

Bestilling til Aarhus Universitet om revision af emissionsfaktorer for organiske lavbundsjorder

KEFM jr-nr 2019-4154

Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 19. februar 2020 | 13



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Titel:	Bestilling til Aarhus Universitet om revision af emissionsfaktorer for organiske lavbundsjorder
Undertitel:	KEFM jr-nr 2019-4154
Forfatter:	Steen Gyldenkærne ¹ , Mogens H. Greve ² , Lars Elsgaard ² , Poul Erik Lærke ² , Simon Stisen ³ og Jo Skotte Johansson ⁴
Institution:	Aarhus Universitet, ¹ Institut for Miljøvidenskab, ² Institut for Agroøkologi, ³ De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og ⁴ Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (SDFE)
Faglig kommentering:	Ole-Kenneth Nielsen ¹ & Jørgen Eivind Olesen ²
Kvalitetssikring, DCE:	Vibeke Vestergaard Nielsen
Ekstern kommentering:	Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet har samlet og fremsendt for Miljø- og Fødevarerministeriet, herunder Landbrugsstyrelsen samt og Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, herunder Energistyrelsen; og særskilt Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/N2020_13_komm.pdf
Rekvirent:	Erik Tang, Center for Klimaneutralt Danmark, Team Landbrug, LULUCF og transport, Klima-, Energi og Forsyningsministeriet
Bedes citeret:	Gyldenkærne, S., Greve, M.H., Elsgaard, L., Lærke, P.E., Stisen, S. og Johansson, J.S. 2020. Bestilling til Aarhus Universitet om revision af emissionsfaktorer for organiske lavbundsjorder. KEFM jr-nr 2019-4154. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 16 s. -- Notat nr. 2020 13 https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/N2020_13.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Foto forside:	Colorbox
Sideantal:	16

Indhold

Baggrund	4
Svar	5
Organisk materiale fra landbrugsjorderne	6
Terrænnær grundvandsstand	8
6-12 % jorder	9
Tidsseriekonsistens	9
Kategoriske EF'er versus kontinuerte funktioner	10
Procesbeskrivelse	11
Referencer	15

Baggrund

Via den gode bestilling af 22. januar 2020 har Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (KEFM) bestilt et procesnotat vedrørende revision af emissionsfaktorer for organiske lavbundsjord. Bestillingen lyder:

Senest onsdag d. 5. februar 2020 ønskes et fælles procesnotat fra DCA og DCE.

- Procesnotatet bedes angive hvilke metoder og hvilke data, DCA og DCE kan anbefale anvendes ved udarbejdelse af hhv. reviderede emissionsfaktorer samt tidsserier for arealet af organiske lavbundsjord. De reviderede tal skal kunne anvendes til rekalkulation af drivhusgasemissionerne tilbage til 1990 samt fremskrivninger frem mod 2050.
- Med baggrund i ny viden om dræningstilstanden for lavbundsjord bedes procesnotatet forholde sig til, hvordan vandstand på organiske lavbundsjord påvirker drivhusgasemissionerne. Herunder bedes der taget stilling til i hvilket omfang, den tilsendte tyske model for beregning af drivhusgasemissioner fra lavbundsjord¹ kan anvendes under danske forhold. I tilknytning hertil diskuteres, om der findes eller inden for rimelig tid kan fremskaffes de nødvendige data om især grundvandstand i organiske lavbundsjord i Danmark – herunder ved brug af de vandstandsdata, som er indsamlet i forbindelse med DCA's kortlægning af lavbundsarealer. GEUS og Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (SDFE) inddrages i denne diskussion.
- I det omfang den tyske model ikke er tilstrækkelig til etablering af retvisende emissionsfaktorer, bedes procesnotatet beskrive, hvilke yderligere vidensbehov, der skal dækkes for at udarbejde repræsentative emissionsfaktorer – herunder især for lavbundsjord med 6-12 pct. organisk kulstof.
- Procesnotatet bedes også beskrive, hvorledes der kan udvikles retvisende metoder til beregning af, at arealerne af organiske lavbundsjord mindskes over tid som følge af udpining af kulstofindholdet og/eller stigende vandstand som følgende af øget nedbør m.v. Metoderne skal kunne leve op til kravene for opgørelse og indberetning til UNFCCC.
- Procesnotatet kan beskrive en flertrins-model, som adresserer såvel behovet for at identificere retvisende emissionsfaktorer inden for et år, samt opfølgende analyser og/eller målinger, som kan være nødvendige for at verificere de foreløbige emissionsfaktorer.
- Notatet bedes angive en tidsplan, ressource-behov og -tilgængelighed på Aarhus Universitet ved valg af alle alternative modeller.

¹ B.Tiemeyer et al.: "A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories", 2020

Svar

DCE og DCA's besvarelse er foretaget med bidrag fra De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (SDFE). Fra GEUS er modtaget tidsplan for levering af et 1. og 2. generations terrænnært grundvandskort, og fra SDFE er modtaget input vedrørende satellitovervågning til estimering af terrænnært grundvand på lavbundsjorder til brug for en optimering af det foreslåede 1. og 2. generations terrænnært grundvandskort.

Problemstillingen er opdelt i to overordnede punkter:

- Afrapportering af de nationale drivhusgasemissioner til United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) og EU
- Revision af de anvendte emissionsfaktorer i drivhusgasopgørelsen.

Den nuværende afrapportering følger IPCC's guidelines² og anvender specifikke danske emissionsfaktorer (EF'er). Den danske rapportering omfatter dels rapporteringstabellerne (CRF-tabeller) og en skriftlig rapportering, National Inventory Report (NIR, Nielsen et al., 2019). NIR'en beskriver de anvendte metoder, datakilder og deres usikkerheder.

Væsentlig skærpede krav til rapporteringerne til hhv. UNFCCC og EU betyder, at DCE ikke implementerer foreløbige EF'er i opgørelsen, dvs. EF'er som ikke er dokumenteret efter gældende standard. Dette bl.a. for at undgå genberegninger på området og for ikke at rejse tvivl i UNFCCC-systemet omkring den nationale opgørelse. En eventuel korrektion af EF'er i opgørelserne vil derfor blive inddraget, når de er fuldt dokumenterede, og i så fald genberegnes for hele rapporteringsperioden fra 1990 og frem. For alle sektorer i NIR'en findes der et standardpunkt som omhandler planlagte forbedringer. For Cropland er det punkt 6.3.11 "Planned improvements". I forbindelse med 2020-afleveringen (1990-2018) vil der komme til at stå, at de anvendte nationale emissionsfaktorer er under revision, og at der muligvis vil være opdateringer af EF'er i 2023/2024.

I forbindelse med et politisk beslutningsgrundlag omkring anvendelse og udtagning af de organiske landbrugsjorder, er der rejst tvivl om de nuværende gennemsnitlige EF'er er repræsentative (Gyldenkerne, 2019). Gyldenkerne (2019) indikerer at de gennemsnitlige EF'er, som anvendes i den nuværende emissionsopgørelse, muligvis ikke kan anses for at være repræsentative gennemsnitsværdier for de anvendte arealklasser. Bl.a. fordi EF'erne er målt på meget drænedede jorder og derfor ikke repræsenterer mindre drænedede jorder. Herudover konstateres det i Gyldenkerne (2019), at organiske jorder, som tages ud af drift under Lavbundsordningen (LBST, 2020) ofte har en dårlig dræningstilstand. Det betyder, at den beregnede effekt i den nationale emissionsopgørelse er større end den reelle effekt i lavbundsprojekterne.

² 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>)

Der kan derfor være brug for at komme med "bedste bud" på reviderede EF'er som en særlig scenarieanalyse, indtil der er et solidt grundlag for en implementering af nye EF'er, herunder en evt. ny metode for opgørelsen af organiske jorder i de nationale opgørelser. Svarene på anmodningen om et procesnotat er derfor en beskrivelse af, hvad der kan gøres på kort sigt ("bedste bud" i indeværende år), og hvad der kan gøres på længere sigt (fuldt dokumenterede EF'er til revision af opgørelserne).

Svarene er delt op i en tidsrækkefølge ud fra de rapporteringer og fremskrivninger af drivhusgasemissionerne, som DCE skal udarbejde fremadrettet, som er følgende:

1. April 2020, fremskrivning af drivhusgasemissioner til Energistyrelsen (ENS)
2. Ultimo 2020, aflevering af en ny opgørelse til UNFCCC/EU
3. April 2021, formodentlig ny fremskrivning af drivhusgasemissioner
4. Ultimo 2021, aflevering af en ny opgørelse til UNFCCC/EU
5. 1. april 2022, fremskrivning af drivhusgasemissioner
6. Ultimo 2022, aflevering af en ny opgørelse til UNFCCC/EU.

Som nævnt ovenfor anbefaler DCE ikke, at opgørelserne til UNFCCC/EU ændres, førend der foreligger et konsolideret beslutningsgrundlag med tilstrækkelig publiceret dokumentation, der muliggør, at det vil kunne godkendes i forbindelse med revision af det danske drivhusgasemissionsregnskab. Derfor er der i notatet fokuseret på, hvad der kan opnås af viden på forskellige tidspunkter indtil 2022.

Formålet med dette procesnotat er at klargøre de problemstillinger, som der er i forbindelse med en mere korrekt opgørelse af de samlede nationale emissioner fra de danske jorder i forbindelse med afrapporteringen til UNFCCC/EU samt komme med et forslag til en mere korrekt opgørelse. Og afledt heraf også ændringer i drivhusgasudledningen ved diverse udtagningsordninger.

Organisk materiale fra landbrugsjorderne

Nedbrydningen af organisk materiale fra landbrugsjorderne med forhøjet indhold af organisk materiale afhænger primært af jordernes dræningstilstand, der styrer tilgængeligheden af ilt (O_2), som oxiderer det frilagte organisk kulstof (OC). Det er imidlertid usikkert, hvorvidt og hvordan jordens OC-indhold er styrende for nedbrydningen. På jorder med lav drænybde er mængden af fritlagt OC mindre end på fuldt drænede jorder. Den nuværende emissionsopgørelse for de organiske jorder anvender kategoriske EF'er, dvs. fire forskellige EF'er fordelt på hhv. 6-12 % OC og > 12 % OC for hhv. afgrøder i omdrift og vedvarende græs. Arealet og dets anvendelse fås primært fra Landbrugsstyrelsens IMK (Internet Markkort) system. Præcisionen på den nationale opgørelse afhænger af, om de anvendte EF'er er repræsentative for de fire kategorier. De nuværende EF'er blev udarbejdet af DCA i 2010 på baggrund af danske målinger på veldrænede landbrugsarealer. Siden er der kommet flere indikationer på, at mange organiske landbrugsjorder er våde/meget våde, hvilket stiller spørgsmålstegn ved, om de fire kategorier er repræsentative i den nationale opgørelse.

Informationer fra Lavbundsordningen, hvor der angives vandstand før og efter udtagning, viser, at før-vandstanden i mange projekter ikke er repræsentative i forhold til de nationale EF'er, men at de er mere våde. Det betyder alt andet lige, at effekten af Lavbundsordningerne kan være overvurderet som instrument til at nedbringe de danske drivhusgasudledninger.

Mængden af fritlagt organisk tørv på organiske jorder er afgørende for hvor meget, der kan nedbrydes, men der er også en række andre fysisk/kemiske forhold, der bestemmer hastigheden på nedbrydningen. I den henseende bør de organiske jorder opdeles i to typer, dels fuldt drænedede jorder, hvor der ikke er nogen barriere for en fuldstændig nedbrydning, og dels jorder, hvor der er en høj vandstand i jorden, som på sigt vil gøre jorderne så våde, at de ikke egner sig til landbrugsmæssig drift.

For den første type vil jorderne over tid overgå til at skulle klassificeres som mineraljord, og i sidste instans vil de have et organisk kulstofindhold svarende til gennemsnittet på jorder, som har været dyrket i mange år. Her vil der typisk være en tilbageværende organisk mængde kulstof på 50-125 tons C/ha, og en ligevægt vil indtræffe mellem den årlige indbygning af organisk materiale og nedbrydningen af gammelt organisk materiale i jorden. Ligevægtskoncentrationen vil typisk ligge på 1-1,5 % OC. Her vil grundvandsstanden ikke have nogen indflydelse, og jorderne vil have en aftagende emission per ha/år og nærme sig ligevægtstilstanden. Hvordan og hvor hurtigt denne ligevægt indtræder er ikke særligt godt belyst.

For den anden type organiske jorder er det tykkelsen af det organiske lag og afstanden til grundvandet, som er afgørende for emissionen. Ved et tykt drænet lag, hvor der er mulighed for gendræning, vil der typisk være en "relativ konstant" emissionsfaktor per ha mange år fremover. For jorder, som ikke kan drænes dybere, vil emissionen aftage over tid som følge af en mindre mængde organisk materiale i den drænedede zone.

På baggrund af en omfattende datasyntese fra tyske organiske jorder har Tiemeyer et al. (2020) præsenteret en model for jorder > 12 % OC. Denne model indføres i de tyske opgørelser til UNFCCC i 2020-afleveringen. Denne model beskriver emissionen af CO₂ som funktion af den årlige, gennemsnitlige grundvandsstand. DCA og DCE har ikke umiddelbart indvendinger ift. at bruge en grundvandsbetinget model (den tyske model) som grundlag for udarbejdelse af den danske emissionsopgørelse for jorder > 12 % OC. Dette støttes af, at modellen er udviklet under lignende klimatiske og dyrkningsforhold som de danske. Modellen af Tiemeyer et al. (2020) er kontinuerte emissionsfunktioner i forhold til grundvandsstanden. I princippet er der ikke behov for den kontinuerte funktion, hvis man kan gruppere de organiske jorder i arealklasser og ud fra modellen angive en emission for hver klasse. I forbindelse med en fremadrettet proces kan det være nødvendigt at gruppere de tilgængelige data. For at overføre den tyske model til danske forhold er det nødvendigt, at kvalificere om modellens parametrisering er dækkende for de målinger, der eksisterer for danske organiske jorder, dels fra SINKs 1-projektet (Elsgaard et al. 2012) og dels fra øvrige danske studier af organiske jorder med > 12 % OC.

Terrænnær grundvandsstand

DCE notatet af 15. oktober 2019 om svar på Landbrugsstyrelsens bestilling af 28-08-2019 til AU vedr. fejl om udbredelse af organiske jorde (Bilag 2 i Gyl-denkerne, 2019) anvender en terrænnær grundvandsmodel udarbejdet af DCA (Møller et al., 2018) i argumentationen om, at de organiske jorder er mere våde end den veldrænedede status, der ligger til grund for de nuværende fire kategoriske EF'er. Modellen af Møller et al. (2018) er dog ikke særlig præcis på jorder med høj grundvandsstand, hvor den ofte overestimerer den reelle grundvandsstand.

GEUS har, i samarbejde med Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, udarbejdet en ny metode til landsdækkende kortlægning af terrænnært grundvand, med en opløsning på 100 meter subsidiært en nedskalering til 10 meter. Arbejdet forventes afsluttet og den nationale kortlægning stilles frit tilgængeligt i Hydrologisk Informations- og Prognosesystem (HIP) ultimo 2020. GEUS arbejder i denne forbindelse med to testområder, hhv. Odense Å oplandet og Storåen, inden der sker en landsdækkende opskalering. DCE har modtaget foreløbige kort for de to testområder og visuelt sammenholdt dem med de organiske jordbundskort og markkortoplysninger om den aktuelle arealanvendelse. For Odense Å oplandet viser testarealet en rimelig god overensstemmelse mellem den modellerede grundvandsstand og landmændenes afgrødevalg. For Storåen syntes den modellerede grundvandsstand at ligge 20-40 cm dybere end den forventede grundvandsstand ud fra arealernes beskaffenhed og de rapporterede afgrøder, samt når man visuelt sammenligner den modellerede terrænnære grundvandsstand med søer og vandløb i landskabet.

Den nuværende modelopsætning af GEUS-modellen kan derfor ikke umiddelbart anvendes som grundlag for en implementering i emissionsopgørelsen i kombination med Tiemeyer et al. (2020). Dette selvom der kan udarbejdes en kategorisering af modellen i forskellige afstande til terrænnært grundvand.

For begge modeller for terrænnært grundvand er der brug for kalibreringer, førend det kan anbefales, at de indgår i opgørelserne. DCA og DCE er i denne forbindelse enige om at pege på GEUS-modellen som det bedste grundlag, og at DCA stiller måle-/pejledata for lavbundsgrunde til rådighed for GEUS for dennes forbedringer af det eksisterende model set-up, se punkt 3 og 5 under "Procesbeskrivelse".

På længere sigt er der brug for forbedrede opgørelser over terrænnært grundvand. Disse bør dels tage hensyn til nedbrydningen og sætningen af de organiske jorder samt forventede ændringer i terrænnært grundvand som følge af klima-, afvandings- og nedbørsændringer. På den korte bane kan der i beregningerne anvendes tilnærmet værdi for terrænnære grundvandstande. Her tænkes på de pejledata, som blev indsamlet i forbindelse med udarbejdelsen af det organiske jordbundskort i 2010 samt i det foreslåede projekt omkring gensempling på 1.000 punkter på lavbundsgrunde.

6-12 % jorder

6-12 % OC-jorderne udgør et separat problem. I den afrapporterede litteratur har der primært været fokus på højorganogene jorder (ofte > 20 % OC), hvorfor datagrundlaget for 6-12 % OC-jorder er mangelfuldt. På grund af mangelde viden om emissionen fra disse jorder er der i den nationale emissionsopgørelse antaget, at disse har en CO₂-emission på 50 % af jorderne med > 12 % OC. Det organiske jordbundskort for Danmark viser, at vi har et stort areal med disse jorder. En af udfordringerne med disse jorder i den internationale jordbundsklassificering er, at den målemetode, man anvender ved klassificeringen, går ud på, at man udtager en jordprøve og herefter beregner hvor mange procent af prøven, der er organisk kulstof uden skelen til hvor meget OC, der reelt er ude i marken. Upublicerede data fra udarbejdelsen af de organiske jordbundskort viser, at når de organiske jorder dyrkes, stiger volumenvægten. Målinger fra SINKs-projektet viser, at 6-12 % OC-jorderne har en volumenvægt, som er næsten dobbelt så stor som > 12 % OC-jorderne i dybden 0-30 cm. Med andre ord, så kan der være næsten lige så meget fritlagt OC i en 6-12 % OC-jord som i en > 12 % OC-jord. En væsentlig årsag er sandsynligvis, at det organiske lag er blevet tyndere end pløjelaget, og der pløjes sand/jord op i de øverste 30 cm. Det er usikkert, hvad dette betyder for omsætningshastigheden. Flere tyske studier tyder på, at emissionen fra jorder med 6-12 % OC kan være på samme niveau, som emissionen fra jorder med > 12 % OC. Der findes endnu ingen danske målinger, der kvalificerer EF fra jorder med 6-12 % OC. Alt andet lige vil OC-indholdet i disse jorder, hvis de stadig er fuldt dræned, også bevæge sig mod en ligevægt på 1-1,5 % OC og mod en højere volumenvægt.

På kort sigt er der behov for at bestemme den relative betydning af jordens OC-indhold for EF. Dette kræver indsamling af repræsentative organiske jorder med forskelligt OC-indhold, hvor mineraliseringen (CO₂-emission) bestemmes under identiske og kontrollerede forhold mht. temperatur og vandindhold. På længere sigt er der brug for *in situ* målinger, som siger noget om disse jorders nedbrydning af OC. På den korte bane kan der anvendes en tilnærmet værdi for EF i forbindelse med scenariefremskrivninger.

Tidsseriekonsistens

I den nuværende nationale emissionsopgørelse fra 1990 og frem til 2010 er der anvendt to fixpunkter for arealudbredelsen af de organiske jorder. Dels 1975 Arealklassificeringen og dels 2010 Kortlægningen. I 1975 er det organiske landbrugsareal (> 6 % OC) opgjort til 243.000 ha. I 2010 er arealet (> 6 % OC) opgjort til 178.000 ha. Det betyder, at 65.000 ha ikke længere kan klassificeres som organiske jorder med over 6 % OC uden skelen til den tilbageværende mængde OC. I den nationale opgørelse er disse 65.000 ha afskrevet lineært over perioden 1975 til 2010. I opgørelsen fra 2010 og frem er de 178.000 ha fastholdt, dog med undtagelse af arealer som er overgået til vådområder og skov. I de nationale opgørelser er der derfor et større fald i rapporteringen fra 1990 og frem til 2010 end efter 2010.

Alt andet lige så falder emissionen over år som følge af, at der er en mindre mængde OC ude i landbrugsarealerne, som kan nedbrydes. Dette er ikke indregnet i opgørelsen for perioden efter 2010. På den anden side så er inddragelse af ændringer i arealudbredelsen fra 1975 til 2010 heller ikke korrekt, fordi der her er tale om en simpel omklassificering af jorderne til en jordbundsklasse, som har en lavere EF eller slet ikke nogen emission. Dette er helt

analogt til 6-12 % OC diskussionen, se ovenfor. I tillæg til dette viser volumenmålingerne i SINKs-projektet, at jorder med 3-6 % OC har en endnu højere volumenvægt end 6-12 % OC-jorderne, så også her vil mængden af fritlagt OC være større end ændringen i kulstofprocenten. Også disse jorder vil netto afgive CO₂ indtil en endelig ligevægt indtræder. Emissioner fra landbrugsjorder med et kulstofindhold på 0-6 % OC bliver dækket af den dynamiske modellering med C-TOOL, fordi initialiseringsværdierne for jordernes kulstofindhold i C-TOOL tager hensyn til den øgede kulstofmængde i denne klasse (C-TOOL er den model, der anvendes i Danmark til beregning af kulstofændringerne i de mineralske landbrugsjorder). Der er ikke noget krav til at af-rapportere 3-6 % OC-klassen særskilt, jf. IPCC's Guidelines.

På længere sigt er der brug for oplysninger om hvorvidt nedbrydningen af OC styres af mængden af fritlagt OC, %OC eller andre forhold der påvirker den mikrobielle aktivitet. Dette kan gøres enten ved at genmåle helt eller delvis i de prøvofelter, der indgik i SINKs-projektet, og lave en simpel afskrivning af arealet som sket fra 1975 til 2010. Et alternativ kan være at opstille en matematisk nedbrydningsmodel, som afskriver mængden af fritlagt OC over tid. Dette svarer i princippet til det, som sker i modelleringen af mineraljorderne med C-TOOL, hvor ændringen modelleres og efterfølgende verificeres mod målinger i kvadratnettet. På den korte bane synes det meget svært at implementere arealafskrivningsmodellen i den nationale opgørelse, fordi der ikke foreligger nogen dokumentation for hvilke arealer, det drejer sig om, og hvor de ligger. Da principperne omkring nedbrydningen samt kendskab til historikken fra 1975-2010 er nogenlunde kendt, kan der i kortsigtet fremskrivninger antages en "omklassificering" af arealer ud fra en forventning - omend denne kan være forbundet med usikkerhed på nuværende tidspunkt.

Kategoriske EF'er versus kontinuerte funktioner

Den terrænnære grundvandsstandsmodel fra GEUS og det organiske jordbundskort fra Aarhus Universitet anvender kontinuerte værdier, som kan kombineres med modellen af Tiemeyer et al. (2020). I princippet kan man derfor beregne en specifik emission for et hvert punkt (30*30 m²) i det organiske jordbundskort. En kontinuert funktion behøver ikke at være bedre end klasseopdelte EF'er kombineret med klasser af terrænnært grundvandsstand og modellen fra Tiemeyer et al. (2020) i klasser, hvis EF'erne er repræsentative. Det betyder, at emissionen kan beregnes på to måder. Fordele og ulemper ved kontinuerte funktioner versus kategoriske EF'er er ikke fuldt belyst og bør undersøges nærmere ud fra specifikke behov.

En traditionel tankegang er at lave et nyt kort over de organiske jorder. Et sådant kort vil vise en nedgang i arealet. Det er det, som er observeret mellem 1975 Kortlægningen og 2010 Kortlægningen. I den nuværende opgørelse er arealet fra 1975 til 2010 lineært afskrevet, hvilket har medført, at i rapporteringsperioden 1990 til 2010 er emissionen faldet som følge af omklassificering af arealer. Denne tilgang kan også anvendes fremadrettet ved at udføre en ny kortlægning om nogle år. En sådan tilgang vil sandsynligvis medføre, at der i den nationale opgørelse kommer til at ske en genberegning tilbage i tid til sidste kortlægning for at kunne indregne en konstateret afskrivning af arealer.

En anden tilgang kan være, at man bibeholder 2010 Kortlægningen, og for hvert punkt/sum af lignende kulstofklasser foretager en afskrivning af den

tilbageværende mængde kulstof indtil en ny ligevægt indtræder. Herved opretholdes et konstant landbrugsareal, som har sin egen klasse, og som over tid vil have en mindre kulstofmængde. Til brug for afskrivningen er der brug for en kontinuert variabel for C-tabet svarende til Tiemeyer et al. (2020). Brugen af en sådan modeltype stiller krav om verificering. Dette kunne tænkes på samme måde, som det emissionsopgørelsen anvender i dag for mineraljordene, hvor modelresultaterne verificeres mod kvadratnettet. Det vurderes, at en sådan model vil være i overensstemmelse med IPCC guidelines som værende Tier 3. I øjeblikket anvendes Tier 2. Indførelse af en sådan model kræver en grundig dokumentation, på et højere niveau end ved anvendelse af Tier 2.

Procesbeskrivelse

Som følge af mange usikre parametre og et behov for en hurtig afklaring er det nødvendigt at klarlægge, hvad der fagligt er muligt og fagligt optimalt.

For at dække behovet for et kvalificeret bud på fremtidige emissioner fra de organiske jorder foreslås følgende proces, se også Tabel 1 nedenfor:

1. april 2020: Fremskrivning af drivhusgasemissioner til Energistyrelsen (ENS)
 - o Fremskrivning med det nuværende opgørelses - set-up, der anvendes i den nationale emissionsopgørelse.

Denne fremskrivning følger den nuværende standard for opgørelsen og forventes ikke at give anledning til yderligere spørgsmål fra EU/UNFCCC.

2. Ultimo 2020: Emissionsopgørelsen udarbejdes til UNFCCC/EU med det nuværende areal og de nuværende EF'er og rapporteres i starten af 2021.

Denne aflevering følger den nuværende standard for opgørelsen og forventes ikke at give anledning til yderligere spørgsmål fra EU/UNFCCC.

3. April 2021: Mulig fremskrivning af drivhusgasemissioner

- o Fremskrivning med det nuværende opgørelses - set-up der anvendes i den nationale opgørelse til EU
- o En scenarieanalyse med "bedste bud" med anvendelsen af 1. generations model for terrænnært grundvandsstand samt eksisterende viden om ændringer i kulstofmængderne til brug for drivhusgasfremskrivningen til 2050, en mulig korrektion af EF for 6-12 % OC jorderne, herunder afskrivning af det organiske landbrugsareal.

Denne fremskrivning følger den nuværende standard for opgørelsen og forventes ikke at give anledning til yderligere spørgsmål fra EU/UNFCCC.

4. Ultimo 2021: Emissionsopgørelsen udarbejdes til UNFCCC/EU med det nuværende areal og de nuværende EF'er og rapporteres i starten af 2022.

Denne aflevering følger den nuværende standard for opgørelsen og forventes ikke at give anledning til yderligere spørgsmål fra EU/UNFCCC.

5. 2022 og efter: Anvendelse af en 2. generations model for terrænnært grundvand kombineret med inddragelse af kortlagt fritlagt OC kombineret med andre fysisk/kemiske egenskaber ved disse jorder forventes at opfylde disse krav. I denne forbindelse besluttes det, i samarbejde mellem GEUS, DCA og DCE, om der bør anvendes kategoriske EF eller kontinuerede funktioner til beregning af emissionen fra de organiske jorder.

Fremskrivninger og afleveringer til EU/UNFCCC forventes at overholde gældende standarder. De data, som ligger til grund for ændringerne, forventes således publiceret i fagfællebedømte (peer-reviewed) tidsskrifter, og Danmark kan i sin afrapportering overgå fra Tier 2- til Tier 3-rapporteringsniveau. For at et land kan overgå fra Tier 2 til Tier 3, skal usikkerheden på opgørelsen grundlæggende blive mindre. Anvendelse af en 2. generations model for terrænnært grundvand kombineret med inddragelse af kortlagt fritlagt OC forventes at opfylde disse krav.

Ad 1) DCE skal foretage en fremskrivning til ENS pr. 1. april 2020

Der foretages udelukkende en fremskrivning med den nuværende viden, svarende til niveauet i den nuværende emissionsopgørelse.

Ad 2) Ingen ændringer i afleveringen til UNFCCC/EU

Ad 3) Det forventes, at DCE i 2021 skal udføre en ny fremskrivning af drivhusgasemissionen for ENS. For at få en mere optimalt fremskrivning anbefales det at inddrage en optimeret bestemmelse af det terrænnære grundvand på baggrund af GEUS's modelleringer. I den forbindelse overdrager DCA data for grundvandspejlingerne fra SINKs-projektet til GEUS, så GEUS kan udarbejde et specielt optimeret 1. generations terrænnært grundvandskort til brug for opgørelserne. 1. generationskortet er en kombination af fysisk baserede numeriske modeller for hele det hydrologiske kredsløb og grundvandsstrømning (DK-Modellen) med de bedste tilgængelige data for terrænnært grundvand i lavbundslande (SINKs-datasættet). GEUS forventer at kunne levere et sådant kort ultimo 2020 for en pris i omegnen af 700-800.000 kr.

Der er brug for en nærmere analyse af vandstande til brug for 1. generationskortet. Et pilotprojekt med fokus på analyse af metode til kortlægning af våde områder ved brug af satellitdata, herunder valg af standardiseret metode til national kortlægning mhb. på evt. national kortlægning fremadrettet. De hyppige satellit observationer kan anvendes til kortlægning af våde arealer. Tidsseriedata kan f.eks. indikere, om et område har været vådt en vis procentdel af året. Resultaterne kan anvendes til optimering af hydrologiske modelberegninger og som del af administrationsgrundlag/et screenings-værktøj til udtagningsordninger. Denne data er væsentlig for emissionsfaktorer pga. fokus på vandniveau i det øverste jordlag (0-40cm). Pilotprojektet udføres i samarbejde med forskningsinstitutioner og koordineres med hydrologiske målinger på jorde til sammenligning mellem manuel og satellit/fly målinger. Pris ca. 1.0 mio. kr.

Til 2021 foretages en sammenstilling af internationale data, og der leveres ultimo 2020 et opdateret fagligt grundlag for præsentation af empirisk EF for danske organiske jorder (> 12% OC) og deres underbygning af den tyske emissionsmodel (Tiemeyer et al., 2020). Dette omfatter målinger udført under SINKs-projektet (2010) og øvrige danske projekter på organiske jorder (2010-2020). Anslået pris er 300.000 kr.

Ad 4) Ingen ændringer i afleveringen til UNFCCC/EU

Ad 5) Til brug for fremskrivningen i 2022 og efter

Det vil være urealistisk at kunne aflevere fuldt dokumenterede emissionsfaktorer i 2022 for alle kategorier, inkl. en helt ny model. Realistisk set vil det tage til 2024 inden alt er fuldt dokumenteret og publiceret i peer-reviewede tidsskrifter. Til brug for fremskrivninger i 2022 og senere afleveringer til UNFCCC/EU i slutningen af 2022 eller 2023 foreslås anvendt en samlet optimeret model, som inkluderer optimeret terrænnært grundvandskort og en afskrivningsmodel af fritlagt OC.

For at opnå dette, bør der iværksættes en delvis gensampling af punkter i SINKs-projektet. Punkterne vælges ud fra, hvor der dels er tilstrækkelige store mængder OC, som ikke har en grundvandsrelateret ændring i nedbrydningen, og dels hvor grundvandet har indflydelse.

1. Der laves en detaljeret opgørelse over de eksisterende databaser over de kulstofriges jorders C-, N-indhold, pH etc. Gennemsnitlige grundvandsdybder samt det fritlagte kulstofindhold.
2. Der udarbejdes en tørveminereringsmodel. Modellen vil bygge på informationer indsamlet i 2010 og 2020/2021, hvor der genbesøges ca. 1.000 lokaliteter. Informationer om den nuværende tørvetykkelse og C-indhold sammenholdes med data fra 2010, samt arealanvendelse og grundvandsstand i den mellemliggende periode. Til udarbejdelse af modeller og kort vil Artificial Intelligence (AI) bliver anvendt. Dette vil ske i tæt samarbejde med GEUS, som i deres grundvandsmodellering anvender de samme teknikker.
3. Ved at sammenligne resultaterne fra de nye målinger med resultaterne fra 2010 vil der blive udarbejdet en model for tørveminerering. Modellen gør det muligt at kortlægge den nuværende kulstofmængde i lavbundsområder ved en fremskrivning fra 2010 til nu samt kunne estimere udviklingen fremadrettet. Hvis dette modelset-up anvendes, bør der indføres en regelmæssig genudtagning af prøver i et givet systematisk udlagt kvadratnet i lighed med C-TOOL modelleringens verificering med kvadratnetmålinger.
4. Ved at kombinere modellen med den kortlagte grundvandsstand udarbejdes kort over den fritlagte kulstofmængde i jorden, kulstofmængden over grundvandsstanden, udbredelsen af tørv i to klasser (6-12 % og > 12 % OC) og den forventede mineraliseringsrate under de nuværende forhold.

Dette projekt kræver opstart forår 2020, hvis resultaterne skal være færdige ved udgangen af 2021. Afskrivningsmodellen baseres på observerede ændringer i OC i SINKs-projektets målepunkter, som omskrives til årlige tab af OC per ton fritlagt OC. Projektet vil dække både 6-12 % OC og > 12 % OC-jorder, hvorfor de forventede udarbejde tabsfaktorer vil dække begge jordklasser. En anslået pris vil være ca. 4,3 mio. kr.

Der findes meget få tal for emissioner fra 6-12 % OC-jorder. Disse jorders udgangspunkt er forbundet med > 12 % OC-jorderne og har samme udgangsmateriale for det organiske stof. Det resterende organiske materiale kan have en anden struktur eller andre kemiske og mikrobielle egenskaber, som gør, at

dets nedbrydningsrate er forskellig fra de højorganogene jorder. I fremskrivningsscenariet, som udføres i 2022, vil der blive anvendt de målinger, der i 2021 gennemføres, og som afklarer forholdet mellem 6-12 % kontra > 12 % jorderne.

Sammenstillingen af danske og internationale data i 2020 danner et opdateret fagligt grundlag for præsentation af empiriske EF for danske organiske jorder (> 12 % OC) og deres underbygning. Samtidig skabes der et grundlag for udvikling af foreløbige estimater for EF for jorder med 6-12 % OC via respirationsmålinger. Dette vil ultimo 2021 levere de første danske data frem mod et vidensgrundlag, der på sigt vil gøre det muligt at præsentere dokumenterede EF for jorder med 6-12 % OC. Pris ca. 1,9 mio. kr. Disse målinger sammenlignes med *in situ* målinger af drivhusgasudledning på en række forskellige lokaliteter i Danmark. Dette udføres i RePeat projektet finansieret af programmet 'Klimaforskning i Landbruget'. En udvidelse af RePeat projektet vil endvidere kunne levere data til verificering af model for terrænnær grundvandsstand samt data på sammenhænge mellem CO₂ og vandstand med høj tidslig opløsning. Pris 750.000 kr.

Dataindsamling af eksisterende målinger for terrænnær grundvandsstand på lavbundslande fra private pumpelag til inklusion i Jupiter-databasen er væsentlig, da der på disse områder unaturligt fastholdes et specifikt grundvandsspejl modelberegninger ikke ellers kan tage højde for. Dataindsamling sker på baggrund af erfaringerne fra HIP-samarbejdet (Hydrologisk Informations- og Prognosesystem) med indhentning af lignende data fra regionerne, men det vil ikke være en del af HIP-samarbejdet (SDFE/GEUS). Pris ca. 500.000 kr.

Pilotprojekt om monitorering af lavbundslandes forsvindingsrate (nedsynkning) i Danmark vha. radar-satellitbilleder, herunder afklaring af den teknologiske modenhed for måling af tørvejordes vertikale bevægelse, idet denne kan være korreleret med drivhusgasudledningen. Udnyttelse af satellitteknologi (Sentinel-1). Pilotprojektet vil være et samarbejde mellem SDFE, GEUS og et eksisterende ph.d.-projekt ved DCE omkring satellitmålinger af de organiske jorder. Pris ca. 500.000 kr. samt 2 mio. kr. til dataindkøb.

Udelades projektet vil det fortsat være muligt at foretage modelberegninger af terrænnært grundvand for lavbundslande men med større usikkerhed omkring estimaterne.

Ved at anvende afskrivningsmodellen kombineret med 2. generationskortet for terrænnært grundvand og Tiemeyer et al. (2020) kan der sandsynligvis udarbejdes en samlet løsning, hvor det ikke er nødvendigt at nedskrive arealet i de forskellige klasser, men tværtimod fastholde arealet og dokumentere en nedgang i den samlede emission fra disse jorder.

Alle forslåede aktiviteter er sammenfattet i tabel 1 nedenfor. Af tabellen fremgår den/de enkelte ansvarlige aktør(er), tidsplan og de anslåede overslagspriser for de enkelte aktiviteter.

Tabel 1. Samlet oversigt over aktiviteter

Tid	Aktivitet	Aktører	Omkostning til projekter
1. marts 2020 -31. december 2021	Koordinering af projekter, inddragelse i analyser, QA/QC, scenariekørsler, møder, osv.	DCE/DCA	Ca. 250.000 kr. til DCE
1. marts 2020 -	Samarbejde mellem DCA og GEUS omkring udvikling af 1. generations grundvandsstandskort for de organiske jorder. Levering af 1. generationskort 1. februar 2021 til DCE	DCA, GEUS	Ca. 700.000-800.000 kr. til GEUS
1. april 2020	Aflevering af fremskrivninger til ENS	DCE	
1. april 2021	Aflevering af fremskrivninger til ENS (P.t. ikke fastlagt)	DCE	
1. april 2020 – 31. december 2021	Gensampling i 1.000 organiske jordbundspunkter samt analyse af data. Kontinueret fremsendelse af grundvandspejledata fra DCA til GEUS til brug for 2. generations grundvandsstandskort	DCA	Ca. 4,3 million kr. til DCA
1. juli 2020 – 31. december 2020	Konsolideret analyse af danske emissionsdata (> 12 % OC) og sammenstilling med internationale data	DCA	Ca. 300.000 kr.
1. april 2020 – 31. december 2020	Analyse af remote sensing data for terrænnært grundvand til brug for 2. generationsgrundvandsstandskort. Kontinueret samarbejde mellem SDFE, GEUS og DCE omkring datavalidering og håndtering	SDFE, GEUS, DCE	Ca. 1,0 million kr. til SDFE
1. oktober 2020 – 31. december 2021	Empirisk analyse af relation mellem CO ₂ emission fra jorder med 6-12 % OC og > 12 % OC. Kampagne <i>in situ</i> måling af CO ₂ emission fra jorder med 6-12 % OC	DCA	Ca. 1.900.000 kr.
1. juli 2020 – 31. december 2020	Årlig eddy flux måling af CO ₂ og CH ₄ ; sammenligning med kammer måling	DCA	Ca. 750.000 kr.
1. januar 2021 - 31. december 2021	Dataindsamling af eksisterende målinger for terrænnær grundvandsstand for lavbundsjord	SDFE, GEUS	Ca. 500.000 kr.
1. januar 2021 - 31. december 2021	Forsvindingsrate. Pilotprojekt – Satellitbaseret monitorering af lavbundsjordens forsvindingsrate	SDFE, DCA	500.000 kr. + 2 mio. kr. til rekvirering af data
Primo 2023/2024	Opdateret emissionsopgørelse med nye EF'er og 2. generationsgrundvandsstandskort	DCE	

Referencer

Anders Bjørn Møller, Christen Duus Børgesen, Eva Overby Bach, Bo Vangsø Iversen og Bjarne Moeslund, Kortlægning af drænedede arealer i Danmark, DCA rapport, nr. 135, 2018

B. Tiemeyer et al.: "A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories, Datasynthesis, derivation and application", 2020, Ecological Indicators, Volume 109

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>

Elsgaard, L., Görres, C-M., Hoffmann, C.C., Blicher-Mathiesen, G., Schelde, K., and Petersen, S.O., 2012, Net ecosystem exchange of CO₂ and carbon balance

for eight temperate organic soils under agricultural management, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 162, 1 November 2012, Pages 52-67.

Gyldenkerne, 2019 https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2019/Genbestilling_vedr._fejl_i_udbredelsen_af_organiske_jorde.pdf

LBST, 2020, Bekendtgørelse om tilskud til vådområdeprojekter og naturprojekter på kulstofrige lavbundsjord, BEK nr 1523 af 16/12/2019 Gældende <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=211862>

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Thomsen, M., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Callesen, I., Caspersen, O.H., Scott-Bentsen, N., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Olsen, T. M. & Hansen, M.G. 2019. Denmark's National Inventory Report 2019. Emission Inventories 1990-2017 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 886 pp. Scientific Report No. 318 <http://dce2.au.dk/pub/SR318.pdf>