig landbrugsjord indtræffer fem år fra afsat finansiering (n+5) i forhold til tre år (n+3) i KF23.

For yderligere sammenligning af KF24 og KF23 forløbene henvises til afsnit 2.3.1, samt de nye forudsætninger om udtagningsindsatsen for kulstofrig landbrugsjord i afsnit 2.2.2.

2.2 Metode og antagelser bag KF24 forløbet

Beregning af kulstofpuljeændringer på landbrugsarealer og øvrige arealer udføres med forskellige metoder for hver kulstofpulje (dvs. levende biomasse, død biomasse, mineraljord og kulstofrig jord) og er baseret på IPCC's retningslinjer fra 2006. Udledningerne fra landbrugsarealet baserer sig på relativt kompleks modellering, dog med undtagelse af blandt andet udledning fra kulstofrig jord, som estimeres med nationale emissionsfaktorer. Der henvises til kapitel 4 om DCE-modeller eller DCE's egne rapporter for en mere udførlig beskrivelse.

Landbrugsarealer indeholder store mængder kulstof, som gennem tiden er bundet i jord og i biomasse under jorden (fx rødder og nedpløjede afgrøderester) og over jorden (fx markkrat, kornafgrøder mm.). Planter optager CO₂ fra atmosfæren, når de vokser. Når planterester, rødder og andet organisk materiale efterlades på marken, vil en del af kulstoffet under nedbrydning inkorporeres som en del af jordens organiske materiale og dermed bidrage til opbygning, nedbrydning eller vedligeholdelse af jordens kulstofpulje. Afhængigt af ligevægtstilstanden i jordens kulstofpulje (ligevægt mellem hvor meget organisk materiale der tilføres, fjernes og

nedbrydes), vil kulstoffet enten lagres i jorden eller blive mineraliseret, hvorved kulstoffet oxideres og vender tilbage til atmosfæren som CO₂.

Jordtyper i det danske landbrugsareal

Det danske landbrugsareal kan groft sagt inddeles i tre overordnede jordtyper:

1. Lerjord: Landbrugsmarker som ligger på lerjord og hovedsageligt bruges til planteavl. På disse marker antages jordens kulstofpulje på landsgennemsnit at være i ligevægt.
2. Sandjord: Dyrkede sandjorde der generelt har et lille kulstofoptag. Arealerne er koncentreret i den vestlige del af landet, hvor størstedelen af husdyrproduktionen foregår. Disse tidligere hedearealer har i udgangspunktet et lavt indhold af organisk materiale (kulstof), men som følge af opdyrkning og intensivt dyrehold er der i en årrække blevet tilført store mængder organisk materiale både fra husdyrgødning, efterafgrøder og græs i sædskiftet. Dermed opbygges jordens kulstofpulje langsomt, indtil der indtræffer en ny ligevægt mellem nedbrydning og tilførsel af organisk materiale.
3. Kulstofrig jord: Organisk landbrugsjord med et højt kulstofindhold, herunder drænede arealer på tidligere mosejord (såkaldt lavbundsjord) og andre arealer, der tidligere har stået under vand. Fra disse jorde udledes store mængder CO₂ ved dyrkning. Når jorden drænes og dermed iltes, vil den høje koncentration af organisk materiale i jorden nedbrydes hurtigere end mængden der tilføjes, og dermed føre til udledninger. Udledningen kan reduceres, hvis dræning og dyrkning ophører, og den naturlige tilstand genetableres ved enten helt- eller delvist vanddække. I den nationale emissionsopgørelse og fremskrivning inddeles kulstofrig jord i to klasser: Arealer med 6 til 12 pct. organisk kulstof og arealer med over 12 pct. organisk kulstof (tørvejord).

Ler- og sandjord går under fællesbetegnelsen mineraljord på grund af deres lave indhold af organisk kulstof. Mineraljord dækker over de jordtyper der er flest af i det danske jordbundsklassificeringssystem (JB) og udgør langt størstedelen af det samlede landbrugsareal. Kulstofrig jord med over 6 pct. organisk kulstof udgør ca. 4,5 pct. af det samlede danske landbrugsareal.

2.2.1 Generelle antagelser og metode

Datakilder til fremskrivning af landbrugsarealet

Til fremskrivningen af landbrugsarealet og afgrødesammensætningen anvender DCE Landbrugsfremskrivningen (Jensen, 2024), historiske data fra Internet Mark Kort (IMK) fra Landbrugsstyrelsen, som indeholder direkte markregistreringer om placering, sammen med data fra forskellige arealregistre for udvikling af Danmarks samlede fremskrevne areal. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi (IFRO) ved Københavns Universitet udarbejder landbrugsfremskrivningen ved hjælp af den europæiske AGMEMOD-model.

AGMEMOD er en økonometrisk, dynamisk ligevægtsmodel for landbrugssektorerne i EU's medlemslande samt andre vigtige handelspartnere. For en yderligere gennemgang af AGMEMOD-modellen henvises til bilag 1.1 i kapitel 1.

Foruden den fremskrevne afgrødesammensætning fra Landbrugsfremskrivningen benytter DCE de detaljerede kort (IMK) for afgrødefordelingen på jordbundstyper sammen med et kort over kulstofindhold i jorden (Tørv2022¹⁰) udarbejdet af Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (DCA) ved Aarhus Universitet. Årligt indsamler DCE data fra forskellige arealregistre for at inddele hele Danmarks areal i de seks IPCC-definerede arealklasser: Skov, dyrket mark, græsarealer, vådområder, bebyggelse og andre arealer, der tilsammen udgør den såkaldte arealmatrice. Fordelingen ændrer sig i fremskrivningen på baggrund af forventningerne.

Til KF24 har IFRO's Landbrugsfremskrivning taget udgangspunkt i udtagning af arealer til lavbundsprojekter og skovrejsning baseret på forudsætninger modtaget inden den endelige kørsel af AGMEMOD i slutningen af november 2023. Efterfølgende er modtaget opdaterede forudsætninger om udtagning af kulstofrig jord og tal på skovrejsning fra finansloven, der derved ikke er medtaget i Jensen, 2024. Det drejer sig dog om et mindre antal arealer og vurderes derfor ikke til at påvirke resultatet af IFRO's landbrugsfremskrivning væsentligt.

Økologisk vs. konventionel produktion

Den økologiske landbrugsproduktion indgår i det samlede datagrundlag for fremskrivningen af udledninger fra landbruget. Dette omfatter, at økologiske afgrøder modelleres sammen med de konventionelle til beregninger af kulstofændringer i jordpuljen. Det betyder, at den forventede udvikling af fx arealet

¹⁰ I december 2023 er udgivet et opdateret kort over udbredelse af kulstofrig jord i Danmark. Det opdaterede kort beskrives nærmere i afsnit 2.3.1.

og afgrødesammensætningen er en samlet vurdering på baggrund af historiske data for både økologisk og konventionel produktion. En vigtig faktor er høstudbyttet per hektar, som er baseret på data fra Danmarks Statistik kombineret med en model for udbyttetigning lavet af DCA (Jensen & Thomsen, 2021). I forbindelse med KF24 er denne opdateret af DCE med de seneste års observerede udbytter. Udbytteneiveauerne er en kombination af udbytter fra konventionelt drevne landbrug og fra økologiske landbrug. Implicit indgår økologi således i de nuværende opgørelser og fremskrivninger.

2.2.1.1 Metoder for beregning af udledning fra jord

Ved beregning af ændringer i kulstofpuljen i mineraljord anvender DCE den dynamiske model C-TOOL. Baseret på balancen mellem den årlige tilførsel og nedbrydning af organisk materiale beregner C-TOOL den årlige ændring i den samlede kulstofpulje og dermed udledning eller optag af CO₂. Som input til modellen bruges blandt andet den samlede årlige tilførsel af organisk kulstof fra alle afgrøder (avner, stakke, halm, stub og rødder), inklusiv efterafgrøder og husdyrgødning.

I realiteten nedbrydes det organiske materiale i jorden med forskellige hastigheder. Modeludvikling baseret på langvarige markforsøg har vist, at hoveddynamikken i et mellemlangt tidsperspektiv kan repræsenteres med relativt få konceptuelle puljer. I C-TOOL beskrives dynamikken i jordens kulstofpulje med tre puljer, som svarer til frisk materiale, humificeret materiale og resistent materiale. C-TOOL betegnes derfor som en dynamisk 3-puljet jordkulstofmodel, hvor det organiske kulstof nedbrydes efter første ordens henfald med halveringstider på 0,6-0,7 år, 30-40 år og 600-800 år for de tre kulstofpuljer. Modellen er kalibreret eksplicit for otte regioner i Danmark, der hver har 2-3 forskellige mineraljordstyper. Ud over tilførslen af organisk materiale er modellen følsom over for ændringer i vejret, hvilket kan medføre nettoudledninger i år med varme tørre somre og netto-optag i koldere vådere år, hvor udbyttet stadig er gennemsnitligt. De fremskrevne temperaturer er udarbejdet af DMI.

Fra kulstofrig jord på landbrugsarealer opgøres metan- og CO₂-udledninger i LULUCF-sektoren. I opgørelsen indgår kun arealer som er afrapporteret i Landbrugsstyrelsens Internet Markkort-system (IMK). Arealer uden for selve markkortet indgår for nuværende ikke. CO₂-udledningerne er opdelt på direkte udledning ved nedbrydning af organisk materiale til CO₂ og indirekte udledning via udvasket organisk materiale fra disse jorde (Dissolved Organic Carbon, DOC). For den direkte CO₂-udledning bruges nationale emissionsfaktorer baseret på målinger. Emissionsfaktorerne varierer alt efter, om et givet areal er i omdrift (almindeligt dyrket areal der indgår i produktionsdriften) eller græsareal. Dertil indregnes udledninger fra ansået grøfteareal udenfor IMK-arealet ved at lægge 5 pct. til arealet med kulstofrig jord indenfor landbrugsarealet (IPCC standard) med en emissionsfaktor for metan på 32,6 ton CO₂e per ha grøft (> 12 % OC).

Emissionerne fra jorde med 6-12 pct. organisk kulstof antages at være halvt så store som for arealer med over 12 pct. organisk kulstof. I forbindelse med at der er udarbejdet et opdateret kort over udbredelse af kulstofrig jord, pågår et arbejde med at tilvejebringe ny viden om forholdet mellem jordens kulstofindhold, vandstand og drivhusgasudledninger. Resultaterne herfra foreligger endnu ikke, men forventes implementeret i emissionsopgørelsen i 2025 og KF25. I fremskrivningen i KF24 indregnes årlig mineralisering af kulstofindholdet i de dyrkede kulstofrige jorde, hvilket indebærer at nogle af de kulstofrige arealer overgår til mineraljordklassen, hvilket er nyt i forhold til KF23 (Gyldenkærne & Callisen, 2024).

Til beregning af indirekte DOC-CO₂ og metan-udledninger bruges IPCC-standardemissionsfaktorer. Selve beregningen af udledningen er simpel, idet den passende emissionsfaktor ganges med arealets størrelse, men den relativt detaljerede inddeling af emissionsfaktorer bevirker, at der i alt bruges 18 forskellige faktorer for CO₂- og metanudledningerne, som for overblikkets skyld kan ses i tabel 2.1. Drænet kulstofrig jord udleder også lattergas (N₂O), som for landbrugsarealerne opgøres i landbrugssektoren, *jf. kapitel 1*, men for skov opgøres i LULUCF-sektoren.

Tabel 2.1 Oversigt med emissionsfaktorer for kulstofrig landbrugsjord

	Emissionsfaktorer (t CO ₂ e. / ha)			
	Mere end 12 % organisk kulstof		Mellem 6 og 12 % organisk kulstof	
	Omdriftsareal	Græsarealer	Omdriftsareal	Græsarealer
Direkte CO ₂	42,2	30,8	21,1	15,4
DOC- CO ₂	1,1	1,1	0,6	0,6
Metan	1,6	2,1	0,8	1,0
Lattergas*	3,4	2,2	17	1,1

**Lattergasudledningerne fra landbrugsjord afrapporteres i landbrugssektoren. Lattergasudledninger fra afskovning og opførsel af bebyggelse på landbrugsjord opgøres i LULUCF sektoren.*
Kilde: Energistyrelsen og oplysninger fra DCE.

Klimaeffekten af udtagning af kulstofrig jord er lig med forskellen i emissionsfaktorerne for arealets før- og eftertilstand. Efter udtagning vil der fortsat være en metanudledning fra arealerne, som antages svarende til en emissionsfaktor for vådområder på kulstofrig jord (6 ton CO₂e /ha). Som det fremgår opnås en større klimaeffekt ved at udtage og vådlægge veldrænet, dyrket kulstofrig jord, end ved udtagning af dårligt drænet våd kulstofrig jord. Dertil opnås en større klimaeffekt ved vådlægning af jord med et højt indhold af organisk kulstof.

2.2.1.2 Politiske tiltag der påvirker udledningerne

Fremskrivningen af landbrugsarealernes optag og udledninger påvirkes af en række politiske tiltag. Det gælder blandt andet den forventede reduktion i landbrugsbrugsarealet (herunder især til udtagning af landbrugsjord til vådområder), en forlængelse af støtten til målrettet regulering efter 2023, tilskud til omlægning af økologi, en generel øget kvælstofindsats, samt et øget landbrugsareal med forbud mod tilførsel af gødning, blandt andet på grund af nye ekstensiveringsordninger og EU-krav, herunder anvendelse af arealer uden produktion som fx braklægning. Forudsætningerne for dette års klimafremskrivning kommer hovedsageligt fra landbrugsaftalen samt EU's landbrugspolitik for 2023-2027. Der redegøres herfor i afsnit 2.2.2. De enkelte forudsætninger fra CAP'en hed i Landbrugsaftalen *eco-schemes*, men har siden undergået navneforandring til *bio-ordninger*. Der er ikke sket nogen indholdsmæssige ændringer med navneskiftet.

2.2.2 Frozen policy antagelser til KF24

Notatet er baseret på en "fastfrosen politik", hvormed antages et fravær af nye tiltag på klima- og energiområdet ud over dem, som Folketinget eller EU har besluttet før 1. januar 2024 eller som følger af bindende aftaler. Som udgangspunkt indgår alle klima- og energipolitiske tiltag besluttet før skæringsdatoen i den årlige KF, forudsat at disse tiltag er understøttet af konkrete og finansierede virkemidler.

Den seneste Landbrugsfremskrivning (Jensen, 2024) samt KF24 indeholder forudsætninger om effekten af både EU's landbrugspolitik (CAP) for perioden 2023-2027 og landbrugsaftalen samt anden vedtagen politik. Tiltag fra landbrugsaftalen og CAP 2023-2027 blev indregnet første gang i KF22 og er også indregnet i KF24. Som en general antagelse for alle medtagne forudsætninger forventes det, at samtlige afsatte beløb i ordningerne vil blive udmøntet.

Nedenfor ses hovedforudsætninger, som er medregnet i KF24:

Forventet permanent udtagning af kulstofrig jord via støtteordninger. Udtagningen af kulstofrig jord vil reducere CO₂ udledningen fra landbrugsarealet, hvor et øget vandindhold vil stoppe den hurtige omsætning af organisk materiale. Der vil komme en metanudledning for udtaget kulstofrige jord, som der tages højde for i de samlede beregninger. Samlet set vil der være en positiv klimapåvirkning. I KF24 antages en optimal vådlægning af samtlige kulstofrige arealer. Udtagning af kulstofrige arealer i 2030 forventes at udgøre ca. 26.000 ha i 2030. Denne antagelse skyldes følgende forudsætninger:

- Projektarealet for udtagningsordninger af kulstofrig jord er steget med ca. 4.000 ha på grund af øget bevillingsgrundlag siden KF23.

- Den procentvis andel af lavbundsprojekterne, der ligger på landbrugsarealet, er ændret til 80 pct. af projektarealet i forhold til KF23, hvor det blev antaget, at 100 pct. af projektarealet lå inden for landbrugsarealet. Erfaringer har vist, at en større del af projektarealerne ligger udenfor landbrugsarealet.
- For lavbundsprojekter under de EU-finansierede ordninger er andelen af kulstofrig lavbundsjord sat til 60 pct. på baggrund af en justering af minimumskravet i bekendtgørelsen. Tidligere var minimumskravet 75 pct. Det nye Tørv22-kort forventes ikke at have indflydelse på forudsætninger om andel af kulstofrig jord inden for projekter i regi af lavbundsindsatser.
- Tørv22-kortet er anvendt til at opdatere forventet andel kulstofrig jord inden for kvælstof- og fosforvådområdeprojekter, da indhold af kulstofrig jord ikke har været eller er et prioriteringskriterie ifølge bekendtgørelser for ordningerne. På den baggrund er andelen af kulstofrig jord i kvælstofvådområder nedjusteret fra 50 pct. til 40 pct., og andel af kulstofrig jord i fosforvådområder er opjusteret fra 50 pct. til 60 pct.
- I forbindelse med landbrugsaftalen fra 2021 er det antaget, at effekten af udtagning af kulstofrig landbrugsjord indtræffer tre år fra afsat finansiering (n+3). Til KF24 er foretaget en analyse på tværs af Landbrugsstyrelsens, Miljøstyrelsens og Naturstyrelsens erfaringer med udtagningstid i de nuværende frivillige ordninger. På baggrund af analysen vurderes det at det i gennemsnit tager fem år at gennemføre et projekt på tværs af alle ordninger (n+5). Som følge af forudsætningen om n+5 udtages der også arealer i 2031-32.

Forventet permanent udtagning til skovrejsning. For skovrejsning vil der være en positiv klimaeffekt i takt med at skoven vokser. Der forventes at der rejses ca. 25.370 ha skov fra 2023 og frem til 2030, *jf. kapitel 3 om skov*.

Forventet ekstensivering af landbrugsjord i omdrift. Generelt forventes ordninger at have en positiv klimaeffekt. For arealer, der ikke længere gødes, vil lattergasudledningerne falde¹¹, for arealer der omlægges fra korn til ugødet græs vil dog indregnes som et mindre fald i jordens kulstofpulje, da ugødet græs og brak indregnes med et lidt lavere kulstofinput end omdriftsarealer med korn på grund af parameteriseringen i beregningsmodellen¹²:

¹¹ Indgår i sektoren for landbrugsprocesser.

¹² Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug ved Aarhus Universitet (DCA) arbejder på at konsolidere denne parameterisering til beregningsmodellen C-tool.

- Bioordning for ekstensivering med slæt, der giver støtte til ekstensivering af omdriftsarealer på kulstofrig jord med mere end 6 pct. kulstofindhold, og på randarealer i ådale. Det antages, at ordningen medfører ekstensivering af i alt 38.000 ha landbrugsjord, hvor mindst halvdelen af arealet er kulstofrig jord. Disse arealer vil klassificeres som ugødede græsarealer.
- Nye miljøkrav fra CAP'en. GLM 8 stiller krav om, at landbrugeren skal sikre, at mindst 4 pct. af bedriftens omdriftsareal udgøres af ikke-produktive elementer og arealer samt at landskabselementer skal fastholdes og vedligeholdes. GLM 8 kravet indebærer, at ca. 82.000 ha skal udlægges med ikke-produktive elementer og arealer. FVM har i deres vurdering antaget, at dette vil medføre en reel ekstensivering på 32.200 ha, da visse landbrugere allerede under det grønne krav om miljøfokusområder har udlagt arealer og elementer, der kan indgå i opfyldelsen af 4 pct. kravet foruden at de stedfaste elementer ikke tæller med mereeffekt. Arealerne og elementerne må ikke anvendes landbrugsmæssigt, hvilket også omfatter et forbud mod slæt, afgræsning, gødskning og sprøjtning.
- Bioordning for biodiversitet & bæredygtighed støtter frivilligt udlæg af ikke produktive arealer uden produktion ud over, hvad der er pålagt via basisforpligtelsen GLM 8. Det forventes, at der under denne ordning udlægges omkring 50.000 ha landbrugsjord med brak, markbræmmer eller småbiotoper. Arealer og elementerne må ikke anvendes landbrugsmæssigt, hvilket også omfatter et forbud mod slæt, afgræsning, gødskning og sprøjtning. Fra 2024 tilføjes et ekstra tillæg til bestøverbrak, som har til formål at øge landbrugernes incitament til at udlægge bestøverbrak i stedet for slåningsbrak og for at sikre opnåelse af de 50.000 ha, som blev opnået med 42 pct. i 2023. Tillægget til bestøverbrak kan medføre, at ordningen bliver overansøgt i 2024 og frem.

Øvrige tiltag, som forventes at have en klimaeffekt:

- Bioordning for økologisk arealstøtte. Der medregnes en stigning i det økologiske areal på ca. 60.000 ha frem mod 2030. Fremskrivningen af det økologiske areal kommer fra IFRO's landbrugsfremskrivning, hvor de forbedrede omlægningssatser fra CAP er medtaget. Dette afviger fra forudsætninger fra Landbrugsstyrelsen hvor der blev angivet en fordobling af det økologiske areal. Landbrugsfremskrivningen viser, at stigningen i økologiske arealer hovedsageligt vil komme som udtryk i flere arealer med økologiske salgsafgrøder.
- Den målrettede regulering (fra 2026 erstattet med ny reguleringsmodel) for at reducere kvælstofudvaskningen medfører krav om blandt andet efterafgrøder og braklægning, som reducerer drivhusgasudledninger blandt

andet via en øget kulstoflagring, hvorfor effekten medregnes i LULUCF-sektoren, mens effekter fra fx reduceret lattergasudledning fra gødning indregnes i landbrugssektoren. Som resultat af Landbrugsaftalen er der fastlagt indsatsbehov under den målrettede regulering og den nye reguleringsmodel frem til 2030 for at reducere kvælstofudvaskningen ved, at der samlet udlægges 943.000 ha indsatsarealer fra 2027, hvoraf de 665.770 ha forventes at være efterafgrøder, der bidrager til kulstofopbygning på landbrugsarealerne.

For landbrugsaftalen er der forsøgt indregnet de tiltag, som er vedtaget under kategorien "nye indsatser" på baggrund af den nuværende viden om implementering, hvorimod tiltag under kategorien "udviklingstiltag" ikke er medregnet, da der ikke er truffet politisk beslutning om implementering af disse. For perioden efter 2030 for de tiltag, hvor der endnu ikke er fastsat midler, fastholdes 2030-niveauet.

2.3 Kvalificering af KF24 forløbet

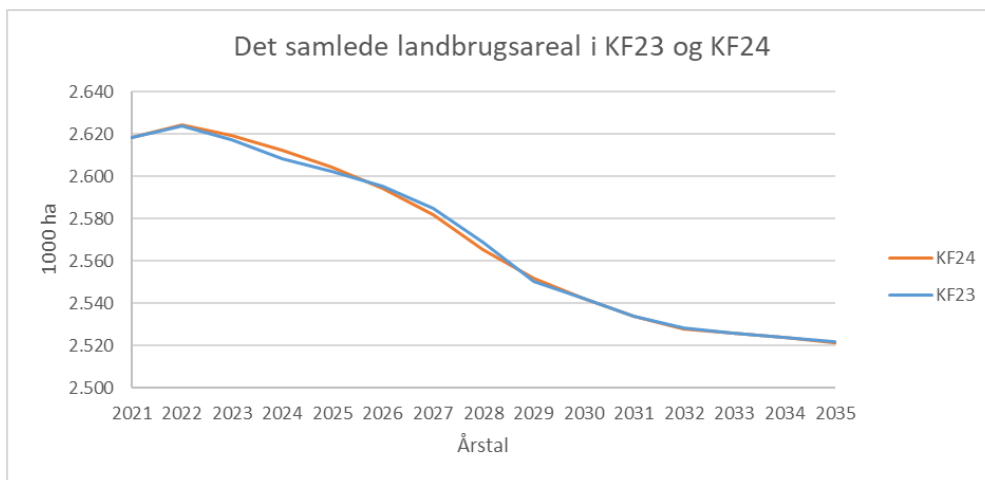
2.3.1 Sammenligning med KF23

Ændringerne i forhold til KF23 relaterer sig til ændringer i frozen policy forudsætninger, udviklingen i landbrugsarealets størrelse samt metodiske ændringer, blandt andet det nye opdaterede lavbundskort Tørv2022. Ændringer i frozen policy er primært vedrørende forudsætningerne for udtag af lavbundslande, hvor arealer, der forventes udtaget, er ændret i forhold til KF23, jf. afsnit 2.2.2.

Landbrugsarealets størrelse

Til KF24 forventes det samlede landbrugsareal at være stort set uændret sammenlignet med den forventede udvikling i KF23, figur 2.2. På baggrund af forudsætningerne til KF24 forventes det samlede landbrugsareal at falde med 76.150 ha i perioden 2021-2030 sammenlignet med 76.246 ha i KF23. Det skal bemærkes, at til KF23 sektorforudsætningsnotat blev arealer, som overgår fra omdrift til vedvarende græs samt brak og bræmmer, taget ud af det samlede landbrugsareal, hvorimod disse arealer er inkluderet i det samlede landbrugsareal til KF24 sektorforudsætningsnotat. Det skyldes, at denne type arealer anses som landbrugsarealer, jf. EU-regler, og derfor er berettiget til grundbetaling. Metoden for beregning af udledninger fra arealerne er dog uændret i forhold til KF23.

Figur 2.2. Det samlede landbrugsareal i KF23 og KF24.



Kilde: (Jensen, 2024)

Opdateret lavbundskort

Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (DCA) ved Aarhus Universitet har udarbejdet en opdateret kortlægning af danske kulstofrige jorde (Tørv2022). Denne opdaterede kortlægning har resulteret i, at arealet af landbrugsjord på kulstofrig jord (> 6 pct. organisk kulstof) er betydeligt mindre end antaget ved den tidligere kortlægning (Tekstur2014). Denne reduktion kan primært forklares ved mineralisering af kulstof i de pågældende jorde, et fald i det samlede landbrugsareal, samt en ændret modelleringsmetode, hvor Tørv2022 blandt andet har en højere opløsning end det tidligere kort. Inden for IMK giver Tørv2022 i 2021 116.802 ha kulstofrige jorde med > 6 pct. organisk kulstof i forhold til 172.124 ha i Tekstur2014 (Beucher *et al.* 2023). I forbindelse med det opdaterede kort pågår et arbejde med at tilvejebringe ny viden om forholdet mellem jordens kulstofindhold, vandstand og drivhusgasudledninger. Resultaterne herfra foreligger endnu ikke, men forventes implementeret i emissionsopgørelsen i 2025 og KF25.

2.3.2 Usikkerhed

Ovenstående antagelser vedrørende udledninger fra landbrugsarealer er generelt behæftet med usikkerhed og vil afhænge af en række faktorer. For en del af de vedtagne politikker, der indgår, gælder, at der er tale om frivillige ordninger med en teknisk fremskrivning frem til 2030. Frivillige tilskudsordninger indebærer en usikkerhed ift. hvorvidt der vil være afløb for de afsatte midler, hvilket blandt andet afhænger af udviklingen i input- og outputpriser. Dette gælder for størstedelen af CAP-ordningerne samt ordningerne for udtag af kulstofrig landbrugsjord.

For ordninger, der finansieres gennem CAP'en, er der alene afsat midler indenfor den eksisterende CAP-plan periode, der løber frem til og med 2027.

Fremskrivningen fra 2028 til 2030 er således en teknisk fremskrivning, og klimaeffekten vil afhænge af den endelige udformning af CAP-planen fra 2028 og

frem. Der må dog forventes, at der er en vis kontinuitet i klimaeffekten ved overgang til en ny CAP-plan periode, da der er en binding på andelen af CAP'en, som anvendes til grønne formål, dvs. fx ordninger med positiv miljø- og/eller klimaeffekt.

Udledninger og optag fra landbrugsarealer er følsomme over for udsving i udbytter og vejret, og følgelig har nettoudledningerne fra LULUCF de sidste 10 år svinget mellem 4 og 5,5 mio. ton CO₂e/år. De fremtidige udledninger afhænger derfor både af implementeringen af politikker og fremtidens vejr-situation. Fremskrivning af udledninger er baseret på brug af et "normalt vejrår".

Generelt vurderes det, at opgørelse af udledninger og optag i LULUCF-sektoren er forbundet med en større metodisk usikkerhed end for de fleste andre sektorer. Det skyldes, at nettoudledninger og –optag i sektoren er et resultat af små ændringer i meget store kulstofpuljer, og især afhænger af en række usikre parametre vedrørende udledningerne fra de drænedede kulstofrige arealer, hvor mængden af fritlagt organisk materiale er meget usikkert bestemt samt hvor stor en del af denne kulstofmængde, der reelt nedbrydes årligt. Det afhænger i høj grad af arealernes dræningstilstand.

Emissionsfaktorer for kulstofrig jord

DCE beregner udledningerne fra kulstofrig jord baseret på standardiserede udledningsfaktorer. Foreløbige indikationer peger på, at dyrket kulstofrig landbrugsjord er mindre drænet og dermed mere vandmættet, end der er lagt til grund for DCE's opgørelse og fremskrivning. Det betyder, at udledningen kan være lavere end antaget beregningsteknisk. Usikkerhed omkring antagelsen, at jorde med 6-12 pct. kulstof har en emission svarende til halvdelen af jordene med >12 pct. kulstof, kan omvendt betyde, at udledningen muligvis er højere end beregnet, hvilket dermed også ville give en højere udtagnings-effekt. Blandt andet på baggrund af dette er der igangsat et arbejde med at sikre bedre viden om udledningerne, jf. afsnit 2.3.3.

Udtagning af kulstofrig jord

Der er en generel usikkerhed forbundet med omfanget af arealer, der udtages i forbindelse med lavbundsordningerne, da der er tale om frivillige ordninger samt hvor mange år, der vil gå fra bevilling gives, indtil arealer reelt udtages og vådgøres, andel af randarealer med videre. Til KF24 anvendes i DCE's beregninger en antagelse om, at der går fem år fra bevilling til effekten indtræder, men der forventes at være tilfælde, hvor det kan tage kortere eller længere tid, ligesom løbende justeringer af ordningerne kan påvirke udtagnings-hastigheden. Udtagningsarealet, herunder fordelingen over årene, er således behæftet med stor usikkerhed.

2.3.3 Planlagt udvikling fremadrettet

Som del af forskningsprojektet med det opdaterede kort over udbredelsen af kulstofrig jord tilvejebringes også ny viden om forholdet mellem jordens kulstofindhold, vandstand og drivhusgasudledninger. Resultaterne herfra foreligger endnu ikke, men forventes implementeret i emissionsopgørelsen i 2025 og KF25. Der arbejdes yderligere på at inkludere alle arealer udenfor landbrugsarealet i opgørelsen og fremskrivningen, hvilket forventes implementeret i løbet af de kommende år. Dette er et krav i forhold til EU's LULUCF forordning (2023/839) som angiver, at udledninger og bindinger fra alle arealer med stort kulstoflager skal indgå i opgørelsen senest med opgørelsen i 2030.

Af de frivillige udtagnings- og ekstensiveringsordninger antages, at der er fuldt afløb for de afsatte midler. Til fremtidige klimafremskrivninger, når ordningerne har været igangsat i en længere periode og der er kendt viden om historisk tilslutning til ordningerne, vil dette evt. give anledning til justering.

2.4 Kilder

Beucher, A. M., Weber, P. L., Hermansen, C., Pesch, C., Koganti, T., Møller, A. B., Gomes, L., Greve, M. B., & Greve, M. H. (2023). *Updating the Danish peatland map with a combination of new data and modelling approaches*.

Danmarks Statistik (2023), JORD1: Resultatopgørelse for alle bedrifter: gennemsnit efter bedriftstype, region, standardoutput, kvartilgruppe og regnskabsposter. Link: <https://www.statistikbanken.dk/JORD1>

Gyldenkerne, S. & Callisen, L.W. (2024). Notat om emissionsestimater for organiske jorder historisk (1990-2022) og i fremskrivningen (2030-2040). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 15 s.- Fagligt notat nr. 2024 | 60.

Jensen, J. D., (2023). Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2040 - efteråret 2022, IFRO Udredning Nr. 2023/11. https://static-curis.ku.dk/portal/files/344725846/IFRO_Udredning_2023_11.pdf

Jensen J.D. (2024) Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2040 – efteråret 2023. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Udredning Nr.2024/01 . https://static-curis.ku.dk/portal/files/384575750/IFRO_Udredning_2024_01.pdf.

Jensen, J.L., Thomsen, I.K. 2021. Udvikling i udbytter for danske landbrugsafgrøder. 4 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 21. november 2021.

Kapitel 3: Skov

3.1 KF24 forløbet frem mod 2035

Dette kapitel beskriver de forudsætninger, der anvendes til at fremskrive danske skoves forventede optag og udledninger af drivhusgasser, primært CO₂, samt optag og udledninger fra høstede træprodukter.

KF24s opgørelse for skov indgår som en del af LULUCF-sektoren¹³. Det er Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN) ved Københavns Universitet, der er ansvarlig for fremskrivningen af udledninger og optag fra skove. Til KF24 anvendes resultaterne fra en ny skovfremskrivningsmodel, som IGN har udarbejdet til KF24.

Forudsætningerne for skovfremskrivningen fra IGN beskrives i dette notat. Skovfremskrivningen vil endvidere blive beskrevet nærmere i en selvstændig publikation, som offentliggøres af IGN i april 2024.

Kulstofpulje i danske skove og træprodukter

Danske skove er ifølge den danske skovstatistik siden 1990 vokset både i areal og tæthed i form af vedmasse per ha. Det skyldes blandt andet fortsættelse af skovrejsning samt en kontinuerlig opbygning af vedmassen efterhånden som skovenes træer er vokset til. Ved tilvæksten har skovenes træer optaget CO₂ fra atmosfæren.

Skovarealet er ifølge den seneste opgørelse (Skovstatistik 2022) siden 1990 blevet øget med ca. 18 pct. til ca. 643.000 ha. Skovenes samlede kulstoflager er steget kontinuerligt og er således nu øget med ca. 59 pct. ift. 1990. Skovene havde i 2022 et samlet estimeret kulstoflager på godt 55 mio. ton kulstof (C) i levende biomasse under og over jorden (rødder, grene, blade med videre), i dødt ved (dødt træ) samt i blade og nåle på jorden (litterlag). Det svarer til ca. 201,7 mio. tons bundet CO₂. Hertil ca. 23 mio. tons kulstof i træprodukter¹⁴. Endelig er der bundet ca. 107,8 mio. tons kulstof i skovenes mineraljord svarende til ca. 395 mio. tons CO₂.

Skovfremskrivningen fra IGN estimerer de forventede udledninger og optag af CO₂ fra skovenes samlede kulstoflager og høstede træprodukter frem mod 2035. Hertil kommer, at en mindre mængde kulstof frigives som metan ved anaerobe processer i særligt fugtige skovjorde, ligesom der sker mindre udledninger af lattergas, når jordens organiske kvælstofpulje nedbrydes på de drænedede kulstofrige arealer og ved ophør af dræning heraf.

¹³ LULUCF står for "Land Use, Land-Use Change and Forestry", der kan oversættes til "arealanvendelse, arealændringer og skovbrug". Her opgøres hovedsageligt CO₂-udledninger fra ændringer i kulstofpuljerne i biosfæren dvs. jord, levende biomasse og død biomasse (fx rødder og planterester), men også lattergas- og metanudledninger fra kulstofrig jord.

¹⁴ Savskåret træ og træpladertil fx byggematerialer.

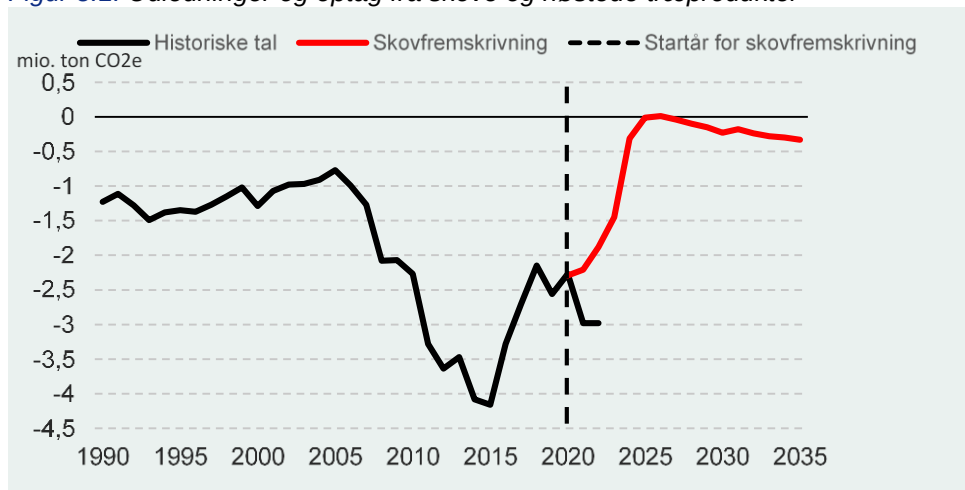
Ændringer ift. KF23

De årlige ændringer i de store puljer af kulstof i skovene i form af enten nettoudledninger eller nettooptag har en relativ stor betydning for det samlede drivhusgasregnskab og har dermed også betydning for opfyldelsen af målsætningerne i Klimaloven.

IGN har tidligere lavet fremskrivninger af skovenes kulstofpuljer på baggrund af forskellige forudsætninger, hvilket har ledt til forskellige resultater.

Fremskrivningerne har været langsigtede, og det har vist sig vanskeligt at beskrive den faktiske udvikling på kort sigt. Konkret har IGN's skovfremskrivningsmodel haft en tendens til at underestimere nettooptaget af CO₂ i de danske skove, idet nettooptaget i de seneste år har været betydeligt større end forudset i tidligere skovfremskrivninger. Dette kan skyldes, at den anvendte model ikke kan håndtere skovenes stigende alders- og artssammensætning, hvor træer forventes at blive fældet ud fra individuelle kriterier, frem for på standsbasis. Skovfremskrivningen for 2021 underestimerede optaget med 0,8 mio. ton CO₂e ift. det faktiske optag målt i Skovstatistikken 2021, jf. figur 3.1. Som følge heraf har IGN udviklet en ny fremskrivningsmodel til opgørelse af udledninger og optag fra skov og høstede træprodukter til KF24. Dette kan potentielt medføre betydelige ændringer i fremskrivningen af optag og udledninger fra skove i forhold til KF23.

Figur 3.1: Udledninger og optag fra skove og høstede træprodukter



Sammenligning af Skovfremskrivningen (KF23) og historiske tal (Skovstatistik 2021 og 2022). De negative værdier indikerer CO₂e-optag. Det historiske optag for 2022 er et foreløbigt tal fra Skovstatistikken 2022. Kilde: Energistyrelsen, IGN og DCE

3.2 Metode og antagelser bag KF24 forløbet

3.2.1 Generelle antagelser og metode

Opgørelsesmetode anvendt for danske skove

Opgørelsen af drivhusgasudledningen skal ifølge Klimaloven følge FN-reglerne og dermed de guidelines, IPCC har udarbejdet (IPCC 2014).

Den danske historiske drivhusgasopgørelse for skove er baseret på den såkaldte "stock-difference"-metode, som er en af to metoder, der kan anvendes. Den anden metode, der kan anvendes, er den såkaldte tilvækst og hugst-model "increment and harvest".

Den danske stock-difference-opgørelse baserer sig på Danmarks Skovstatistik (NFI), hvoraf de danske skoves kulstoflager (stock) fremgår. Heraf beregnes ændringer i skovens kulstoflager (difference)baseret på midling af 10 års målinger og resultatet udgør de årlige rapporteringer. Der opgøres ændringer i kulstofpuljerne lagret i skovens levende og døde biomasse, i skovens mineral- og kulstofrig jord samt i høstede træprodukter. Denne historiske opgørelse er udgangspunktet for fremskrivningen. Formålet med fremskrivningen er dermed ud fra beregningsantagelser at fremskrive udviklingen i kulstoflageret og dermed estimere de årlige nettooptag eller -udledninger.

3.2.2 Ny skovfremskrivningsmodel i KF24

Den nye skovfremskrivningsmodel baserer sig på EFISCEN-modellen og anvender dansk og europæisk skovdata.

EFISCEN er et modelleringsværktøj udviklet til at simulere skovdynamiske processer under påvirkning af forvaltning. Skovens kulstofpuljer estimeres på et individuelt træstammeniveau ved at indføre observerede stammediametre og arter fra opmålinger til den danske skovstatistik. Herefter simuleres udviklingen i kulstofpuljerne blandt andet ud fra vækstmodeller samt mortalitets- og hugstsandsynligheder. Simuleringerne sker i perioder af fem år, hvorimellem skovens areal kan ændre størrelse og pålægges forskellige forvaltningsscenarier.

De væsentligste hovedforudsætninger i skovfremskrivningen kan opdeles i disse komponenter:

- Modellering af historisk udgangspunkt
- Vækstmodel
- Mortalitetssandsynlighed
- Hugstsandsynlighed
- Skovrejsning og genrejsning
- Dødt ved, litter og gavntræ.

Modellering af historisk udgangspunkt

Diameter- og artsobservationer fra den danske skovstatistik anvendes til at estimere udgangspunktet for skovenes kulstofpuljer. Målinger specifikke til måleplader udvides til per ha fordelinger af diameter. Alle måleplader med centrum uden for skovdække indgår ikke i estimering af udgangspunktet for skovenes kulstofpuljer, da træer med en diameter under 10 cm måles kun i den inderste 3,5 m radius af målepladerne i den danske skovstatistik.

Vækstmodel

EFISCEN modellerer væksten af træer på et individuelt niveau. Til hver træ-art anvendes en specifikt tilpasset vækstmodel, der er baseret på et tvær-europæisk datasæt.

Mortalitet

For hver træart i modelleringen tilskrives en sandsynlighed for, at træet dør på et givet tidspunkt ud fra dets diameter. Mortalitetssandsynligheden er baseret på den danske skovstatistik, og er justeret i tilfælde af for få observationer af enten diameter eller arter.

Hugst

Sandsynligheden for at et træ fældes modelleres ud fra gentagende målinger i den danske skovstatistik. Her tages højde for art og diameter. Her antages at hugst i privat skov vil afspejle tidligere observationer (2002-2022). For statsskov anvendes antagelserne afsnit 3.2.4, frozen policy.

Skovrejsning og genrejsning

Efter hver femårig simuleringsperiode tages der højde for skovrejsning, og ha antal skovrejsning tilføjes til den næste femårige simuleringsperiode. Arter og struktur i skovrejsningen bestemmes via en stikprøve af et større skovrejsningsdatasæt fra skovstatistikken. I de tilfælde hvor træer forventes at dø naturligt eller blive fældet, genrejses den samme art som der forsvandt.

1.8 Øvrigt affald

Dødt ved antages at være konstant. Litter antages at være konstant. CO₂e-optag af gavntræ beregnes ud fra den fremskrevne diameter og artssammensætning af hugst, samt skæreudbyttet observeret hos de danske savværker. CO₂e-udledninger fra gavntræ estimeres ud fra halveringsrater for de forskellige gavntræproduktgrupper.

3.2.3 Kobling af skovstatistik og skovfremskrivning

Der er grundlæggende metodiske forskelle i måden som skovstatistikken og EFISCEN-modellen estimerer skovenes kulstofpuljer. Dette skyldes en højere detaljegrad for skovstatistikken. I forhold til de historiske kulstofpuljer, overestimeres de fremskrevne kulstofpuljer. For at koble historiske og fremskrevne optag og udledninger fra skovene, korrigeres den første fremskrevne årsværdi med den niveauforskel der opstår som resultat af overestimeringen i forhold til det historiske niveau. Slutteligt midles den samlede tidsserie af historiske og niveaukorrigerede fremskrevne optag og udledninger for skovenes kulstofpuljer.

3.2.4 Frozen policy antagelser til KF24

Skovfremskrivningen skal som udgangspunkt indregne effekten af besluttede virkemidler per 1. januar 2024. Det gælder skovrejsning, der er afsat støttemidler til samt forvaltningstiltag på Naturstyrelsens arealer i form af udskudt hugst og omlægning til urørt skov.

I alt er indregnet 25.370 ha forventet skovrejsning i perioden 2023-2030.

Der indregnes effekt af den skovrejsning, der kan etableres for kendte midler og bindende politiske aftaler, herunder afledte markedseffekter af igangsatte initiativer. Der er for så vidt angår den CAP-finansierede del indregnet CAP-midler til skovrejsning i CAP-perioden, som udløber i 2027. For skovrejsning, der finansieres via klimaskovfonden, medtages det, der kan forventes etableret for den statslige indskudskapital og et tilsvarende forventet indskud fra private investorer frem til 2030 samt den kendte bevilling i 2022, som klimakompensation for statslige flyrejser. Historisk har en del skovrejsning i Danmark været etableret uden om disse ovenfor anførte finansieringskilder. Sådant skovrejsning er ikke indregnet i den nuværende skovfremskrivning. Der er heller ikke indregnet bevillinger til skovrejsning efter 2030.

Ændringer i skovrejsning i forholdt til KF23:

- Statslig skovrejsning: Der indregnes yderligere 420 ha.
- Klimaskovfonden: Der indregnes yderligere 575 ha

Tabel 3.1

Forventet skovrejsning 2023-2030 [ha]

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Sum
¹ Statslig skovrejsning	280	300	270	270	270	210	210		1.810
² Privat skovrejsning med tilskud	2.000	2.000	2.570	2.570	2.570	2.570	2.570	880	17.730
³ Klima-skovfonden	100	480	700	660	870	820	1.000	1.200	5.830
Sum faktisk plantning	2.380	2.780	3.540	3.500	3.710	3.600	3.780	2.080	25.730
Skovrydning	-205	-205	-205	-205	-205	-205	-205	-205	-1.640

Anm.:¹Ordinære FL-midler (MIM) 2020-22 250 ha/år - ca. 40 mio. kr./år + 210 ha/år i 2023-27 - ca. 33 mio. kr./år + midler fra minkaftale (FVM) af 140421. 5 mio. kr./år i 2021 og 2022 ca. 30 ha/år.

¹ Inkl. regeringens udspil "Tættere på – grønne byer og en hovedstad i udvikling" (IBM) af 260421. 50 mio. kr. til skovrejsning i hovedstadsområdet. 20 ha i 2022 og 60 ha/år i 2023-2025 i alt ca. 200 ha over 4 år.

¹Plantning i 2020 og 2021 vedrørende bevillinger fra henholdsvis 2018 (ca. 42 mio. kr.) og 2019 (ca. 33 mio. kr.)

¹Plantning af statslig skovrejsning sker mindst 2 år efter bevilling på grund af arealkøb, samarbejder med kommuner og borgerinddragelse med videre

²Ordinære CAP-midler (FVM). 35 mio. kr./år + ekstra 35 mio. kr./år i 2020 og 2021. I alt 2.000 ha per år

²Landbrugsaftale af 041021 (FVM). 70 mio. kr. i 2022, 90 mio. kr./år i 2023-2027, 31 mio. kr./år i 2028-2030. I alt 17.490 ha.

²Plantning sker ca. 2 år efter bevilling på grund af adm. af regler for tilskudsordninger samt af ansøgningsrunder mv.

³FL20 100 mio. kr. og FL24 100 mio. kr. (MIM). Budget forudsat gearret med 200%. I alt 400 mio. kr. (-3% adm. og -10% til vådområder)

³Bidrag (klimakompensation) for statslige flyrejser (KEFM). FL22: 14,8 mio. kr., FL23: 7,2 mio. kr., FL24 20 mio. kr. I alt 42 mio. kr. Gearing med 200%. I alt 84 mio. kr. Fordeling skov/vådområder 25/75%

³Klimaskovfondens tal er baseret på deres egne tal for antal ha plantet i det pågældende år.

Kilde: Miljøstyrelsen

Antagelser vedrørende forvaltning af Naturstyrelsens arealer

Det forventes, at der vil blive oprettet 75.000 ha urørt skov. Det antages, at naturgenopretning af arealtyperne naturnationalparker og urørt skov indregnes ens. Tidshorisonten for naturgenopretningen er forskellig afhængig af, om der er tale om østdanske løvskove eller nåletræsplantager (overvejende i Vestdanmark). Naturgenopretningen forventes afsluttet efter henholdsvis 6 år i øst og 25 år i vest.

Oversøiske træarter forventes fjernet inden for en 6 -15årig periode. For rødgran vil der arbejdes med strukturel variation i bevoksningen ved at variere hugststyrken systematisk over 80-90% af arealerne, og der forventes fældning af alle træer i bevoksninger, renafdrift, for 10-20% af arealerne.

Hverken veteranisering af træer samt introduktion af græsning skønnes at få en væsentlig betydning inden for fremskrivningens tidshorisont. Derfor er disse to variable udeladt for nuværende.

Som del af *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug* blev det besluttet at reducere hugsten i Naturstyrelsens skove, som ikke er udlagt til urørt skov, med 20% i perioden 2026-2031. Den reducerede hugst er forudsat at medføre en midlertidig stigning i vedmasseniveauet på Naturstyrelsens arealer under fortsat skovdrift. Fra 2032 og frem genoptages hugsten på samme niveau som før 2026, men fra et højere vedmasselager. Det vil sige, at der vil være et højere kulstoflager på grund af den reducerede hugst i årene før 2032.

3.3 Kvalificering af KF24 forløbet

3.3.1 Sammenligning med KF23

Der er ved at blive udarbejdet en ny skovfremskrivning baseret på en ny model. Det afspejler, at den i KF22 og KF23 anvendte skovfremskrivningsmodel på kort sigt har haft vanskeligheder med at beskrive den faktiske udvikling i kulstofoptag.

Som en del af det undersøgende arbejde med at udvikle en ny fremskrivningsmodel, vil IGN udarbejde et dokumentationsnotat som led i udviklingen af en ny skovfremskrivningsmodel

3.3.2 Usikkerhed

Klimaloven fastsætter drivhusgasreduktionsmål i relation til nettoudledningen i 1990. Derfor har opgørelsen af skovens historiske nettooptag i 1990 betydning for fastsættelsen af klimamålene. Ligeledes vil nettooptag eller -udledninger blive indregnet i opgørelsen i mållårene. på grund af stor usikkerhed om både historiske og fremtidige nettooptag og -udledninger udgør skovområdet derfor stor usikkerhed ift. opfyldelse af klimalovens drivhusgasreduktionsmål.

Usikkerhed ift. opgørelse af historisk udgangspunkt

Gennem tiden har der ved flere af de årlige skovstatistikker, der benyttes i de årlige drivhusgasopgørelser, været foretaget justeringer i opgørelsen af skovenes lagrede kulstofpulje samt de årlige nettooptag. Sådanne justeringer har betydning for 1990-nettoudledningen og påvirker dermed hvor meget drivhusgas, der kan udledes i medfør af de i Klimaloven fastsatte drivhusgasreduktionsmål. Justeringerne har også haft betydning for opgørelser af nettooptag siden 1990.

Usikkerhed ift. opgørelse af ændringer i lagret kulstof fremadrettet

Fremskrivningen tager udgangspunkt i seneste status for mængden af lagret kulstof samt historiske erfaringer. Grundet den igangværende udvikling af ny skovfremskrivningsmodel, afventes den færdige model samt dokumentation for den nye models usikkerheder.

Samlet vurdering af usikkerhed ift. skov og høstede træprodukter

Generelt vurderes opgørelsen og fremskrivningen af udledninger og optag fra skove og fra puljen af høstede træprodukter samlet set at være forbundet med en større metodisk usikkerhed end for de fleste andre KF-sektorer. Det skyldes, at udledninger og -optag er et resultat af små ændringer i meget store kulstofpuljer. Såvel fremskrivning som opgørelser er derfor baseret på data fra målinger over en løbende 10-årig periode for at sikre statistisk robuste data for rapporteringen.

Samtidig er der mange aktører involveret i forvaltningen af skovarealet, og der er stor fleksibilitet i forhold til en bæredygtig forvaltning af skovarealet. Derfor er der usikkerhed forbundet med at fremskrive skovens årlige optag og udledninger frem mod 2035, fordi det er vanskeligt at forudsige den præcise forvaltning (fx tynding og hovedskovning), der vil blive påvirket af skovens struktur, økonomiske og tekniske udviklinger samt evt. indvirkning af skader på skovene fra vejr, insekter og plantesygdomme.

Endelig er der usikkerhed forbundet med at estimere, hvor store andele af den fældede vedmasse, der ender med at blive lagret i puljen af høstede træprodukter, idet det afhænger af markedsforhold i træindustrien.

3.3.3 Planlagt udvikling fremadrettet

Herudover vil det vurderes om, der er anledning til at indregne skovrejsning uden statstilskud i klimafremskrivningsmodellen.

3.4 Kilder

DCE 2023a, Denmark's national inventory report 2023,
<https://dce2.au.dk/pub/SR494.pdf>.

DCE 2023b, Projection of greenhouse gases 2020-2040,
<https://dce2.au.dk/pub/SR454.pdf>.

Danmarks Skovstatistik 2021 (National Forest Inventory, NFI),
<https://ign.ku.dk/samarbejde-med-ign/forskningsbaseret-raadgivning/skovovervaagning/danmarks-skovstatistik/>.

Energistyrelsen 2023a, Klimastatus og Fremskrivning 2023,
<https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/klimastatus-og-fremskrivning-2023>, vedlagt bilag om tal- og forudsætningsgrundlaget om LULUCF (se under punktet dataark for resultater).

Energistyrelsen 2023b, Forudsætningsnotat om skov og høstede træprodukter:
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/10d_KF23_forudsætningsnotat_-_skov.pdf.

Energistyrelsen 2023c, Sektornotat om skov og høstede træprodukter:
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/KF23_sektornotat_10d_skov.pdf

.

IGN 2016, Danish National Forest Inventory Design and calculations, https://static-curis.ku.dk/portal/files/164970017/Danish_National_Forest_Inventory.pdf.

IGN 2019, Danish National Forest Accounting Plan 2021-2030 – resubmission,
https://static-curis.ku.dk/portal/files/232139225/DNFAP_revised_2019_web20191220.pdf.

IGN 2020, Kulstofbinding ved skovrejsning, https://static-curis.ku.dk/portal/files/241891135/Sagsnotat_kulstof_skovrejsning_20200525_bilag.pdf.

IGN 2021, Skovstatistik 2020, https://static-curis.ku.dk/portal/files/283138747/Rapport_Skovstatistik_2020_web.pdf%20.

IGN 2022a, Skovfremskrivning 2022, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, https://static-curis.ku.dk/portal/files/298732868/KF22skov_drivhusgasregnskab_rapport.pdf.

IGN 2022b, input- og outputdata for skovfremskrivningsmodellen:
<https://erda.ku.dk/archives/cb8fdb7fae2b723db3ea8ec864c4f9f/published-archive.html>.

IGN 2023, Skovstatistik 2020, https://static-curis.ku.dk/portal/files/376995779/Rapport_Skovstatistik_2022_web.pdf

IGN 2024. Ny model for skovfremskrivning til KF24. Offentliggøres på IGN's hjemmeside til april 2024.

IPCC 2014, https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf.

Kapitel 4: DCE's beregningsmetoder

4.1 DCE's modelsystem for landbrug og LULUCF

Dette kapitel beskriver den overordnede metodetilgang og antagelser, der anvendes af Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet til beregning af udledninger fra landbrug og LULUCF¹⁵.

4.1.1 DCE's udledningsberegninger

DCE står for at udarbejde den nationale udledningsopgørelse og fremskrivning af drivhusgasser, herunder for landbrugsprocesser og LULUCF, som afrapporteres til FN og EU samt anvendes som input til Energistyrelsens årlige Klimastatus og – fremskrivning (KF).

Opgørelsen og fremskrivningen af udledningerne beregnes i overensstemmelse med de internationale retningslinjer og beregningsmetoder vedtaget af IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Udledningerne fra landbrugsprocesser og LULUCF opgøres derfor fordelt på en række underkategorier (CRF-kategorier).¹⁶

Udledningerne fra landbrugets processer (CRF-kategori 3) omfatter udledninger af primært metan og lattergas relateret til den primære landbrugsproduktion (herunder husdyrfordøjelse, gødningshåndtering samt gødskning og kvælstofomsætning på markerne), dog med undtagelse af de energirelaterede udledninger fra landbruget.

Udledninger i LULUCF-sektoren (CRF-kategori 4) omfatter udledninger relateret til forvaltning af arealer, herunder primært landbrugs¹⁷- og skovarealer, hvorfra der primært udledes CO₂, men også metan og lattergas.

4.1.2 DCE's modelkompleks

Fremskrivningen af udledningerne foregår ud fra DCE's modelkompleks og bygger på samme struktur og metoder, som anvendes i Danmarks historiske udledningsopgørelse. Dette sikrer konsistens mellem historiske og fremskrevne udledningsopgørelser. Der er dog forskelle i de internationale dokumentationskrav til henholdsvis opgørelsen og fremskrivningen, hvilket bevirker at der i fremskrivning fx er indregnet brugen af luftrensingsanlæg i svinestalde, mens dette ikke indgår i opgørelsen. Endvidere gælder det, at de historiske data, der anvendes i den nationale opgørelse, er erstattet med en række forudsætninger og forenklinger i fremskrivningen. Forsimplet kan det siges, at udledningerne fra

¹⁵ LULUCF står for "Land Use, Land-Use Change and Forestry", der kan oversættes til "arealanvendelse, arealændringer og skovbrug".

¹⁶ For yderligere information om CRF-tabellerne se også kapitel 3 om principper for udledningsopgørelse i sektorforudsætningsnotat Principper og politikker.

¹⁷ Landbrugsarealer omfatter CRF kategorierne 4B Cropland (dyrket mark) og 4C Grassland (græsarealer).

underkategorierne opgøres ved at gange aktiviteten (A) med en emissionsfaktor (EF) for den pågældende aktivitet. Aktivitet kan fx være antal husdyr eller antal ha dyrket areal, mens emissionsfaktorer er en funktion af mange forskellige faktorer¹⁸, der har indflydelse på udledningerne for den pågældende aktivitet.

Kompleksiteten i den anvendte beregningsmetode indenfor hver emissionsfaktor varierer. IPCC angiver en række metodeniveauer, såkaldte Tiers:

- Tier 1: Baseres på en simpel beregningsmetode, hvor der anvendes standard emissionsfaktorer angivet i IPCC Guidelines.
- Tier 2: Baseres på en beregning, der inkluderer landespecifikke data, hvilket kan gælde både aktivitetsdata og emissionsfaktorer.
- Tier 3: Baseres på beregningsmodeller og/eller målinger, som reflekterer de landsspecifikke landbrugs- og klimaforhold.

Således stiger detaljeringsniveauet for metodegrundlaget fra Tier 1 til Tier 3 med stigende krav til data og dokumentation. For de udledningskilder, hvor nationale data ikke er tilgængelige, anvendes en Tier 1 metode med standard emissionsfaktorer anbefalet af IPCC. Såfremt en udledningskilde bidrager signifikant i forhold til den totale nationale drivhusgasudledning, betragtes kilden som en "key source", og dermed skal der som minimum anvendes en Tier 2 beregning. En Tier 2 beregning betyder, at der i et vist omfang anvendes nationale data – fx for foderindtag eller staldtype, men at beregningsmetoden grundlæggende stemmer overens med IPCC's beregningsmetode.

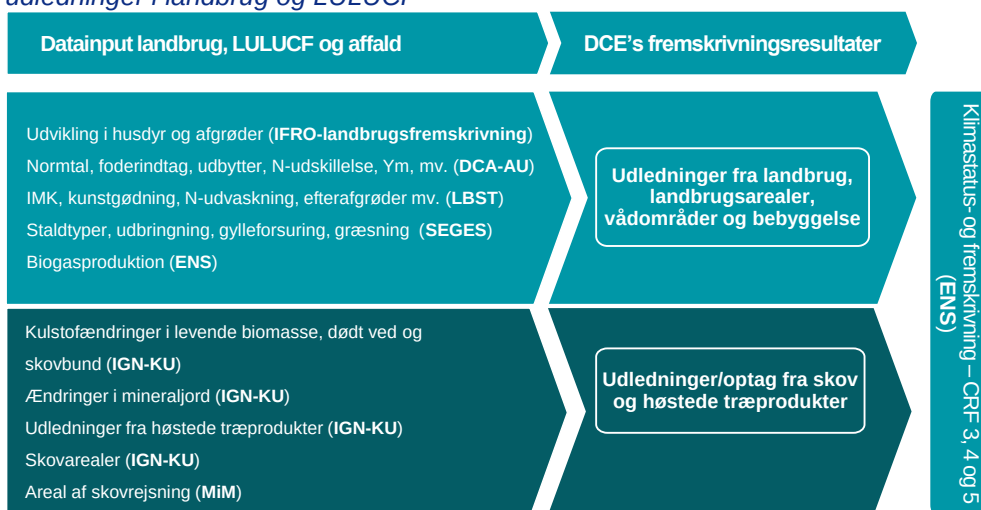
Tier 3 er væsentligt anderledes end de øvrige Tier niveauer, fordi der her er tale om beregning baseret på en landespecifik beregningsmodel, baseret på nationale målinger og/eller modellering, som dermed afspejler de faktiske klima- og landbrugspraksisser i det pågældende land. Beregningen er dog ikke nødvendigvis alene baseret på nationale data, men kan også være estimeret ved en kombination af målinger/modeller fra andre lande med sammenlignelige klima- og landbrugsforhold.

Foruden de anvendte standardværdier fra IPCC, tager DCE's beregninger i høj grad udgangspunkt i forskellige datakilder og ekspertantagelser fra blandt andet forskellige institutter på Aarhus Universitet, Københavns Universitet, men også fra ministerier, styrelser og eksterne aktører såsom Landbrugets Rådgivningstjeneste

¹⁸ Det kan fx være stald- og gødningstype, årlige vejrforhold, jordens dræningstilstand, dyrenes tørstof- og kvælstofudskillelse og gyllens opholdstid i stalden.

SEGES. Figur 4.1 viser et overordnet overblik over hovedleverandørerne af datainput til DCE's fremskrivning af udledninger fra landbrug og LULUCF.

Figur 4.1: Overblik over eksterne inputdata og –leverandører for fremskrivning af udledninger i landbrug og LULUCF

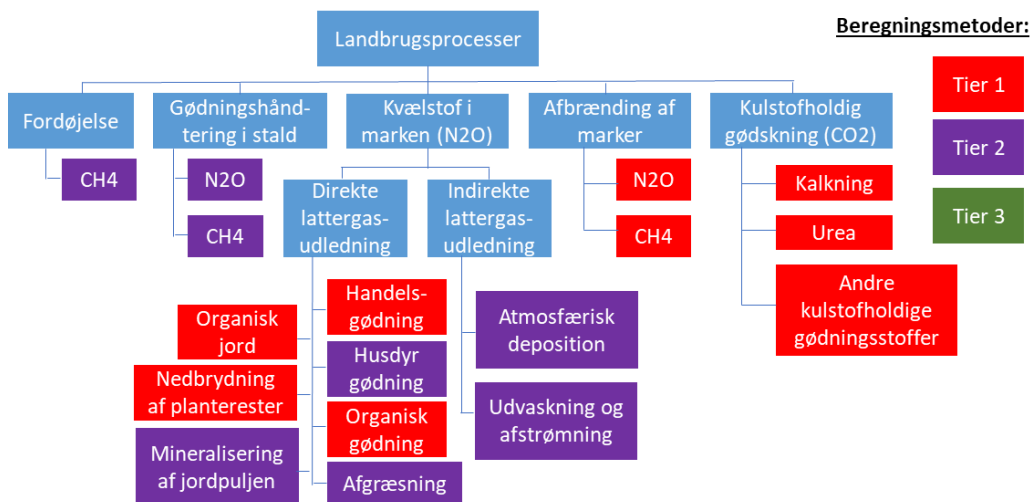


4.2 Landbrugsprocesser

4.2.1 Metode og antagelser

Ifølge IPCC guidelines opgøres udledninger fra landbrug i 17 forskellige underkategorier. I udgangspunktet anvendes de samme beregningsmetoder og værdier for emissionsfaktorerne i fremskrivningen, som dem der er brugt i de historiske emissionsopgørelser. Som angivet i Figur 4.2 dækker metodeniveauerne i landbrugssektoren over Tier 1 og 2.

Figur 4.2: Oversigt over udledninger fra landbruget



Beregning af udledningerne fra de 17 forskellige udledningskilder (angivet med Tier niveau) varierer fra simpel til kompleks afhængig af metode og data. For mange af de mindre udledningskilder anvender DCE standardværdier angivet af IPCC med relativt simple formler og ligninger. For de større kilder såsom gødningshåndtering og fordøjelse er beregningsmetoderne mere komplekse, da DCE her anvender nationale data og modeller på Tier 2 niveau.

DCE beregner de forventede udledninger fra landbruget ved hjælp af en databasebaseret model kaldet IDA-frem, som er en forkortelse af Integrated Database model for Agricultural emissions (Albrechtsen *et al.*, 2021)¹⁹. IDA-frem er en relationel database i MS Access, som består af ca. 50 tabeller med inputdata samt omkring 130 forespørgsler, der udfører mellemregninger, samler beregninger og i sidste ende genererer udledninger fra landbruget fordelt på de pågældende CRF-kategorier ved hjælp af særskilte beregningsmetoder for hver kategori.

Som første led i DCE's beregninger indsamles data fra flere forskellige kilder, som illustreret i Figur 4.1. Herefter behandles data, inden det importeres til IDA-frem. Som input til DCE's udledningsberegninger laves en lang række bagvedliggende antagelser og modelberegninger. Nogle af disse bagvedliggende beregninger er foretaget af DCE, mens andre også er lavet af blandt andet Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (DCA) ved Aarhus Universitet. Mængden af databehandling afhænger af den enkelte kilde og strækker sig fra enkel til mere omfattende. fx foretages der for visse husdyrkategorier en databehandling af antallet af dyr, fordi DCE har behov for en anden opdeling af antallet af dyr end den, der leveres fra IFRO's Landbrugsfremskrivning (Jensen, 2023), således at data svarer til DCE's

¹⁹ En tilsvarende database benyttes til den historiske opgørelse under navnet IDA.

beregningsopsætning og strukturen i normalssystemet for husdyrgødning, som DCA leverer²⁰.

DCE's samlede beregning af udledninger fra landbruget er således baseret på en relativ omfattende beregningsopsætning, som indeholder flere detaljerede beregningskæder under hensynstagen til aktivitetsdata såsom husdyrkategori og stald- og gødningstype. Beregningerne er ikke for alle kilder gjort systematisk afhængig af hinanden på tværs af udledningskilder i DCE's modelkompleks, idet der ikke er tale om en samlet dynamisk model. Således er data for visse afhængige variable håndteret manuelt i beregningen.

For en yderligere beskrivelse og dokumentation af DCE's beregningsmetoder henvises til Albrektsen *et al.* (2021).

4.2.2 Metodeudvikling siden KF23

Der er grundlæggende ikke foretaget større ændringer i DCE's metodegrundlag for beregning af udledninger og optag fra landbrugets processer siden KF23.

4.2.3 Kritiske antagelser og parametre i metoden

Den forventede udvikling i antallet af husdyr samt fordelingen af stald- og gødningstyper har stor betydning for beregningerne af drivhusgasudledninger fra landbruget. For disse forudsætninger og andre, såsom handelsgødningsforbruget, normdata for foderindtag og dyrenes tørstof- og kvælstofudskillelse via gødning og arealanvendelse, sker der en årlig opdatering.

Mange inputdata opdateres dermed løbende, men er samtidig forbundet med betydelig usikkerhed, ligesom IPCC's egne standardemissionsfaktorer er behæftet med relativ høj usikkerhed. Det skyldes bl.a., at det ikke er muligt at måle de faktiske udledninger på hver enkelt bedrift. I stedet må der anvendes emissionsfaktorer baseret på generelle antagelser om den danske landbrugssektor eller IPCC standardværdier.

Endvidere er der betydelig variation i udledninger, ikke bare fra bedrift til bedrift, men også fra dag til dag, som ikke fanges af de generelle emissionsfaktorer og standardværdier. Det skyldes, at landbrugets udledninger afhænger af biologiske processer, hvor både de fysiske- og driftsmæssige forhold, som fx vejrforhold, konstant ændrer sig og dermed påvirker udledningerne.

²⁰ For kvæg gælder det f.eks., at der er 5 overordnede kategorier; malkekøer, kalve, tyre, kvier og ammekøer, der yderligere er opdelt på vægtklasser og racer. Samlet eksisterer der 39 forskellige husdyrkategorier i IDA-frem. Endvidere er husdyrkategorierne fordelt på stald- og gødningstyper, der i alt giver 269 kombinationer af husdyrtyper og stald- og gødningstyper, der indgår som input i emissionsberegningerne.

Da det er biologiske processer som regulerer udledningerne fra landbrugs- og LULUCF-sektorerne er rammevilkårene for estimaterne at usikkerheden er høj ift. udledninger fra fx fossile brændsler. Men sammenlignet med andre landes landbrugs- og LULUCF- estimater anses de danske beregningsmodeller at være baseret på et højt detaljeringsniveau og med relativ lav usikkerhed for aktivitetsdata. Tilgængeligheden af landbrugsdata skal ses i lyset af den relative store betydning landbruget historisk har i Danmark i kombination med regulering af landbrugsproduktionen, herunder behov for data og viden til gødningsregnskaber, varetaget af Fødevarerministeriet i forbindelse med kontrol af kvælstofreguleringen.

4.2.4 Planlagt metodeudvikling fremadrettet

DCE arbejder på at opdatere modellen for udledninger fra flydende gødning, hvilket kan resultere i væsentlige ændrede udledninger. Dette forventes implementeret i næste års opgørelse og fremskrivning.

Derudover har Fødevarerministeriet igangsat et længerevarende forskningsarbejde med Århus Universitet, der har til formål at se nærmere på udvikling af det nuværende danske Normtalssystem, herunder for kulstofudledninger fra husdyrgødningen. Målet er, at resultaterne kan indgå som input i den nationale opgørelse for landbrugets drivhusgasudledninger.

4.3 LULUCF

4.3.1 Metode og antagelser

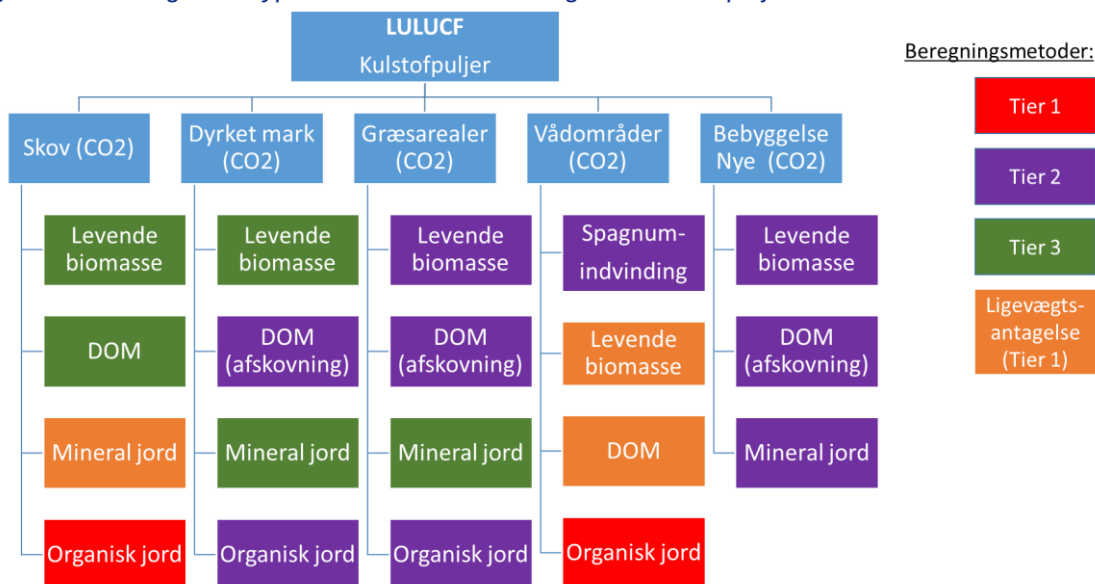
Ifølge IPCC guidelines opgøres udledninger fra arealer og skove under kategorien LULUCF. LULUCF omfatter hovedsageligt CO₂-udledninger som følge af ændringer i kulstofpuljerne i biosfæren²¹, men også lattergas fra omsætning af jordens organiske kvælstofpulje i forbindelse med arealændringer og metan fra våde kulstofrige lavbundsjorder. De forskellige typer LULUCF-udledninger for kulstofpuljer er vist i Figur 4.3, mens Figur 4.4 viser andre typer LULUCF-udledninger, herunder fra ændringer i arealanvendelsen. For hver udledningskilde beregnes udledningerne med særskilte metoder på baggrund af de internationale retningslinjer. For så vidt angår DCE's beregning af kulstofpuljeændringer på landbrugsarealer og øvrige arealer udføres disse med forskellige metoder for hver kulstofpulje.

Af Figur 4.3 og 4.4 ses, at de fleste anvendte metoder er Tier 2 eller 3 niveau, hvilket betyder, at de baseres på detaljerede, nationale målinger og/eller dynamisk modellering. For enkelte kilder anvendes en mere simpel tilgang baseret på IPCC's standardværdier- og emissionsfaktorer på Tier 1 niveau. Det gælder især

²¹ Kulstofpuljer er blandt andet levende biomasse, dødt organisk materiale (DOM), jord og træprodukter, som vist i figur 4.3 og 4.4.

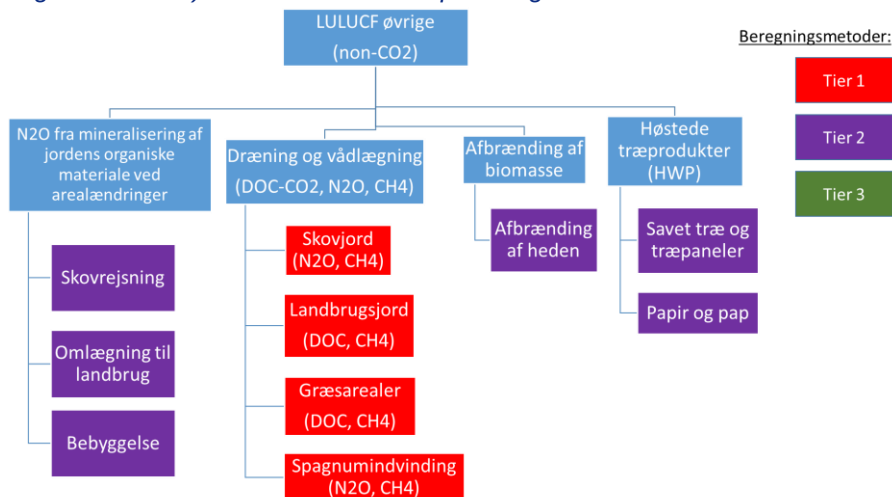
beregning af lattergasudledningerne ved omsætning af organisk materiale i jorden som følge af ændringer i anvendelsen af jorden.

Figur 4.3: Oversigt over typer af LULUCF-udledninger for kulstofpuljer.



DOM: dødt organisk materiale (skovbund og dødt ved). Ligevægtsantagelse svarer til nul udledninger.

Figur 4.4: Oversigt over andre typer af LULUCF-udledninger. DOC (Dissolved Organic Carbon) kan oversættes til opløst organisk kulstof.



Anm.: DOC (Dissolved Organic Carbon) kan oversættes til opløst organisk kulstof.

Estimering af landbrugsareal og afgrødesammensætning

Til estimering af landbrugsarealet og afgrødesammensætningen anvender DCE Landbrugsfremskrivningen (Jensen, 2024) og data fra Internet Mark Kort (IMK) sammen med data fra forskellige arealregistre for udvikling af Danmarks samlede fremskrevne areal. Endvidere inddeles arealet i de seks IPCC-definerede arealklasser: skov, dyrket mark, græsarealer, vådområder, bebyggelse og andre arealer. IMK offentliggøres af Landbrugsstyrelsen og er et detaljeret kort over afgrøder og jordbundstyper på markniveau. IMK benyttes sammen med Peat2023²² kortet over kulstofindholdet i jorden, som bestemmer, om jorden har mellemhøjt (6-12 pct.) eller højt (over 12 pct.) indhold af organisk kulstof. I Landbrugsfremskrivningen indregnes arealændringer som følge af Landbrugsaftalen samt andre arealudtag, som Landbrugsstyrelsen vurderer på baggrund af forskellige landbrugsordninger.

Beregning af udledninger fra landbrugsarealer og øvrige arealer

DCE er ansvarlig for udarbejdelsen og beregningen af drivhusgasudledninger og optag af kulstof for den del af LULUCF-sektoren, der omhandler arealanvendelse og arealændringer. Udledningerne stammer primært fra landbrugsarealer, men der er også mindre udledninger fra andre arealer som bebyggede arealer og vådområder. Udledningerne fra landbrugsarealet stammer fra flere forskellige kilder, hvoraf ændringer i de mineralske landbrugsjorders kulstoflager og kulstofrige jorder udgør de største udledningskilder.

Mineraljorder omfatter ler- og sandjorder og karakteriseres ved deres lave indhold af organisk kulstof. Mineraljord dækker over de allerfleste jordtyper i det danske jordbundsklassificeringssystem, JB. I fremskrivningen antages disse samlet set at have et lille CO₂-optag i modsætning til de kulstofrige/organiske landbrugsjorder (også kaldet lavbundsjorder), som mister organisk materiale som CO₂. Kulstofrig jord inddeles i jorder med 6 til 12 pct. organisk kulstof og jorder med over 12 pct. organisk kulstof i den nationale emissionsopgørelse og fremskrivning. Samtlige arealer med kulstofrig jord (både 6-12 pct. og over 12 pct. organisk kulstof) udgør ca. 4,5 pct. af det samlede danske landbrugsareal.

DCE beregner ændringer i mineraljordspuljen ved brug af en dynamisk model (C-TOOL), der kan kategoriseres som Tier 3 metode, mens jordens tab af organisk kulstof fra kulstofrige jorder beregnes ved brug af Tier 2 metode ved brug af nationalt bestemte emissionsfaktorer. Disse to beregningsmetoder er beskrevet nærmere i bilag 4.1.

Udledninger fra skove og høstede træprodukter

Fremskrivningen af udledninger og optag fra skove, inklusiv høstede træprodukter, udarbejdes af Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN) ved Københavns

²² Se mere under 4.3.2

Universitet, som leveres som input til DCE's samlede LULUCF-udledningsfremskrivning.

Til KF24 anvendes en ny skovfremskrivning fra IGN. Skovfremskrivningen fremskriver forventninger til optag og udledninger fra skovarealer samt kulstofpuljen i træprodukter.

4.3.2 Metodeudvikling siden KF23

Klima-, Energi-, og Forsyningsministeriet har igangsat et forskningsarbejde i samarbejde med DCA, der skal sikre bedre viden om, hvordan udledningerne fra kulstofrige jorder kan beregnes med en mindre usikkerhed. DCA har i forskningsprojektet udarbejdet et opdateret kort (Peat2023) over udbredelsen af kulstofrige jorder i Danmark. I den forbindelse forventes udledningsestimaterne at blive revideret.

IGN har opdateret deres skovfremskrivningsmodel til KF24. For en gennemgang af antagelser og forudsætninger til fremskrivning af udledninger og optag fra skove og høstede træprodukter henvises til kapitel 3 om skov.

4.3.3 Kritiske antagelser og parametre i metoden

Generelt vurderes fremskrivningen af udledninger og optag fra skove og øvrig arealanvendelse at være forbundet med en større usikkerhed end andre sektorer udenfor LULUCF. Det skyldes, at nettoudledninger og -optag er et resultat af en langsom dynamik, og at selv små ændringer i de meget store kulstofpuljer vil påvirke opgørelser af udledninger og optag.

Udledninger fra landbrugsarealer er især følsomme over for de klimatiske forhold. Udledningerne har de sidste 10 år varieret med lidt over 1 mio. ton CO₂e, som primært skyldes vejrbedingede udsving i de årlige høstudbytter på mineraljorder samt årets temperaturer. Her giver en kombination af et dårligt høstår og høje temperaturer et tab af CO₂, mens et godt høstår kombineret med normale temperaturer giver en binding. De fremtidige udledninger afhænger derfor også af fremtidens vejr-situation og udbytter fra de enkelte afgrøder.

Kulstofrige landbrugsjorder udleder store mængder CO₂, når de er veldrænede, og betydeligt mindre hvis arealerne er dårligt drænet og delvis våde. De nuværende emissionsfaktorer for dyrkede landbrugsarealer, som bruges i fremskrivningen, er baseret på målinger foretaget på fuldt drænede arealer. Det viser sig dog, at dræningstilstande på de kulstofrige jorde i praksis er dårligere, og flere arealer allerede er vådere, end det antages i fremskrivningen. Det betyder alt andet lige, at klimaeffekten af udtagningerne kan være mindre, end den er beregnet til. Men omvendt, er der usikkerhed omkring, hvorvidt antagelsen om, at jord med 6-12 pct.

kulstof har en emission svarende til halvdelen af jord med >12 pct. kulstof er korrekt. Det er ikke kun kulstofprocenten, som er afgørende, men mængden af fritlagt organisk kulstof som er afgørende – og den er nødvendigvis ikke halvt så stor.

Den i KF22 og KF23 anvendte skovfremskrivningsmodel har på kort sigt haft vanskeligheder med at beskrive den faktiske udvikling i kulstofoptag. Konkret har IGN's skovfremskrivningsmodel haft en tendens til at underestimere nettooptaget af CO₂ i de danske skove. Som følge heraf arbejder IGN på at udvikle en ny fremskrivningsmodel til opgørelse af udledninger og optag fra skov og høstede træprodukter, hvilket potentielt kan medføre betydelige ændringer i fremskrivningen af optag og udledninger fra skove i forhold til KF23.

4.3.4 Planlagt metodeudvikling fremadrettet

Som del af forskningsprojektet med det opdaterede kort over udbredelsen af kulstofrig jord tilvejebringes også ny viden om forholdet mellem jordens kulstofindhold, vandstand og drivhusgasudledninger. Resultaterne herfra foreligger endnu ikke, men forventes implementeret i emissionsopgørelsen og KF25.

4.4 Kilder

Albrektsen, R., Mikkelsen, M.H. & Gyldenkærne, S. (2021) Danish emission inventories for agriculture. Inventories 1985 – 2018. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 202 pp. Scientific Report No. 443. <https://dce2.au.dk/pub/SR443.pdf>

Energistyrelsen (2021) <https://presse.ens.dk/news/ny-rapport-om-metantab-fra-danske-biogasanlaeg-432900>.

IPCC (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

IPCC (2014) 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

Jensen J.D. (2024) Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2040. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Udredning Nr.2024/01 . https://static-curis.ku.dk/portal/files/384575750/IFRO_Udredning_2024_01.pdf.

Kapitel 4 bilag 4.1: Beregning af ændringer i jordens kulstofpulje

Udledninger og optag fra mineraljord

DCE beregner ændringer i mineraljordspuljen ved brug af en dynamisk model (C-TOOL), hvorfor metoden kategoriseres som Tier 3, som vist i figur 4.3. I modellen beregnes den samlede årlige tilførsel af organisk kulstof fra alle afgrøder (avner, stakke, halm, stub og rødder), inkl. efterafgrøder og husdyrgødning for hvert år. C-TOOL er en dynamisk 3-puljet jordkulstofmodel. Modellen består således af tre kulstofpuljer, som repræsenterer organisk materiale, der nedbrydes med forskellige hastigheder.

I modellen nedbrydes det organiske kulstof efter første-ordens henfald med halveringstider på henholdsvis 0,6-0,7 år, 50 år og 600-800 år for de tre forskellige kulstofpuljer. Modellen er kalibreret eksplicit for otte regioner i Danmark, der hver har 2-3 forskellige mineraljordstyper. Baseret på det årlige input af organisk materiale beregner C-TOOL den årlige ændring i den samlede kulstofpulje og dermed udledning eller binding af CO₂. Ud over tilførslen af organisk materiale er modellen meget følsom over for ændringer i vejret, hvilket kan medføre nettoudledninger fra mineraljordspuljen i år med varme somre, jf. ovenfor.

Udledninger fra kulstofrig jord

Ved beregning af ændring i puljen af kulstofrige jorder benytter DCE en Tier 2 metode, som betyder, at der anvendes en lidt mere simpel tilgang end den modelbaserede tilgang for mineraljorder.

Beregningerne er dog i høj grad baseret på nationale emissionsfaktorer, hvorfor der ikke er tale om Tier 1. For udledninger fra kulstofrig jord beregnes der både metan og CO₂-udledninger, hvor sidstnævnte yderligere er opdelt på direkte CO₂-udledninger og indirekte CO₂-udledning via forgasning af opløste kulstofholdige forbindelser (Dissolved Organic Carbon, DOC).

Overordnet beregnes udledningerne med en relativ simpel tilgang ved at gange emissionsfaktorer med aktivitetsdata, dvs. arealer fremkommet ved overlapsanalyser. Til KF24 medregnes årlig mineralisering af kulstofindholdet i de organiske jorde, hvilket indebærer, at nogle af de organiske jorde overgår til mineraljordklassen, hvilket er nyt i forhold til KF23²³.

²³ Reference: Gyldenkærne, S. & Callisen, L.W. (2024). Notat om emissionsestimater for organiske jorder historisk (1990-2022) og i fremskrivningen (2030-2040). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 15 s.-Fagligt notat nr. 2024 | 60.

For emissionsfaktorerne for metanudledningerne og DOC-afledt CO₂ udledning anvendes standardfaktorer, hvorimod der for den direkte CO₂-udledning bruges nationale emissionsfaktorer baseret på målinger. Emissionsfaktorerne er ydermere bestemt af arealanvendelsen – fx om arealet er i omdrift eller græsareal, og af om jorden har mellemhøjt eller højt indhold af organisk kulstof. Trods den simple metodetilgang, bevirker den detaljerede inddeling af emissionsfaktorer, at der i alt bruges 18 forskellige faktorer.