

Tørvens klimabalance

Et forskningsprojekt skal afklare, om Danmark kan komme nærmere Kyoto-målene ved at binde CO₂ i bl.a. landbrugsjord. Det sker på baggrund af 10.000 borer og gasmålinger på tørvejrde over hele landet.

Af Søren O. Petersen, Mogens H. Greve, Carl Chr. Hoffmann, Poul Erik Lærke og Carolyn Schäfer

■ Med Kyoto-aftalen blev Danmark pålagt at reducere udledningen af drivhusgasser til 55 mio. tons CO₂-ækvivalenter pr. år i perioden 2008-2012. Men i 2008 var den samlede udledning af drivhusgasser endnu langt over målet – næsten 67 mio. tons CO₂-ækv. På den baggrund besluttede den danske regering, som et af de første lande i verden, at gøre brug af en tillægsparagraf til Kyoto-aftalen, der bl.a. handler om kulstoflagring i landbrugsjorden.

Tillægsparagraffen (Artikel 3.4) gør det bl.a. muligt at indregne ændringer i jordens kulstofreserver, som skyldes en ændret dyrkningspraksis. En ændret dyrkningspraksis kan f.eks. være at halm efter høst pløjes ned i stedet for at blive brændt af, eller at man i højere grad bruger efterafgrøder i sædskiftet, som binder kulstof i planterester.

Beslutningen om at benytte



På udvalgte marker blev der udpeget 3 x 2 felter til måling af gasudvekslingen mellem jord og atmosfære. Desuden var der udstyr til måling af klimavariabel, grundvandsstand mm.

artikel 3.4 udløste en stor indsats for at dokumentere, i hvilket omfang Danmark har opnået en reduktion af drivhusgasudledningen ad den vej.

Ændringer i landbrugsjordens

kulstofindhold beregnes med en model. Modellen kan dog ikke håndtere tørvejrde, og for denne jordtype var der derfor brug for at dokumentere effekten af dyrkningspraksis gennem

nye målinger.

Tørvejord skal drænes, før den er anvendelig til landbrugsformål. Men derved nedbrydes tørven, og i sidste ende vil tørven helt forsvinde. Kulstoffet i

tørven omdannes til drivhusgasen CO_2 .

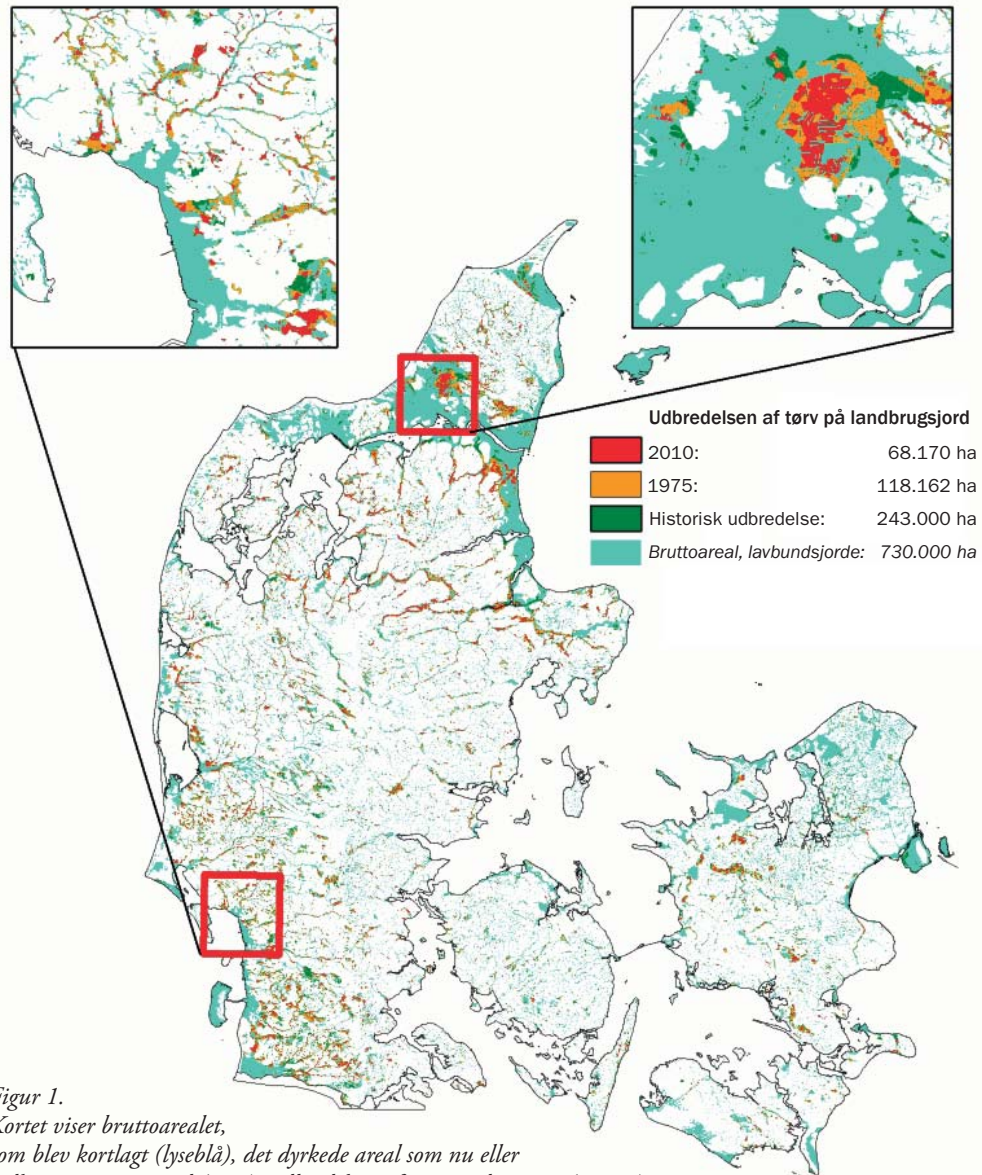
Udover CO_2 er tørvejerde også en vigtig kilde til drivhusgasserne lattergas (N_2O) og metan (CH_4). Lattergas og metan er meget stærke drivhusgasser med en effekt, som er hhv. 298 og 25 gange kraftigere end effekten af CO_2 (med en tids horisont på 100 år). Når man ser på tørvejerde er det derfor ikke nok at måle ændringen i kulstoflagring – det er nødvendigt at bestemme den samlede drivhusgasbalance.

Et nyt Danmarkskort

Første opgave var at bestemme arealet med tørvejord i Danmark i dag. Forudsætningen for, at der kan opbygges tørvelag i jorden er, at et område har naturligt våde jordbundsforhold. Ved at studere historiske kort kunne vi udpege et bruttoareal af landbrugsjord på i alt 730.000 hektar, som er eller har været våde og derfor potentielt kunne være tørvejord. En nærmere analyse, hvor flere data blev inddraget, antydede, at et areal på 243.000 hektar havde været tørvejord på et eller andet tidspunkt i historien.

Inden for dette areal blev der i løbet af 2009 og 2010 lavet ca. 10.000 nye borer, som var repræsentativt fordelt over hele Danmark, men altså kun på arealer, som kunne være tørvejord. Hvert sted blev plantedækket beskrevet, og der blev taget landskabsbilleder. Der blev også udtaget jordprøver i hele tørvelagets tykkelse, som blev analyseret for kulstof- og kvælstofindhold samt volumenvægt.

Resultaterne af disse undersøgelser viste, at der kun var tørv i 17 % af borerne, hvilket svarer til at det nuværende tørveareal er på kun ca. 68.000 hektar. Sammenlignet med den seneste opgørelse fra 1975 betyder det, at et areal på omkring 50.000 hektar nu ikke længere opfylder definitionen på en tørvejord (se boks 1). Men selvom dette areal ikke længere kan kaldes tørvejord, har det stadig et højt kulstofindhold og dermed et forhøjet tab af kulstof i form af CO_2 til atmosfæren.



Figur 1. Kortet viser bruttoarealet, som blev kortlagt (lyseblå), det dyrkede areal som nu eller tidligere var tørvejord (grøn), udbredelsen af tørvejord i 1975 (orange) og udbredelsen af tørvejord i dag (rød). Siden 1975 er arealet med tørvejord reduceret med mere end 40 %.

Tørvejord

Boks 1: Dyrkningsjorden i Danmark kan groft set opdeles i mineraljord og tørvejord på grundlag af indholdet af organisk stof. Ifølge FN's fødevarer- og landbrugsorganisation (FAO) defineres en (veldrænet) jord som tørvejord (organic soil = organisk jord), hvis den indeholder mindst 12 % organisk bundet kulstof. Det samlede landbrugsareal er på mere end 2,5 mio. hektar, hvoraf mere end 95 % er mineraljorde. Alligevel skønnes det, at over halvdelen af kulstoffabet fra dyrkningsjorden sker fra de få procent, som er tørvejord.

En tørvejord, eller organisk jord, består helt overvejende af organisk materiale dvs. døde plantedele, der er ophobet gennem mange år under vanddækkede forhold. Overordnet findes der to typer tørvejord: højmosetørv og lavmosetørv.

Højmosetørv er dannet i områder, hvor den primære vandforsyning er regnvand. Højmosetørv består næsten 100 % af organisk materiale. Lavmosetørv er typisk dannet langs åer, hvor der tilføres grundvand og mineraler fra oplandet, eventuelt suppleret med vand og mineralske partikler tilført fra åen i forbindelse med oversvømmelser. Lavmosetørv har derfor et større mineralindhold end højmosetørv.

Ikke alle dele af det organiske materiale nedbrydes lige hurtigt, selv i en veldrænet jord. I modeller indgår der typisk en letnedbrydelig pulje (FOM – Fresh organic matter) med halveringstid på 0,6-0,7 år, en humuspulje (HUM – humified organic matter) med halveringstid på ca. 50 år, og en restpulje (RES – residual organic matter) med halveringstid på 600-800 år. Kilde: FAO (1998).

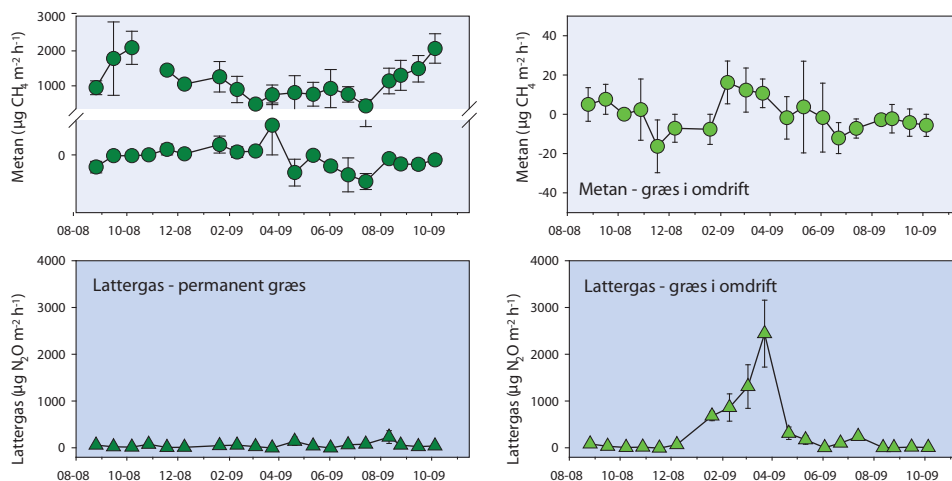


Figur 2. Marker til monitorering af drivhusgasser (røde cirkler) igennem et år blev fundet i tre regioner med forskelle i klima- og jordbundsforhold.

Foto: Anders H. Nielsen

Planten lysesiv gav anledning til ekstra udledning af metan.

Måling af drivhusgasbalancer (boks 2)



Delfigurene viser udvalgte måleresultater fra to græsmarker i St. Vildmose – øverst metan (CH_4) og nederst lattergas (N_2O). Som det ses, var der størst udledning af N_2O fra græsmarken i omdrift, hvor jorden med jævne mellemrum pløjes. Udvekslingen af CH_4 var generelt lav, men med en markant undtagelse: I to ud af seks målefelter med lysesiv var der året rundt en høj udledning.

Måling af udvekslingen af drivhusgasser mellem jord og atmosfære blev i undersøgelsen beskrevet i denne artikel foretaget med kamre. Der blev anvendt to slags kamre: et hvidt kammer til måling af CH_4 og N_2O , og et gennemsigtigt kammer til måling af CO_2 for at tage højde for planternes fotosyntese. Kammeret til CO_2

er gennemsigtigt og med aktiv køling – alligevel kan der kun måles i 2-minutters perioder, hvis man vil undgå at forstyrre planternes aktivitet.

Der er fordele og ulemper ved brug af kammermetoder. Det er en fordel, at man kan relatere den målte udledning eller optagelse af en gas til bestemte jordbundsforhold ved

målepunktet, f.eks. grundvandsstand eller vegetation. Ulempen er, at det er en punktmåling og derfor afhængig af, at de punkter, man vælger, er repræsentative. Der findes også en anden målemetode, som integrerer over et større areal, og som kan anvendes kontinuerligt, fordi man ikke forstyrrer jord og vegetation (se artikel side 33).

Drivhusgasbalancer

Tørvejord anvendes primært til afgræsning – enten på permanente græsarealer eller græsmarker i omdrift (dvs. del af et sædkifte) – eller til andre afgrøder i omdrift. For at opgøre drivhusgasbalancer for de drænedede tørvejerde i Danmark udvalgte vi otte marker, som ud fra en række kriterier som f.eks. klima (temperatur, solindstråling og nedbør), landskabstype og arealanvendelse blev anset for repræsentative. De otte marker omfattede tre marker med permanent græs, to med græs i omdrift, to med vårbyg og en mark med kartofler. I en målekampagne over 14 måneder målte vi udvekslingen af drivhusgasserne CO_2 , CH_4 og N_2O mellem jord og atmosfære for hver af disse marker.

Resultaterne viste, at drivhusgasbalancen alle steder var positiv – dvs. de drænedede tørvejerde var alle en nettokilde til drivhusgasser (se figur 3). Den relative betydning af CO_2 , CH_4 og N_2O varierede dog meget. Lattergas havde især stor betydning på marker i omdrift, hvor både mineralisering af kvælstof fra tørv og tilført gødning kan



Foto: Poul Erik Lærke

Høst af rørgræs i Nørreådal mellem Viborg og Randers.

bidrage til udledningen. Jorden på de to marker med størst udledning af N_2O var meget sur under pløjelaget (pH 4), og der var et højt niveau af sulfat i grundvandet. Permanente græsarealer havde den laveste samlede udledning af drivhusgasser.

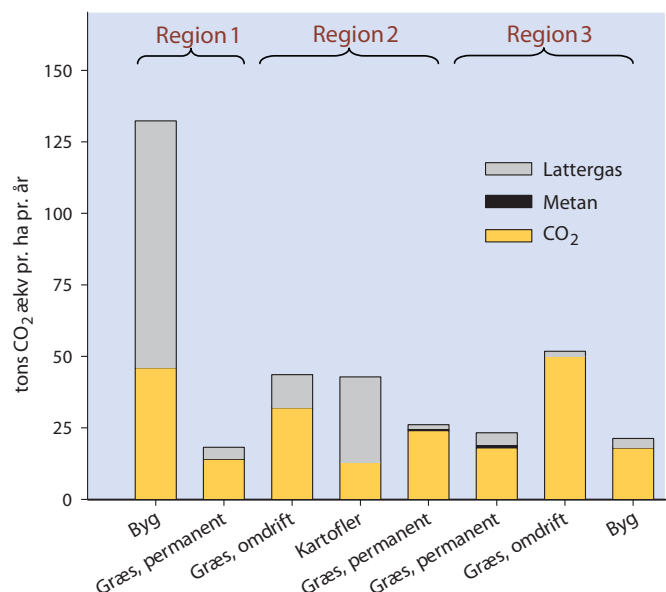
Generelt var udledningen af metan fra jorderne lav, hvilket skyldes at tørvejorderne i denne undersøgelse alle var dræned. Når tørvejord drænes opstår der en umættet (iltholdig) zone i jorden, hvor bakterier kan nedbryde metan, før den når atmosfæren. Men selv på disse dræned arealer var der målefejl på to forskellige græsarealer med en markant udledning af metan over hele året. De var interessant nok alle karakteriseret ved, at der voksede lysesiv (se boks 2). Spredningen af lysesiv

på afgræsningsarealer er et kendt problem, så der er behov for mere viden om betydningen af lysesiv som indikator for udledning af metan (se også artiklen side 29).

I løbet af 2011 vil drivhusgasbalancerne blive opskaleret til landsplan på grundlag af den nye kortlægning, klimadata og landbrugsstatistik.

Kan planteproduktion på tørvejorde være klimaneutral?

Ifølge Kyoto-aftalen kan en ændret arealanvendelse være et middel til at reducere udledningen af drivhusgasser. En mulighed er at genetablere vådområder ved at afbryde dræningene, hvilket vil bremse nedbrydningen af tørv. En anden mulighed er at dyrke afgrøder



Figur 3. Årlig drivhusgasbalance for hver af de 8 lokaliteter i måleprogrammet. Alle gasstrømme er opgjort i CO_2 -ækvivalenter. Alle disse dræned tørvejorde var en nettokilde til drivhusgasser. Som det fremgår, var betydningen af metan (CH_4) generelt lille.

CO₂-balance og rørgræs

Biomasse, rørgræs 11 tons tørstof pr. ha pr. år, svarende til	-6,2 tons CO ₂ -ækv
Der udledes følgende mængder CO ₂ -ækv pr. ha i hele produktionskæden:	
Netto-udledning af CO ₂ , CH ₄ og N ₂ O fra rørgræsøkosystemet	?
Energi til produktion af tildelt gødning (120 kg N, 30 kg P, 80 kg K)	0,4 ton CO ₂ -ækv
Diesel brugt til maskiner i marken	0,1 ton CO ₂ -ækv
Varme og el på biogasanlæg	0,6 ton CO ₂ -ækv
CH ₄ tab fra biogasanlæg (1%)	0,4 ton CO ₂ -ækv
Samlet drivhusgasbalance	-4,7 tons CO ₂ -ækv

Teoretisk CO₂-balance for en tørveholdig jord, der anvendes til produktion af rørgræs. Hele produktionskæden er medtaget, idet det antages at rørgræsset omdannes til biogas i et biogasanlæg. Når biogassen senere afbrændes, frembringes varme og strøm, og herved undgås (fortrænges) udledning af CO₂ fra fossile brændsler. Bemærk dog, at pga. stor usikkerhed om udledningen af drivhusgasser er der ikke opgivet noget tal for denne post.

til bioenergi. Det vil ikke nødvendigvis forhindre drivhusgasudledninger fra tørvejorden, men plantebiomassen kan til gengæld erstatte (fortrænge) fossile energi. Hvor meget kan drivhusgasudledningen reduceres med en sådan strategi?

En gruppe skandinaviske forskere har på baggrund af den videnskabelige litteratur konkluderet, at dyrkning af korn og andre enårige afgrøder på drænet tørvejord med regelmæssig pløjning og gødskning i gennemsnit udleder 21 tons CO₂-ækv pr. ha. Selv græs, der blot omlægges hvert 4. år, vil udlede en betydelig mængde drivhusgasser. Faktisk tyder den kendte viden på, at udledningen af drivhusgasser fra tørvejord vil fortsætte, selvom landbrugs-mæssig anvendelse helt ophører. Der er dog, ser det ud til, en undtagelse fra denne regel.

Et omfattende finsk forsøg med dyrkning af rørgræs (*Phalaris arundinacea*) i 5 år på en drænet tørvejord blev for nylig offentliggjort. Målinger af CO₂, CH₄ og N₂O viste her samlet set en netto-binding af drivhusgasser på 5,3 tons CO₂-ækv pr. år i gennemsnit. Våde år gav den største kulstoflagring i økosystemet, men selv i de tørre år blev der målt en netto-binding af CO₂. Dette står i kontrast til de meget store nettoudledninger af CO₂ ved dyrkning af andre flerårige afgrøder, der tidligere er publiceret, og resultaterne med rørgræs bør derfor

bekræftes i nye undersøgelser.

Ved Aarhus Universitet er rørgræs i flere år blevet dyrket til bioenergi-produktion i Nørreådal mellem Viborg og Randers. Beregninger af CO₂-balancen for dette system viser, at hvis udledningen af drivhusgasser fra arealet overstiger 4,7 tons CO₂-ækv. pr. ha, så er produktionen af biomasse til energiformål ikke klimaneutral. Denne beregning tager dog ikke hensyn til udledningen af drivhusgasser fra tørvejorden, men kun til biomasse-produktion, energiforbrug og gødningsfremstilling. Vi gennemfører derfor i øjeblikket et nyt måleprogram, som skal give ny viden om udledningerne af CO₂, CH₄ og N₂O ved dyrkning af rørgræs på drænet tørvejord.

Der kan være flere årsager til at rørgræs skiller sig ud som en afgrøde, der måske kan reducere den samlede udledning af drivhusgasser. Når rørgræs først er etableret, så er der ikke behov for yderligere jordbearbejdning i mange år fremover. Endvidere er rørgræs i stand til at vokse under meget fugtige forhold, idet rørgræs i lighed med vandplanter har såkaldt aerenkymvæv (lufttransporterende væv), der forsyner rødderne med ilt, men også kan transportere CH₄ til atmosfæren. Endelig udledes der færre drivhusgasser til atmosfæren, når den overjordiske biomasse høstes, end hvis den efterlades til forrådnelse i marken.

Aktiv planlægning nødvendig

Den nye kortlægning af tørvejord, som anvendes til afgrøder eller dyrkning af salgsafgrøder viser, at arealet er reduceret med omkring 40 % siden 1975. De arealer, som nu ikke længere kaldes tørvejord, har dog fortsat et højt indhold af organisk stof, som kan tabes i form af CO₂ til atmosfæren ved fortsat dræning.

Med tiden vil problemet med udledning af drivhusgasser fra de dyrkede tørvejord selv-følgelig blive mindre, fordi tørvejorderne simpelthen forsvinder! Men inden det kommer så vidt, er det værd at overveje, om der findes mere bæredygtige anvendelser af jorden end i dag.

Som nævnt kan dette være genetablering af vådområder og våde enge, som vil få konsekvenser for både plantesammensætning og drivhusgasbalance (det kan man læse mere om i artiklen side 33). Men der vil også være store arealer, f.eks. de arealer, som ikke længere er "rigtig" tørvejord, der fortsat vil indgå i landbrugsproduktionen. Her kan dyrkning af biomasse til energiformål måske vise sig at være en klimaneutral strategi.

Under alle omstændigheder er det vigtigt, at der sker en aktiv planlægning af arealanvendelsen, som afvejer hensynene til landbrug, natur og miljø på grundlag af de nye danske undersøgelser. ■

Om forfatterne:

Søren O. Petersen
er seniorforsker
Tlf. 8999 1723
soren.o.petersen@agrsci.dk

Mogens H. Greve
er forskningsleder
Tlf. 8999 1734
mogensh.greve@agrsci.dk

Poul Erik Lærke
er seniorforsker
Tlf. 8999 1844,
poule.laerke@agrsci.dk

Carolyn Schäfer er
ph.d.-studerende
Tlf. 8999 1592,
carolyn.schafer@agrsci.dk

Alle fire ved
Institut for Agroøkologi,
Aarhus Universitet

Carl Chr. Hoffmann
er seniorforsker ved
Institut for Bioscience,
Aarhus Universitet
Tlf. 8920 1493,
cch@dmu.dk

Videre læsning:

Maljanen M, Sigurdsson BD, Gudmundsson J, Oskarsson H, Huttunen JT, Martikainen PJ (2010) Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries - present knowledge and gaps. *Biogeosciences*, 7, 2711-2738.

Shurpali NJ, Strandman H, Kilpelainen A, et al (2010) Atmospheric impact of bioenergy based on perennial crop (reed canary grass, *Phalaris arundinacea*, L.) cultivation on a drained boreal organic soil. *Global Change Biology Bioenergy*, 2, 130-138.

FAO (1998) World Reference Base for Soil Resources. *World Soil Resources Reports 84*. FAO, Rome. 88pp. (ISBN 92-5-104141-5).