

Skitseprojekt Åmosen

Bilag 6 til hovedrapporten

Opgørelse af CO₂-emissioner fra arealer i Åmosens projektområde, som berøres af scenarie 3 og 4.

Af Bent Aaby

Skov- og Naturstyrelsen (SNS) v. skovrider Arne Jørgensen har anmodet om, at der foretages en opgørelse af CO₂-emissioner og CO₂-ækvivalent emissioner fra arealer i Åmosens projektområde, som berøres af scenarie 3 og 4. Emission af drivhusgasser har indflydelse på klimaet og området økologi. Desuden er der knyttet et økonomisk aspekt til emissionen af drivhusgasser, idet de er prissat i en kvoteordning inden for EU. Oplysninger om den årlige emission af CO₂-ækvivalenter har derfor betydning for det forarbejde SNS har iværksat i forbindelse med mulig naturgenopretning i dele af Store Åmose.

1. Baggrund

I forbindelse med Danmarks ratificering af FNs Klimakonvention og Kyoto-protokollen skal Danmark foretage en opgørelse af emissionen af drivhusgasser. Den offentliggøres og indberettes til FNs Klimapanel (IPCC) og EU.

FNs Klimakonvention har til formål at stabilisere atmosfærens indhold af drivhusgasser på et niveau, der forhindrer farlige menneskeskabte klimaændringer. Konventionen nævner også, at stabiliseringen skal ske på en måde, der giver økosystemerne mulighed for at tilpasse sig på en naturlig måde. Klimakonventionen blev vedtaget i 1992 ved Rio-konferencen om bevaring af den biologiske mangfoldighed, hvor bl.a. Danmark underskrev konventionen. Den trådte i kraft i 1994. Siden er der holdt flere internationale konferencer til opfølgning og udvikling af konventionens ord og ånd. Den vigtigste af disse konferencer blev holdt i 1997 i Kyoto, Japan, og den mundede ud i vedtagelsen af den såkaldte Kyoto-protokol. Danmark ratificerede protokollen i 2002 sammen med de øvrige EU-lande.

2. Kyoto-protokollen og Danmark

Kyoto-protokollens målsætning er, at de industrialiserede lande skal reducere deres udslip af drivhusgasser med mindst 5% i forhold til niveauet i 1990, regnet som et gennemsnit over forpligtelsesperioden 2008-2012. EU skal under ét opfylde denne forpligtelse, men ikke alle lande skal reducere lige meget. Danmark har forpligtiget sig til at reducere emissionen med 21% i første forpligtelsesperiode.

Kyoto-aftalen omfatter 6 drivhusgasser: kuldioxid (CO₂), methan (CH₄), lattergas (N₂O), samt industrigasserne HFC'er, PFC'er og SF₆. Denne rapport omhandler kun de naturligt dannede gasser.

De vigtigste kilder til drivhusgasser fra landbrug og anden arealanvendelse i det åbne land er CO₂, CH₄ og N₂O (Mikkelsen et al. 2005). CO₂ kommer mest fra ændringer i jordens kulstof-balance og fra brug af jordbrugskalk. CH₄ stammer primært fra drøvtyggenes fordøjelse og lagring af husdyrgødning, mens N₂O stammer fra kvælstofomsætningen (IPCC 2004, Olsen et al. 2004).

I Danmark har Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) udarbejdet metoder til emissionsopgørelser fra det åbne land (Gyldenkerne et al. 2005). De anvendte opgørelsesmetoder følger de forskrifter, der er udarbejdet af IPCC (2004). Metoderne er tilpasset danske forhold. Ved opgørelse af CO₂ emissioner fra Lille Vildmose anvendes DMUs beregningsmetoder og standardtal (Gyldenkerne et al. 2005). Desuden anvendes egne estimater for emissionsfaktoren for næringsholdig tørv, hvor det skønnes at give et mere retvisende beregningsresultat. Det samme gælder emissionsfaktorerne for N₂O og CH₄.

Der foretages en opgørelse af den samlede CO₂-emission og den samlede CO₂-ækvivalent emission fra de dele af forprojektområdet, der berøres af henholdsvis scenario 3 og 4.

3. Model for beregning af emission fra organiske jorde

CO₂-emissionen estimeres ud fra arealet efter formlen (Gyldenkerne et al. 2005):

$$\text{CO}_2 - \text{C} = A_{\text{DOS}} \times \text{EF}_{\text{DOS,CO}_2} \quad (\text{A})$$

Hvor A_{DOS} er arealet og $\text{EF}_{\text{DOS,CO}_2}$ er CO₂-emissionsfaktoren.

Til beregning af CO₂-emissionen anvendes IPCC Tier 1 standardfaktorer for tempererede områder. Emissionsfaktoren for omdriftarealer i den nordlige temperede klimazone sættes til 8 tons C ha⁻¹år⁻¹.

For arealer, der henligger som dræned græsarealer, og som er tilført gødning, anvendes som standard emissionsfaktor 4 tons C ha⁻¹år⁻¹ (jævnfør tabel 13, Gyldenkerne et al. 2005). Dræningen er dog næppe så intensiv, at græsarealets øverste tørvelag kan betegnes som tør. Der anvendes derfor en subjektivt ansat standardfaktor på 3 tons C ha⁻¹år⁻¹, der ligger lidt højere en gennemsnittet mellem standardemissionen for våd og tør bund. Tørvelaget betragtes i alle beregninger som dyb (se tabel 13, Gyldenkerne et al. 2005).

For naturområder sættes standard emissionsfaktoren til 200 kg C ha⁻¹år⁻¹ for de mest næringsfattige områder. For næringsrige moser er IPCC-emissionsfaktoren 1000 kg C ha⁻¹år⁻¹. Mange steder er højmosetørven bortgravet, og da den underliggende sumptørv er mere næringsholdig end højmosetørven anvendes tillige en subjektivt ansat standardfaktor for middelnæringsholdig tørv på 500 kg C ha⁻¹år⁻¹.

N₂O -emissionen. Under nedbrydning af organisk stof frigøres kvælstof. En del af kvælstoffet omdannes til lattergas, N₂O, som er en aggressiv drivhusgas, der har en 310 gange kraftigere effekt end CO₂. Emissionen af N₂O bestemmes ud fra mængden af omsat N. Generelt gælder det, at des højere indholdet er af organisk stof, des højere er C/N forholdet. For N₂O-emissionen fra tidligere tørveindvindingsarealer og fra tilgroede tørveindvindingsarealer anvendes C/N-værdien 36 i lighed med DMU (Gyldenkerne et al. 2005).

Den samlede mængde N₂O -N beregnes efter formlen:

$$N_2O - N = A_{DOS} \times EF_{DOS,N_2O} \quad (B)$$

Hvor A_{DOS} er arealet og EF_{DOS,N₂O} er den aktuelle emissionsfaktor for N₂O.

Emissionsfaktoren for N₂O beregnes ud fra omsætningen af kulstof efter formlen:

$$EF_{DOS,N_2O} = CO_2 - C \times 1/(C/N) \times 0,0125 \quad (C)$$

Hvor CO₂ - C er mængden af omsat kulstof. C/N er som omtalt sat til 36. Faktoren 0,0125 er emissionsfaktoren for N₂O - N, idet 1,25% af den dannede mængde N er N₂O (IPCC 1996).

CH₄-emissionen opgøres efter formlen:

$$CH_4 - C = A_{DOS} \times EF_{DOS,CH_4} \quad (D)$$

Hvor A_{DOS} er arealet og EF_{DOS,CH₄} er emissionsfaktoren for CH₄. Som emissionsfaktor anvendes IPCC Tier 1 faktoren for næringsfattig mose på -20kg CH₄ - C ha⁻¹år⁻¹ for tempererede områder.

CH₄-emissionen har en positiv effekt på C-emissionsregnskabet, idet der bindes C. Derfor angives emissionsfaktoren med en minus-værdi.

Ved omregning af CH₄ til CO₂-ækvivalenter anvendes en faktor 21, idet CH₄ har en kraftigere effekt end CO₂.

4. Arealopgørelser

I scenario 1 og 2, er de vandækkede arealer for små til at man kan lave sikre beregninger. Derfor er disse ikke inkluderet i beregningerne nedenfor. For scenario 3 og 4 derimod vil de vanddækkede beregninger være store nok til at man kan lave rimeligt sikre beregninger.

Arealer der påvirkes af vandstandsstigning i hhv. scenario 3 og 4 er som følger:

	Scenario 3	Scenario 4	CO ₂ -emissionsfaktor, C ha ⁻¹ år ⁻¹
Omdrift	574 ha	714 ha	8,0 tons
Græs	3 ha	5 ha	3,0 tons
Natur, meget næringsfattig dyb organisk jord, anslået	4 ha	4 ha	0,2 tons
Natur, +/- næringsfattig dyb organisk jord, anslået	300 ha	345 ha	0,5 tons
Natur, næringsrig dyb organisk jord, anslået	300 ha	345 ha	1,0 tons
I alt areal	1181 ha	1413 ha	

5. Beregning af emissioner

Scenario 3, areal-relateret emission

Omdriftsareal.	574 ha á 8 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹	4592,0 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹
Græs.	3 ha á 3 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹	9,0 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹
Natur, meget næringsfattigt.	4 ha á 0,2 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹	0,8 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹
Natur, +/- næringsfattigt.	300 ha á 0,5 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹	150,0 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹
Natur, næringsrig	300 ha á 1,0 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹	<u>300,0 tons C ha⁻¹år⁻¹</u>
I alt årlig C-emission		5051,8 tons C år ⁻¹

I alt årlig CO₂ emission: 5051,8 tons C år⁻¹ x 3,664

18.509,8 tons CO₂ år⁻¹

Bemærkninger

Ved at anvende de nævnte emissionsværdier for de forskellige typer organisk jord vil CO₂-emissionen i undersøgelsesområdet være på ca. 18.510 tons CO₂ år⁻¹. Beregningerne er imidlertid behæftet med en række usikkerheder, særligt vedrørende bestemmelse af tørvens næringsindhold og fugtighed. Begge forhold har stor betydning for tørvens nedbrydningsrate og dermed for den årlige CO₂-emission.

Der foreligger ikke pålidelige tal for tørvens næringsindhold, som kan danne grundlag for beregning af større arealers gennemsnitlige næringsstofftilstand i undersøgelsesområdet. Arealinddelingen og klassificering af arealerne i undersøgelsesområdet er baseret på deres anvendelse og drift. Det er nogen usikkerhed forbundet med denne inddeling.

Ved at anvende de nævnte CO₂-emissionskonstanter fås en lavere årlig CO₂-emission, end når DMUs standardtal anvendes. Beregningerne er som nævnt behæftet med en betydelig usikkerhed.

Det fremgår dog tydeligt, at den store CO₂-emission foregår fra omdriftsarealer og græsarealer, hvorimod emissionen fra natur-arealerne er væsentlig lavere.

Scenario 3, beregning af emission af CO₂-ækvivalenter

CO₂, N₂O og CH₄ indgår alle i beregningen af CO₂-ækvivalenterne, som er den enhed Kyoto-protokollen anvender som beregningsenhed. CO₂ og N₂O bidrager til kulstofemissionerne, mens CH₄ binder kulstof og derfor reducerer den samlede kulstofemission.

N₂O-emission

Beregning baseret på formel (B) og (C).

Emissionen baseret på DMU-retningslinier:

$$\begin{aligned} \text{N}_2\text{O år}^{-1}: & 5051,8 \text{ tons C år}^{-1} \times 1/36 \times 0,0125 \times 44/28 = & 2,756 \text{ tons N}_2\text{O år}^{-1} \\ \text{CO}_2\text{-ækv.år}^{-1}: & 2,756 \text{ tons N}_2\text{O} \times 310 = & \mathbf{854,4 \text{ tons CO}_2\text{-ækv.år}^{-1}} \end{aligned}$$

Bemærkninger

Usikkerheden på beregning af N₂O-emissionen fra organiske jorde anses at være betydelig – måske op til 75-80% på landsplan (Gyldenkerne et al. 2005). Dette kan også gøre sig gældende for den areal-relaterede emission i undersøgelsesområdet.

N₂O er en meget aggressiv drivhusgas og gødskning med kvælstofgødning har derfor stor betydning for områdets produktion af CO₂-ækvivalenter.

DMU (Gyldenkerne et al. 2005) har beregnet, at den gennemsnitlige N₂O-emission fra danske organiske jorde er 4,4 kg N₂O ha⁻¹år⁻¹. Til sammenligning er den tilsvarende emission fra undersøgelsesområdet ved scenario 3 på 2,33 kg N₂O ha⁻¹år⁻¹. De lavere værdier fra Åmosen, scenario 3 skyldes antagelig, at ca. halvdelen af området i scenario 3 henligger som natur og antages at have et højt C/N forhold (værdi 36) end gennemsnittet for organiske jorde i Danmark.

CH₄-emission

Beregning er baseret på formel (D).

Emission baseret på DMU-retningslinier er som følger:

CH ₄ -C:	1181 ha x -20 kg CH ₄ =	23,62 tons CH ₄ - C år ⁻¹
CH ₄ :	23,62 tons C x 16/12 =	31,49 tons CH ₄ år ⁻¹
CO ₂ -ækv.år ⁻¹ :	31,49 tons CH ₄ år ⁻¹ x 21 =	-661,29 tons CO₂-ækv.år⁻¹

Bemærkninger

I lighed med N₂O-emissionen er beregningerne af CH₄-emissionen også behæftet med store usikkerheder. Det gælder bl.a. fastsættelse af tørvens fugtighed på areal-skala. DMU anvender en standard emissionsfaktor på -20 kg CH₄-C, men i store dele af undersøgelsesområdet er tørvn næppe helt tør, som antaget i DMU-retningslinierne. Det betyder, at CH₄ emissionen må antages at være lidt højere end angivet i beregningerne. Det er imidlertid vanskeligt at vurdere, hvor meget højere den er.

Samlet emission fra Scenario 3 undersøgelsesområdet målt som CO₂-ækvivalenter pr. år

CO ₂ -emission	18.509,8 tons CO ₂ -ækv.år ⁻¹
N ₂ O-emission	854,4 tons CO ₂ -ækv.år ⁻¹
CH ₄ -emission	<u>- 661,3 tons CO₂-ækv.år⁻¹</u>
I alt	18.702,9 tons CO₂-ækv.år⁻¹

Bemærkninger

Den samlede emission af CO₂-ækvivalenter pr arealenhed er for hele scenario 3 ca. 15,8 tons CO₂-ækv ha⁻¹år⁻¹. Til sammenligning er den tilsvarende emission fra danske organiske jorde i gennemsnit 14,7 tons CO₂-ækv. ha⁻¹år⁻¹ (Gyldenkerne et al. 2005). Scenario 3 giver således en gennemsnitlig emissionsværdi, der ligger tæt på landsgennemsnittet.

Scenario 4, areal-relateret emission

Omdriftsareal.	714 ha á 8 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹	5712,0 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹
Græs.	5 ha á 3 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹	15,0 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹
Natur, meget næringsfattigt.	4 ha á 0,2 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹	0,8 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹
Natur, +/- næringsfattigt.	345 ha á 0,5 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹	172,5 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹
Natur, næringsrig	345 ha á 1,0 tons C ha ⁻¹ år ⁻¹	<u>345,0 tons C ha⁻¹år⁻¹</u>
I alt årlig C-emission		6245,3 tons C år ⁻¹

I alt årlig CO₂ emission: 6245,3 tons C år⁻¹ x 3,664

22.882,8 tons CO₂ år⁻¹

Bemærkninger

Se bemærkninger til Scenarie 3.

Scenario 4, beregning af emission af CO₂-ækvivalenter

CO₂, N₂O og CH₄ indgår alle i beregningen af CO₂-ækvivalenterne, som er den enhed Kyoto-protokollen anvender som beregningsenhed. CO₂ og N₂O bidrager til kulstofemissionerne, mens CH₄ binder kulstof og derfor reducerer den samlede kulstofemission.

N₂O-emission

Beregning baseret på formel (B) og (C).

Emissionen baseret på DMU-retningslinier:

$$\begin{aligned} \text{N}_2\text{O år}^{-1}: & 6245,3 \text{ tons C år}^{-1} \times 1/36 \times 0,0125 \times 44/28 = & 3,407 \text{ tons N}_2\text{O år}^{-1} \\ \text{CO}_2\text{-ækv.år}^{-1}: & 3,407 \text{ tons N}_2\text{O år}^{-1} \times 310 = & \mathbf{1056,2 \text{ tons CO}_2\text{-ækv.år}^{-1}} \end{aligned}$$

Bemærkninger

Se scenarie 3.

DMU (Gyldenkerne et al. 2005) har beregnet, at den gennemsnitlige N₂O-emission fra danske organiske jorde er 4,4 kg N₂O ha⁻¹år⁻¹. Til sammenligning er den tilsvarende emission fra undersøgelsesområdet ved scenario 4 på 2,41 kg N₂O ha⁻¹år⁻¹. De lavere værdier fra Åmosen, scenarie 4 skyldes antagelig, at ca. halvdelen af området i scenarie 4 henligger som natur og antages at have et højt C/N forhold (værdi 36) end gennemsnittet for danske organiske jorde.

CH₄-emission

Beregning er baseret på formel (D).

Emission baseret på DMU-retningslinier er som følger:

$$\begin{aligned} \text{CH}_4\text{-C:} & 1413 \text{ ha} \times -20 \text{ kg CH}_4 = & 28,26 \text{ tons CH}_4\text{-C år}^{-1} \\ \text{CH}_4: & 28,26 \text{ tons C} \times 16/12 = & 37,68 \text{ tons CH}_4\text{ år}^{-1} \\ \text{CO}_2\text{-ækv.år}^{-1}: & 37,68 \text{ tons CH}_4\text{ år}^{-1} \times 21 = & \mathbf{-791,3 \text{ tons CO}_2\text{-ækv.år}^{-1}} \end{aligned}$$

Bemærkninger

Se scenarie 3.

Samlet emission fra Scenario 4 undersøgelsesområdet målt som CO₂-ækvivalenter pr. år

CO ₂ -emission	22.882,8 tons CO ₂ -ækv.år ⁻¹
N ₂ O-emission	1.056,2 tons CO ₂ -ækv.år ⁻¹
CH ₄ -emission	<u>- 791,3 tons CO₂-ækv.år⁻¹</u>
I alt	23.147,7 tons CO₂-ækv.år⁻¹

Kommentarer

Den samlede emission af CO₂-ækvivalenter pr arealenhed er for hele scenarie 4 ca. 16,4 tons CO₂-ækv ha⁻¹år⁻¹. Til sammenligning er den tilsvarende emission fra danske organiske jorde i gennemsnit 14,7 tons CO₂-ækv. ha⁻¹år⁻¹ (Gyldenkærne et al. 2005). Scenarie 4 giver således en gennemsnitlig emissionsværdi, der ligger tæt på landsgennemsnittet.

6. CO₂-kvoter og økonomi

For at opfylde EU's forpligtigelse i hht. Kyoto-protokollen (se afsnit 2), er der indført et kvotesystem, hvor CO₂-ækvivalenter frit kan omsættes. I 2002 regnede regeringen med en pris på 120 kr. for 1 tons CO₂-ækvivalent. Prisen er politisk fastsat og beregnet på danske tiltag.

Anvendes denne kvotepris på den aktuelle emission af drivhusgasser for scenario 3 og 4, så er resultatet som følger:

Scenarie 3:		
18.702,9 tons CO ₂ -ækv.år ⁻¹ á 120 kr. tons ⁻¹ =		2.24 mio. kr. år⁻¹
Scenarie 4:		
23.147,7 tons CO ₂ -ækv.år ⁻¹ á 120 kr. tons ⁻¹ =		2.78 mio. kr. år⁻¹

Ved gennemførelse af et naturgenopretningsprojekt baseret på hhv scenario 3 og 4, vil der kunne spares et beløb som angivet ovenfor, såfremt vandstanden kommer til at ligge i den højde, som COWI A/S har beregnet for hhv. scenarie 3 og 4. Scenarie 3 og 4 vil være tørvedannende i store områder og antages at binde mere kulstof end der frigives til atmosfæren.

7. Litteratur

- Gyldenkærne, S., Münier, B., Olsen, J.E., Olesen, S.E., Petersen, B.M. & Christensen, B.T. 2005a. Opgørelse af CO₂-emissioner fra arealanvendelse og ændringer i arealanvendelse LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry). Metodebeskrivelse samt opgørelse for 1985 – 2002, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning. Rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser (under trykning).
- IPCC 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Tilgængelig på internettet: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>
- IPCC 2004. Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry (eds. Penman, J. et al.). Tilgængelig på internettet: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>
- Mikkelsen, M.H., Gyldenkærne, S., Poulsen, H.D., Olsen, J.E. & Sommer, S.G. 2005. Opgørelse og beregningsmetode for landbrugets emissioner af ammoniak og drivhusgasser – i perioden 1985 – 2002, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning. Rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser (under trykning).
- Olsen, J.E., Gyldenkærne, S., Petersen, S.O., Mikkelsen, M.H., Jacobsen, B.H., Vesterdal, L., Jørgensen, A.M.K., Christensen, B.T., Abildtrup, J. Heidmann, T. & Rubæk, G. 2004. Jordbrug og klimaændringer – samspil til vandmiljøplaner. Danmarks JordbrugsForskning. DJF rapport. Markbrug 109: 1-177.