

---

**Kulstof på Barritskov  
- Status og potentialer  
2005**

---

## Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse.....	i
Indledning .....	1
Kyoto protokollen.....	2
Opgørelsesprincip .....	3
Gårdbeskrivelse - Barritskov .....	5
Produktionen .....	6
Jordbund.....	6
Arealanvendelsen.....	8
Påvirkning af jordens kulstofindhold ved ændringer i dyrkningspraksis på landbrugsjord.....	10
Nedmuldning af halm .....	11
Dyrkning af efterafgrøde .....	12
Brug af husdyrgødning .....	13
Græsmarker i sædskiftet.....	13
Delkonklusion og perspektivering - landbrugsdelen .....	16
Ændrede hydrologiske forhold.....	17
Antagelser .....	17
Lagringspotentialer ved ændret hydrologi, modellen.....	18
Modelresultater .....	22
Opgørelse for Barritskov inkl. Møgelkær .....	23
Delkonklusion og perspektivering – ændret hydrologi.....	24
Skoven som kulstoflager.....	26
Skoven på Barritskov .....	26
CO <sub>2</sub> – lagring på Barritskov Skovdistrikt anno 2004, modellen.....	27
Konvertering af skovdrift til naturnær fra det traditionelle dyrkningsprincip.....	29
Etablering af hegn .....	30
Etablering af solitære træer.....	33
Delkonklusion og perspektivering – skovdelen.....	34
Konklusion .....	36
Litteratur .....	39
Hjemmesider .....	40
Indholdsfortegnelse (bilag, litteratur) .....	40
Bilag 1 Omregningsfaktorer .....	41

---

## Indledning

Denne rapport omhandler mulighederne for at estimere effekten af konkrete tiltag på Barritskov. Tiltagene omfatter arealanvendelse og ændringer heraf i såvel skov som på agerjord. I international CO<sub>2</sub>-sammenhæng går denne slags initiativer under betegnelsen LULUCF, *Land Use, Land Use Change and Forestry*. Initiativet til rapporten er inspireret af organisationen Future Forests, som via skovrejsning sælger CO<sub>2</sub>-certifikater til interessenter, som ønsker at købe sig CO<sub>2</sub>-neutrale i en given sammenhæng. Et eksempel kunne være en borger i England, der ønsker at købe sig CO<sub>2</sub>-neutralitet i et år. CO<sub>2</sub>-belastningen er beregnet til at udgøre 8,8 tons CO<sub>2</sub>, som modsvares af CO<sub>2</sub>-optaget i 12 træer, svarende til 734 kg CO<sub>2</sub> pr. træ. Ved køb af et Carbon-neutral Citizen certifikat køber kunden Future Forests til at plante og garantere 12 træers vækst i en udvalgt skov i en periode på 99 år. Tilsvarende kunne man tænke sig, det var muligt at sælge CO<sub>2</sub>-oplagringskapaciteten i en skovmose, en våd eng eller ved ændringer i landbrugets driftsformer, som vil øge jordbundens indhold af organisk materiale og dermed kulstof.

Som udgangspunkt for rapporten er der udført et intensivt litteraturstudie, gennemgang af web-kilder og kontakt til relevante danske fagfolk, som har været engageret i arbejdet med den danske drivhusgasopgørelse. Erfaringerne med informationsindsamling har vist, at forskningsfeltet endnu er forbundet med betydelige usikkerheder og huller, hvilket har bevirket, at en række tiltag, som indledningsvist ønskedes belyst ikke har kunnet afdækkes. Det Internationale Klimapanel, IPCC, har udgivet en række retningslinier og standardfaktorer for opgørelser af betydningen af LULUCF på nationalt niveau, som i overvejende grad vil være udgangspunkt for de i rapporten udførte beregninger. En forskergruppe på DMU ledet af Steen Gyldenkærne har udarbejdet en emissionsopgørelse for dansk landbrug herunder, hvor det har været muligt, justeret IPCC's standardfaktorer til danske forhold. Beregninger knyttet til aktiviteter på landbrugsjorden er baseret på konklusionerne i Gyldenkærne et al. (Gyldenkærne, 2005). Beregninger knyttet til aktiviteter i skoven er baseret på opgørelser i Vesterdahl et al., 2002. Nationale emissionsopgørelser, som de foreligger i dag, er i sagens natur meget overordnede og der er store usikkerheder forbundet med at overføre data og beregningsmodeller til mikroniveau.

Rapporten begynder med en indledende introduktion til Kyotoprotokollen, som er den internationalt forpligtende aftale om reduktion i udledningen af drivhusgasser. Kyotoprotokollen danner den umiddelbare baggrund for den danske emissionsopgørelse og vurdering af land- og skovbrugets betydning for frigivelse eller optag af CO<sub>2</sub>, men udspringer af de sidste 100 års stigning i den globale gennemsnitstemperatur, som tilskrives menneskeskabte ændringer i atmosfærens sammensætning og indhold af drivhusgasser. Kyotoprotokollen tilsigter primært at reducere udledning, men anerkender muligheden for tiltag, som ved lagring af kulstof i biomasse vil medvirke til en samlet reduktion af belastningen med drivhusgasser, fx skovrejsning eller reetablering af vådområder. Herefter følger en indgående beskrivelse af Barritskov vedr. dyrknings- og jordbundsforhold. LULUCF-tiltag på gården er opdelt i 3 delområder henholdsvis lagringspotentiale ved 1) ændringer i dyrkningspraksis på agerjord, 2) ændringer i jordbundens hydrologiske forhold med fokus på organiske jorder og 3) ændringer i skovdriften, solitærtræer, etablering af hegn.

Afslutningsvis konkluderes på rapportens fund og behovet for videre undersøgelser.

---

## Kyoto protokollen

I april 1998 underskrev Danmark Kyoto protokollen, hvis overordnede mål er at reducere de aspekter af den globale opvarmning, som skønnes at stamme fra menneskelige aktiviteter, primært udledning af drivhusgasser ved afbrænding af fossile brændstoffer.

Kyoto-protokollen fastlægger konkrete reduktionsforpligtelser for industrilandene, de såkaldte Annex I-lande. Forpligtelserne omhandler de gennemsnitlige reduktioner, som landene er forpligtede til at opnå i 2008-2012 i forhold til protokollens basisår 1990. Reduktionsforpligtelsen omfatter drivhusgasserne kuldioxid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), lattergas (N<sub>2</sub>O) og industrigasserne HFC, PFC og SF<sub>6</sub>. De sidste fem drivhusgasser omregnes til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. EU har samlet forpligtet sig til en reduktion på 8%, men som følge af Byrdefordelingsaftalen i EU fra 1998 har Danmark en forpligtelse til i perioden 2008-2012 at reducere den gennemsnitlige årlige udledning af drivhusgasser med 21 pct. i forhold til basisåret 1990, hvilket samlet betyder en reduktion for Danmarks vedkommende på 14 mio. tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter fra de nuværende ca. 69 mio. tons til 55 mio. tons (Gyldenkerne, 2005).

Kyoto Protokollen lægger vægt på, at reduktionen først og fremmest skal ske i form af et mindre forbrug af fossile brændstoffer, men som det ser ud nu forventes Danmarks samlede reduktion uden yderligere tiltag i forpligtelsesperioden kun at beløbe sig til 9% (Olesen, 2004). Det kan derfor blive aktuelt i den nationale klimastrategi at inddrage Kyoto protokollens artikel 3.3 og 3.4, der åbner op for, at økosystemers nettooptag kan medregnes i de nationale opgørelser (UNFCCC, 1997). Aktiviteter, der vedrører artikel 3.3 og 3.4 kaldes Land Use, Land Use Change and Forestry, forkortet LULUCF.

Under artikel 3.3 er mulighederne begrænset til den rydning (source) og skovrejsning (sink), der er foregået siden 1990. Artikel 3.4 giver i nogen grad mulighed for at medregne andre menneskeinducerede ændringer i økosystemer, såsom ændring i landbrugspraksis, skovforvaltning og andre ændringer i arealudnyttelse end skovrejsning og afskovning.

Kyoto-protokollen art. 3.3:

*"The net changes in greenhouse gas emissions by sources and removals by sinks resulting from direct human-induced land-use change and forestry activities, limited to afforestation, reforestation and deforestation since 1990, measured as verifiable changes in carbon stocks in each commitment period, shall be used to meet the commitments under this Article of each Party included in Annex I ..."*

Kyoto-protokollen art. 3.4:

*"... each Party included in Annex I shall provide, for consideration by the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, data to establish its level of carbon stocks in 1990 and to enable an estimate to be made of its changes in carbon stocks in subsequent years. The Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to this Protocol shall, at its first session or as soon as practicable thereafter, decide upon modalities, rules and guidelines as to how, and which, additional human-induced activities related to changes in greenhouse gas emissions by sources and removals by sinks in the agricultural soils and the land-use change and forestry categories shall be*

---

*added to, or subtracted from, the assigned amounts for Parties included in Annex I [...]. Such a decision shall apply in the second and subsequent commitment periods. A Party may choose to apply such a decision on these additional human-induced activities for its first commitment period, provided that these activities have taken place since 1990.*

Mellem parterne er anvendelse af artikel 3.3 og 3.4. blev behandlet på senere konferencer. Dette har udmøntet sig i en række principper, som blev besluttet og er en del af Marrakesh-aftalen (beslutning 11,1 Marrakesh-aftalen, UNFCCC, 2001):

- a) At behandlingen af dem i Kyoto-protokol sammenhæng baseres på videnskabelig viden.
- b) At der skal bruges konsistente metoder til estimering og rapportering af disse sinks.
- c) At det overordnede mål med Kyoto-protokollen (artikel 3.1) ikke må ændres på grund af 3.3 og 3.4.
- d) At det ikke er muligt at medregne eksistensen af sinks, men udelukkende ændringer af disse.
- e) At implementering af artikel 3.3 og 3.4 skal medvirke til beskyttelse af biodiversiteten og bæredygtig udvikling af naturressourcer.
- f) At det ikke er muligt at overføre sinks fra denne forpligtelsesperiode til den næste.
- g) At CO<sub>2</sub>-optag, der en gang er medregnet i en forpligtelsesperiode skal modregnes, hvis der senere sker udslip fra samme kilde.
- h) At beregning af sinks udelukker CO<sub>2</sub>-optag der skyldes:
  - i. CO<sub>2</sub>-niveau over det præindustrielle niveau
  - ii. indirekte nitrogendeposition.
  - iii. optag, der skyldes en skæv aldersklassefordeling eller aktiviteter fra tidligere år.

Marrakesh-aftalen opstiller derudover en grænse for anvendelse af artikel 3.4 i første forpligtelsesperiode. For Danmark er den grænse fastsat til 0,183 Mt CO<sub>2</sub> pr. år (UNFCCC, 2001), dvs. ca. 1,3% af den samlede reduktionsforpligtelse. I henhold til Miljøstyrelsens "Vejledning i brug af det danske CO<sub>2</sub>-kvoteregister" har EU og Danmark med Kvotehandledsedirektivet imidlertid besluttet ikke at acceptere de såkaldte optagsenheder (Removal Units, RMU) - salgbare enheder udstedt på baggrund af optag af drivhusgasser fra atmosfæren gennem arealanvendelse, ændringer i arealanvendelse og skovbrug i henhold til Kyoto-protokollens artikel 3.3 og 3.4 (MST, 2005). Konsekvensen heraf er, at LULUCF tiltag ikke kan indregnes i registrerede virksomheders officielle CO<sub>2</sub>-regnskaber for nærværende. En afgørende årsag hertil er de store usikkerhedsmomenter, som endnu er knyttet til validering og verifikation af opgørelsesmetoderne i forbindelse med LULUCF. Danmark formodes imidlertid at få væsentlige vanskeligheder med at nå reduktionsforpligtelsen på 21% inden udløbet af 2012, hvorfor det vil være relevant at vurdere potentialet for CO<sub>2</sub>-lagring i medfør af artikel 3.4, især hvis kvoten senere skulle ændres (DJF 109,s.34).

## Opgørelsesprincip

I forhold til overholdelse af Kyoto protokollens forpligtelser opgøres belastningen med drivhusgasser efter et nettoændringsprincip i forhold til basisåret 1990 for CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O og CH<sub>4</sub>. Nettoændringsprincippet indebærer, at alene forskellen mellem et areals aktuelle belastning under forudsætning af uændrede vilkår

---

og arealets belastning under ændrede vilkår kan medregnes. Det giver en fordel i de tilfælde, hvor udnyttelsen af jorden har været særligt belastende, fx ved dyrkning af dybe organiske jorder, idet en kraftig omsætning af jordens organiske indhold ophører og dermed kan tælles på plussiden. Derimod vil organiske jorder med permanent græs ikke give en tilsvarende fordel, idet områdets nuværende belastning med drivhusgasser er mindre, da omsætningen af jordens organiske materiale er mindre under udyrkede forhold. På samme vis vil en ændring fra naturnær skovdrift til urørt skov give en mindre gevinst end en ændring fra konventionelt drevne skovarealer til urørt skov.

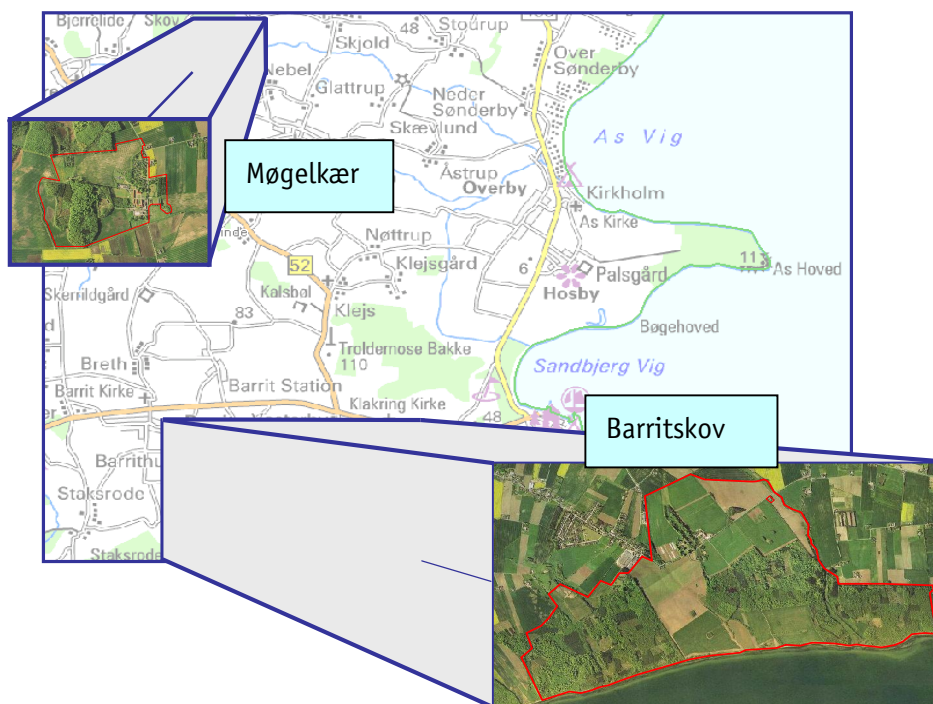
Opgørelsen efter nettoprincippet har den konsekvens at både positive såvel som negative effekter skal medtages. Det betyder bl.a. at græsmarkerne skal modregnes en kornproduktion, hvis man kigger på bedriftsniveau. Det samme gør sig gældende for de øvrige produktions-/naturtiltag. Vælger man derimod at betragte et afgrænset areal på bedriften kan man binde relativt store mængder, mens man på de øvrige arealer udpiner jorden.

Det kræver således en stillingtagen til om man ønsker at betragte kulstoflagringen på et begrænset areal af bedriften eller for den samlede bedrift. Førstnævnte giver grundlag for det største potentiale, men i forhold til Kyoto protokollen og en ydre troværdighed bør man dog betragte det på bedriftsniveau.

I forbindelse med CO<sub>2</sub>- opgørelser vil en yderligere tilbunds gående registrering af arealanvendelse og jordbundsforhold på Barritskov være påkrævet. Som baggrund for nærværende rapport tager beskrivelsen af gården udgangspunkt i mark- og naturplan, personlige registreringer vedr. de organiske jorder, samt driftsplan pr. 1998 for skoven.

## Gårdbeskrivelse - Barritskov

Barritskov ligger på nordsiden af Vejle fjord og driver 380 ha løvskov, ca. 15 ha eng, 30 ha kyster, veje og udyrkede arealer, samt 270 ha agerjord. Derudover forpagtes 82 hektar agerjord på gården Møgelkær, der ligger 10 kilometer nord for Barritskov.



Kort 1: Barritskov arealer, samt arealerne ved Møgelkær

Den nuværende ejer, Thomas Harttung omlagde gården til økologisk planteavl i 1999. Landbruget er primært baseret på produktion af kløverfrø, grøntsager og kvalitetskorn, der males til mel til egen produktserie. Både mel og grøntsager sælges via *Aarstidernes A/S*, der gennem internet-bestillinger leverer økologiske varer direkte til døren. Aarstidernes pakkeri og administration har til huse på Barritskov.

Barritskov ligger i et bølge-bakke morænelandskab skrånende ned mod Vejle Fjord med de højtliggende Klejs og Lottrup skove i ryggen og udsigt over fjorden. Gården er kendt tilbage fra 1261 og har gået i arv helt op til 1910, hvor den blev solgt til stamhuset Rosenkrantz og senere i 1970 solgt til den nuværende ejers forældre. Gården har været hovedgård og anlagt med kvægbrug for øje.

Der er store landskabs- og kulturhistoriske værdier på Barritskov, som beskyttes under forskellige udpegninger. Størstedelen af Barritskov er udpeget under EU's habitatbeskyttelsesdirektiv samt fugledirektivet. Derudover er det udpeget som "Særlig værdifuldt naturområde", "Kulturhistorisk område" og "Værdifuldt landskab". Det meste af agerjorden både på Barritskov og på Møgelkær er udpeget som "Særlig Følsomt Landbrugsområde" og der er søgt MVJ-tilskud, miljøvenlig afgræsning, på i alt 10,67 ha og

mvj-tilskud, ændret afvanding, på 10 ha. Endelig er søer, vandløb, enge og moser beskyttet under §3 i Naturbemyndelsesloven.

## Produktionen

Barritskov er en planteavlsbedrift, men der er indgået samarbejdsaftale med en økologisk mælkeproducent, hvis kvier afgræsser enge og græsarealer. Afgrødefordelingen i 2004 ses i nedenstående tabel.

<b>Landbrug:</b>	Vårhvede	69,2 ha	
	Havre	73,0 ha	
	Vinterrug	48,32 ha	
	Vårbyg	61,78 ha	
	Kløver frø	33,89 ha	
			<b>286,19 Ha</b>
<b>Grøntsager og krydderurter:</b>			<b>8,8 Ha</b>
<b>Andet:</b>			
	Græsning	34,64 ha	
	Et-årigt udtaget	36,71 ha	
	Andet	22,43 ha	
			<b>95,78 Ha</b>
<b>Landbrug i alt:</b>			<b>388,77 Ha</b>

## Jordbund

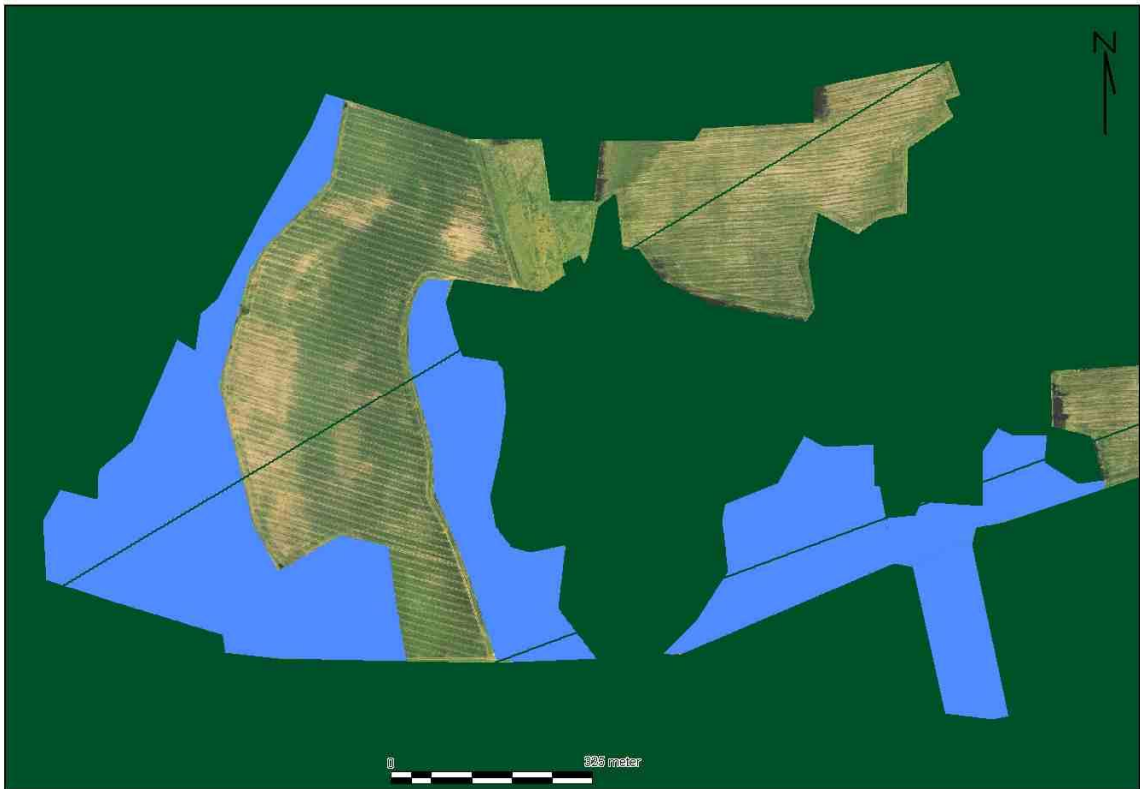
Barritskops jorde kan karakteriseres som en tung lerjord, meget frugtbar men vanskelig at bearbejde på grund af et stort indhold af vand og ler. Som det ses af nedenstående skema, ligger jordtyperne på JB-nr. 5 til JB-nr. 7. Ved en vandboring findes data om de dybere jordlag, der skiftevis er moræneler og smeltevandssand ([www.geus.dk](http://www.geus.dk))

Område	Jordtype	Lerindhold i de øverste 20 cm
Sydlig og vestlig del af ejendommen	JB-nr. 7	15-25 vægtprocent
Nordlig hjørne af ejendommen	JB-nr. 5-6	10-15 vægtprocent
Møgelkær	JB-nr. 5-6	10-15 vægtprocent

Tabel 2. Jordbundstyper på Barritskops og Møgelkærs arealer

Jordene på Barritskov er drænet omkring 1875 (Hansen, 1933), og da ejer overtog ejendommen i 1984 blev nogle få hoveddræn fornyet. Bortset fra dette findes der kun få dræn af nyere dato på ejendommen. Vandløb på ejendommen er blevet rørlagt i 1920'erne og -30'erne. På Møgelkær er de gamle engarealer kraftigt drænede.

De organiske jorde på Barritskov er de ånære eng-arealer, hvor der er større arealer med organiske jorde på Møgelkær. På nedenstående kort ses de organiske jordes udbredelse. Der er i alt 14,5 ha på Barritskov (øverst), og 29 ha på Møgelkær (nederst).



## Arealanvendelsen

Barritskov er præget af de store skovområder og de store marker. Derudover er der forskellige naturtyper, som enge, moser, strandeng og vandløb, som det ses af nedenstående kort.



Skovene består af Sønderskoven, Barrit Tykke og Klakring Skovhaver. Skoven er miljømærket med FSC-certifikatet og er desuden godkendt økologisk. Der er primært tale om løvskov overvejende bestående af askeblandskov og bøg. De bærende vedproducerende træarter er bøg, eg, ask og el. Der er enkelte områder med nåletræer, som er under løbende afvikling. Dele af skoven vokser på plastisk ler, hvilket giver skoven særlig karakter med mange skred og småkuperet terræn. Dette har også bevirket, at skoven sine steder ikke har været drevet særlig intensivt. Det plastiske ler er især synligt langs kysten, hvor der er mange skred og træer, som ligger ud i vandet. Et areal på 33 hektar af den kystnære skov er udlagt til urørt skov.

Hydrologien i skoven er præget af gammel grøftning. I følge FSC-principperne må der ikke etableres ny dræning, men eksisterende drænrør og grøfter må vedligeholdes. Endvidere skal vådområder genoprettes til passende omfang ved at undlade vedligeholdelse af drænrør og grøfter ([www.fsc.dk](http://www.fsc.dk)). Der er således ikke foretaget dræning i skovene siden certificeringen i 2001. Man har undladt at vedligeholde mange drænrør og grøfter og flere vådområder er genopstået. I Barritskov Naturplan – en naturlig udvikling, 2004, inddrages skoven som naturområde, og der arbejdes på at genskabe flere vådområder i skoven.

---

Sammen med de øvrige kystskove på nordsiden af Vejle Fjord er skovene på Barritskov udpeget som EU-habitat beskyttelsesområde. I 1920 blev der lavet en beskrivelse af urtefloraen i skovene på Barritskov (Bornebusch, 1921). Siden er der i 1997 lavet en floristisk lokalitetskortlægning over skovene (Bürger, Nielsen & Rune, 1998). En omfattende nøglebiotopregistrering blev foretaget i 1998 (Toftgaard, 1998) og siden igen efter samme model i 2003 (Kristensen, 2003).

Driftsplanen "Driftsplan for Barritskov – et naturnært skovdistrikt", er baseret på de gældende principper og krav til en FSC-certificeret, og økologisk skov.



## Påvirkning af jordens kulstofindhold ved ændringer i dyrkningspraksis på landbrugsjord

Danske landbrugsjorde indeholder i gennemsnit 144 ton C/ha. Heri medgår en del organiske jorde. For mineralske jorde er et niveau på 110 ton C/ha mere realistisk. Ved en øget tilførsel af planterester vil jordens kulstoflager stige, indtil der på ny er ligevægt mellem opbygning og nedbrydning af jordens puljer af labilt og stabiliseret organisk stof.

Op mod 30% af jordens kulstof kan udskiftes indenfor en periode på 20-30 år. Tidshorizonten for opnåelse af en ny ligevægt er relativt lang, dvs. over 25 år.

Vurderet over en 20-årig periode vil 15% af det med planterester tilførte kulstof blive ophobet i normalt dyrket jord med moderat kulstofindhold. For organiske jorde eller mineralske jorde med højt humusindhold vil stigningen ofte være mindre, da indlejringen af kulstof fra planterester, etc. modsvares af en frigivelse af jordens kulstof. Eller sagt med andre ord. På jorde, der er mættede med kulstof eller i balance vil virkningerne af nedmuldning af organisk materiale på jordens kulstofindhold aftage. Denne værdi på ca. 15% er gældende for nedmuldning af alle friske planterester, herunder halm.

For husdyrgødning vil ca. 30% af det tilførte kulstof blive indlejret i jordens organiske pulje. Husdyrgødning har været igennem en lagringsproces, derfor er indlejringen højere her end for friske planterester. Man kan sige, at det let omsættelige kulstof er forbrændt undervejs eller er blevet inkorporeret i mindre omsættelige kulstofforbindelser.

Hovedparten af danske mineralske jorde vurderes at have et betydeligt uudnyttet potentiale for lagring af kulstof. Virkningen af øget tilførsel af organisk materiale vil være størst i starten og aftage undervejs mod indstillingen af en ny ligevægt.

Følgende forsøgsserie illustrer en række væsentlige dyrkningsfaktorer, der påvirker jordens kulstofindhold. Sædskiftet og dermed afgrødevalget er væsentligt. Vekslede afgrøder i sig selv men især kløvergræsmarker og brug af husdyrgødning forøger kulstoflagringen. Det er dog meget vanskeligt at kvantificere virkningen af antal græsmarker i et sædskifte.

**Tabel 1. Årlig ændring i kulstofindhold (0-25 cm) i et 30-årigt forsøg med forskellige sædskifter og tilførsel af halm og husdyrgødning på en kulstoffrig jord (O-ler) og to kulstoffattige jorde (U-sand, U-ler) ved Askov Forsøgsstation. Tal i parentes angiver jordens C indhold ved forsøgets start (Christensen, 1988).**

Dyrkningspraksis	Årlig ændring i jordens kulstofindhold (kg C/ha)		
	O-ler (3% C)	U-sand (0,1% C)	U-ler (0,2% C)
Ubevokset, ugødet	-1249	90	
Korn, halm fjernet, HA <sup>2)</sup>	-851	371	
Korn, halm nedmuldet, HA	-319	765	
Sædskifte <sup>1)</sup> , HA	-574	514	578
Sædskifte med HUG <sup>3)</sup>	-308	724	960
Rodfrugter, HA	-926	240	
3 år kløvergræs + 1 år roer, HA	-458	596	

<sup>1)</sup> vintersæd, roer, vårsæd, kløvergræs, <sup>2)</sup> HA = handelsgødning, <sup>3)</sup> HUG= fast husdyrgødning

---

Sammenfattende for flere undersøgelser kan det siges, at sædskifter med overvejende korn, lejlighedsvis efterafgrøder og handelsgødning har tendens til at føre til et nedsat kulstofindhold i jorden. Ved at have en højere andel af græsmarker og/eller benytte husdyrgødning kan kulstoflageret øges. Denne sammenhæng gælder for de mineralske jorde.

Det er vanskeligt ved almindelig dyrkningspraksis at fastholde et kulstofniveau på over 2,5-3%. Det må forventes at et højere indhold af kulstof normalt kun vil realiseres i jord under vedvarende bevoksning.

Olesen et al. (2004) estimerer følgende om omlægning til økologisk jordbrug: Økologisk jordbrug vil generelt have en større andel græsmarker og efterafgrøder. For græsmarker er den årlige stigning i jordens kulstofindhold anslået til 500 kg C/ha og for efterafgrøder 200 kg C/ha. Efterafgrøder og græsmarker formodes at udgøre 20% mere i økologisk end i konventionelt jordbrug (Kristensen et al., 2003), og at denne effekt samlet udgør 350 kg C/ha/år.

Alle dyrkningsmæssige tiltag, der hæver jordens indhold af kulstof, skal opretholdes for ikke at tabes igen. Så snart tiltaget ophører vil omsætningen i form af CO<sub>2</sub> stige og den ophobede gevinst i kulstofpuljen tabes igen.

## Nedmuldning af halm

I dansk landbrug var det i mange år traditionen at afbrænde halmen efter høst. 1990 trådte et generelt halmafbrændingsforbud i kraft for at fremme brugen af halm til biobrændsel.

Ved halmnedmuldning tilføres jorden organisk materiale med et højt C/N-forhold. Generelt angives det som tommelfingerregel, at 15% af det tilførte organiske materiale, der tilføres i form af planterester, genfindes i jordens C-pulje. Diverse kilder nævner værdier for halm i intervallet 11 - 17%.

Halm udgør ca. 70% af kerneudbyttet i kornafgrøder. På Barritskovs marker med et gennemsnitligt kornudbytte på 3.500 kg/ha, kan det antages at der produceres 2.450 kg halm/ha. Med et tørstofindhold på 84% indeholder halmen 2.058 kg tørstof halm/ha. Halm består af 45% kulstof, så kulstofindholdet i halmen bliver 926 kg C/ha. Ved indarbejdelse i jorden af halm stiger kulstofindholdet med 15% om året svarende til 139 kg C/ha/år svarende til 509 kg CO<sub>2</sub>/ha/år.

Ved en pris på CO<sub>2</sub> på 148<sup>1</sup> kr./ton vil virkningen af halmnedmuldning være **75 kr./ha/år**

---

<sup>1</sup> Den økonomiske gevinst er baseret på en CO<sub>2</sub>-pris på 148 kr./ t CO<sub>2</sub>, som svarer til Future Forest 'dedicate a tree' koncept. I flg. Future Forests ekvivalerer 1 træ 0,2 t C, svarende til 733 kg CO<sub>2</sub>. 1 træ koster 10 £ (kurs 1.076) = 108 kr./0,2 t C = 540 kr./t C = 148 kr./t CO<sub>2</sub>. Den pris er anvendt igennem hele projektet.

## Dyrkning af efterafgrøde

Hansen et al. (2000) angiver, at der for ugødet rajgræs kan produceres en overjordisk tørstofmængde om efteråret på mellem 0,3 og 2,5 ton tørstof/ha, samt en rodbiomasse på mellem 0,4 og 1,8 ton tørstof/ha. Hertil kommer en ukendt afsætning af kulstof fra rodsystemet under væksten. Der er vurderet, at rodbiomasse udgør 80% af den samlede rodafsætning i vedvarende græsmark (Kuzyakov og Domanski, 2000), men der synes at være betydelig usikkerhed i forbindelse med denne vurdering.

Med ovennævnte forudsætninger og under antagelse at 45% af kulstof i græstørstoffet kan der beregnes en årlig gennemsnitlig tilførsel af kulstof med en efterafgrøde på 1,25 ton C/ha/år. Med forudsætningen at 15% af kulstoffet bidrager til jordens kulstoflager indenfor en 20-årig periode, bliver det årlige bidrag til ophobning af kulstof i jord på 188 kg C/ha/år svarende til 689 kg CO<sub>2</sub>/ha/år (Olesen, et. Al, 2004, DJF-rapport nr. 109: Jordbrug og klimaændringer – samspil til vandmiljøplaner – Afsnit D: Kulstoflagring ved nedmuldning af halm og efterafgrøder, B.T.Christensen)

Indførslen af en efterafgrøde i et dyrkningssystem giver en tilførsel af kulstof. For at denne tilførsel over flere år også resulterer i en øget kulstofbinding i jorden, skal jorden dyrkes med et sædskifte, der ikke efterlader "huller" hvor kulstoffet tabes igen.

**Tabel 2. Effekt af efterafgrøde på jordens indhold af kulstof i 0-20 cm dybde efter 23 års forsøg med ensidig dyrkning af vårbyg på grovsandet jord (Hansen et al., 2000).**

Behandling	% C i jorden <sup>1)</sup>
Efterårspløjet, ingen efterafgrøde	1,52 <sup>c</sup>
Efterårspløjet, alm. rajgræs som efterafgrøde <sup>2)</sup>	1,67 <sup>b</sup>
Forårspløjet, alm. rajgræs som efterafgrøde <sup>2)</sup>	1,88 <sup>a</sup>
Forårspløjet, ingen efterafgrøde	1,70 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Værdier mærket med samme bogstav er ikke signifikant forskellige.

<sup>2)</sup> Efterafgrøde sået som udlæg i vårbyg om foråret.

Forsøget her viser, at overgangen fra efterårspløjning til forårspløjning kan øge kulstoflagringen på samme niveau som indførslen af en efterafgrøde. Har jorden et kulstofindhold på 144 ton C/ha svarer en ændring på 0,25% til 360 kg C/ha eller 1.320 kg CO<sub>2</sub>/ha i forsøget her over 23 år.

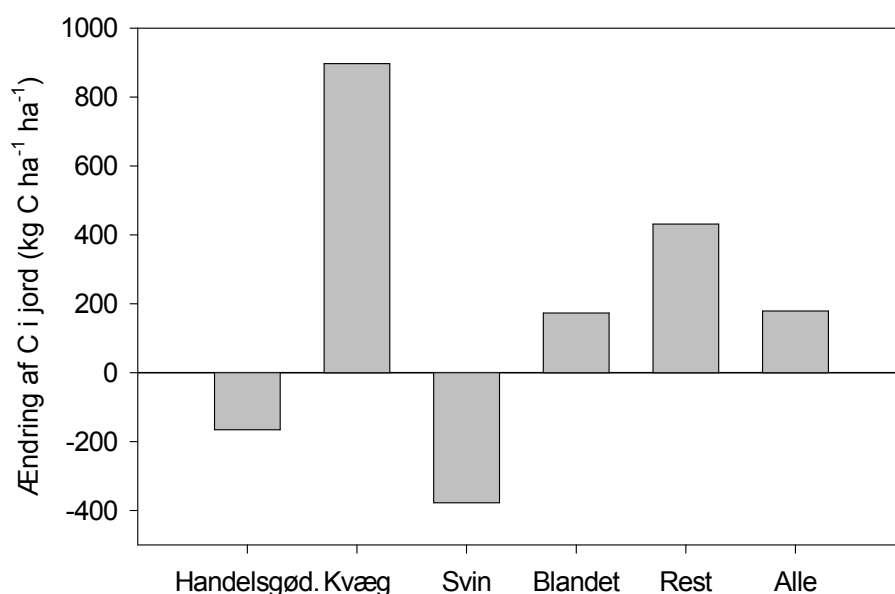
Ved en pris på CO<sub>2</sub> på 148 kr/ton vil virkningen af efterafgrøder være **195 kr./ha/år**

## Brug af husdyrgødning

**Tabel 3. Virkning af kvæggylle (7% tørstof) og fast kvæggødning (23% tørstof) på jordens kulstofindhold (% C i 0-25 cm) efter årlig tilførsel af i gennemsnit 25, 50 og 100 t gødning/ha over en periode på 12 år. Sædskiftet var roer (majs på JB1), byg, rajgræs og byg.**

Friskvægt/ha/år	Lundgård (JB1)		Askov (JB5)	
	Gylle	Fast gødning	Gylle	Fast gødning
Handelsgødning <sup>1)</sup>	1,45		2,21	
25 t husdyrgødning	1,53	1,55	2,26	2,37
50 t husdyrgødning	1,59	1,69	2,30	2,53
100 t husdyrgødning	1,60	1,98	2,39	2,74

<sup>1)</sup> referenceled uden tilførsel af husdyrgødning



Figur 9.11. Ændringer i kulstoflagringen (kg C ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>) i 0-50 cm dybde i jord fra måleflader i Kvadratnettet fordelt på gødningstyper (Heidmann et al., 2001)

Ændringer i kulstoflageret havde tendens til størst stigning efter kvæggødning, mens der ikke kunne findes forskelle for øvrige typer husdyrgødning.

### Græsmarker i sædskiftet.

Sammenfattende for virkningen af dyrkningsfaktorer kan siges, at den mest effektive kulstoflagring vil ske ved udlæg af flerårige græsmarker med en stor tilførsel af husdyrgødning og dermed en høj produktion. Det er dog vanskeligt udfra nuværende data at fastlægge, hvilken størrelsesorden kulstoflagringen kan stige til. I denne sammenhæng må vi støtte os til standarder fra IPCC.

De årlige ændringer beregnes som forskellen i lageret delt med en tidsperiode, der som standard er 20 år.

$$\Delta C = [(C_t - C_{t-20}) A] / 20 \quad (1)$$

$$C_t = C_R F_L F_M F_I \quad (2)$$

hvor  $\Delta C$  er den årlige ændring i jordens kulstoflager (t SOC år<sup>-1</sup>),  $C_t$  er kulstoflageret til tiden  $t$  (t SOC ha<sup>-1</sup>),  $C_{t-20}$  er kulstoflageret til tiden  $t-20$  (t SOC ha<sup>-1</sup>),  $A$  er arealet af det pågældende stykke landbrugsareal (ha),  $C_R$  er reference kulstofindhold i landbrugsjorden (t SOC ha<sup>-1</sup>),  $F_L$  er en faktor for ændring i arealanvendelse,  $F_M$  er en faktor for ændring i jordbearbejdningsmetode, og  $F_I$  er en faktor for input af organisk stof til jorden.

#### IPCC-standarder for sædskifte og gødning:

$F_L$	Faktor
Sædskiftemarker	0,71
Brakmarker	0,82
Naturlige græsmarker	1,0
Intensivt dyrkede græsmarker	1,14
$F_I$	
Input af organisk stof	1,11
Husdyrgødning	1,24
$F_M$	
Jordbearbejdning	1,0

IPCC's faktorer kan ikke ukritisk adderes op, men tages der udgangspunkt i et kulstofindhold i jorden på 110 ton C/ha kan følgende ændringer ved forskellig dyrkningspraksis forudsiges. Beregninger er foretaget efter følgende eksempel med konventionelt kornbrug valgt som baseline:

#### Udregning af baseline:

Valgt dyrkningssystem: Korndyrkning med handelsgødning

Referenceværdi for jordens C-indhold: 110 t C/ha

Effekt af korndyrkning over 20 år: 0,71 (jordens C-indhold reduceres med 29%)

Jordens C-indhold efter 20 år:  $0,71 \cdot 110 = 78$  t C/ha

*Baseline er 78 t C/ha*

#### Udregning af effekt af dyrkningssystem:

Valgt dyrkningssystem: Korndyrkning med efterafgrøde, halmnedmuldning og husdyrgødning

Effekt af korndyrkning over 20 år: 0,71 (jordens C-indhold reduceres med 29%)

Effekt af efterafgrøder over 20 år: 1,11 (jordens C-indhold øges med 11%)

Effekt af halmnedmuldning over 20 år: 1,11 (jordens C-indhold øges med 11%)

Effekt af husdyrgødning over 20 år: 1,24 (jordens C-indhold øges med 24%)

Disse værdier indsættes i før beskrevne formel, hvor  $C_t$  er jordens C-indhold efter 20 år,

$$C_t = 110 \cdot 0,71 \cdot 1,11 \cdot 1,11 \cdot 1,24 = 119$$

*Effekten af det valgte dyrkningssystem er 119 t C/ha*

### Udregning af nettoændringseffekt

Nettoændringen af dyrkningssystemet i forhold til baseline udregnes efter formlen

$$\Delta C = [(C_t - C_{t-20})]/20$$

Hvilket omsat i tal bliver

$$\Delta C = [119 - 78]/20 = 2,05 \text{ t C/ha/år}$$

Nettoændringseffekten af det valgte dyrkningssystem er 2,05 t C/ha/år eller 7,52 tons CO<sub>2</sub>/ha/år.  
7,52 tons CO<sub>2</sub>/ha/år á 148 kr svarer til 1.112 kr/ha/år.

CO<sub>2</sub>-prisen på 148 kr./ t CO<sub>2</sub> svarer til Future Forest 'dedicate a tree' koncept. Tilsvarende beregninger kan udføres for forskellige dyrkningssystemer.

System	Beregning	Kulstofniveau efter 20 år	Ændring i CO <sub>2</sub> -ækv. pr. år i forhold til korn	Kr. pr. år ved 148 kr. pr. ton CO <sub>2</sub>
Normal korndyrkning med handelsgødning <sup>2</sup>	110 ton C * 0,71	78 ton C/ha		
Korndyrkning med efterafgrøde og handelsgødning	110 ton C * 0,71 * 1,11	86 ton C/ha	1.466 kg CO <sub>2</sub> -ækv/år kg CO <sub>2</sub> -ækv/år	216 kr. pr. år
Korndyrkning med efterafgrøde, halmnedmuldning og handelsgødning	110 ton C * 0,71 * 1,11 * 1,11	96 ton C/ha	3.300 kg CO <sub>2</sub> -ækv/år	488 kr. pr. år
Korndyrkning, husdyrgødet	110 ton C * 0,71 * 1,24	97 ton C/ha	3.483 kg CO <sub>2</sub> -ækv/år	515 kr. pr. år
Korndyrkning med efterafgrøde og husdyrgødning	110 ton C * 0,71 * 1,11 * 1,24	107 ton C/ha	5.316 kg CO <sub>2</sub> -ækv/år	786 kr. pr. år
Korndyrkning med efterafgrøde, halmnedmuldning og husdyrgødning	110 ton C * 0,71 * 1,11 * 1,11 * 1,24	119 ton C/ha	7.516 kg CO <sub>2</sub> -ækv/år	1.112 kr. pr. år
Vedvarende græs uden gødning	110 ton C * 1,00	110 ton C/ha	5.866 kg CO <sub>2</sub> -ækv/år	868 kr. pr. år
Intensivt dyrkede græsmarker	110 ton C * 1,14	125 ton C/ha	8.616 kg CO <sub>2</sub> -ækv/år	1.275 kr. pr. år
Intensivt dyrkede græsmarker med Husdyrgødning	110 ton C * 1,14 * 1,24	155 ton C/ha	14.116 kg CO <sub>2</sub> -ækv/år	2.089 kr. pr. år

<sup>2</sup> På Barritskov anvendes ikke handelsgødning som følge af økologisk certifikation.

---

I sidste kolonne er der lavet en beregning, der kan bruges til et overslag over en evt. økonomisk gevinst ved tiltaget baseret på CO<sub>2</sub>-pris på 148 kr./ t CO<sub>2</sub>, som svarer til Future Forest 'dedicate a tree' koncept. Tabellen tager udgangspunkt i et almindeligt konventionelt dyrkningssystem som baseline. Beregningerne for dyrkningssystemernes effekt på jordens C-indhold er herefter prissat relativt i forhold til dette. Baseline for Barritskov må imidlertid forventes at være dyrkningssystemet: "Korndyrkning med efterafgrøde, halmnedmuldning og husdyrgødning", hvorfor C-lagringskapaciteten i dyrkningssystemet allerede er meget høj og ændringspotentialer tilsvarende mindre. Konsekvensen er, at udtagning af arealer rent faktisk vil figurere negativt i CO<sub>2</sub>-regnskabet, da C-lagringen reduceres fra 119 t C/ha til 110 t C/ha over 20 år. Derimod vil intensivering af driften på græsmarker og øget gødningstilførsel i form af husdyrgødning stadig bidrage med en nettoændring over 20 år på 36 t C/ha.

De benyttede faktorer er taget fra den danske emissionsopgørelse, der endnu ikke er offentliggjort fra Risø. Tallene skal derfor benyttes med forsigtighed, indtil den endelige danske model er fastlagt.

## Delkonklusion og perspektivering - landbrugsdelen

Gennemgangen af ændringsmuligheder på dyrkningsjorden viser, at normal praksis for landbrugsdyrkning på mineraljorde giver et tab af kulstof. Det er udtryk for, at de danske mineraljorde i de sidste 50 år har været udsat for store ændringer i dyrkningspraksis. Derfor er jordens kulstofindhold på vej mod en balance på et noget lavere niveau end f.eks. i 1960.

Væsentlige faktorer, der kan nedsætte faldet i jordens kulstofindhold eller få den til at stige er:

- Nedmuldning af halm
- Dyrkning og nedmuldning af efterafgrøder
- Udbringelse af husdyrgødning
- Benyttelse af flerårige græsmarker i sædskiftet
- Benyttelse af vedvarende græs

De enkelte delelementer giver kun en meget lille ændring i jordens kulstofindhold og vil derfor kun give en meget lille indtægt pr. ha ved salg af CO<sub>2</sub>-binding. For at opnå væsentlige ændringer skal der sammensættes et dyrkningssystem med flere af de nævnte komponenter.

De benyttede tal i den her refererede litteratur er plukket fra forsøgsserier med meget forskellige formål. Derfor kan de nævnte værdier kun benyttes som skøn for forholdene i danske dyrkningsjorde. De danske undersøgelser viser, at de tilgængelige data giver en rimelig sammenhæng mellem danske forhold og IPCC's benyttede standarder for vores klimaforhold. De giver dog ingen mulighed for at vurdere nøjagtigheden af IPCC's standarder. Derfor må disse standarder stadig betragtes som meget grove skøn over kulstofbindingen under danske forhold. Der er for tiden sat betydelige ressourcer ind for at kunne modellere kulstofbinding under danske forhold, så datagrundlaget forbedres hurtigt.

For at estimere kulstofbindingen på en konkret ejendom er det nødvendigt at foretage lokale målinger af værdier som jordens kulstofindhold, mængden af produceret halm, efterafgrøde og husdyrgødning i et givet system. Virkninger af sædskifteændringer kan kun måles over mange år, så de vil være meget svære at gennemføre.

---

## Ændrede hydrologiske forhold

Vådområder synes umiddelbart at have et stort potentiale for lagring af kulstof i form af uomsat organisk materiale, der kan ophobes under vandmættede, iltfattige forhold gennem århundreder eller årtusinder. Områdets potentiale som kulstoflager på lang sigt vil variere med plantedækket og udbredelsen af vandmættede forhold i jordbunden, samt efterfølgende emission af methangas. Områdets økonomiske potentiale til salg af kulstofcertifikater vil være afhængig af nuværende anvendelse, hydrologiske forhold og jordtypen. Til emissionsopgørelsen deles jorderne i to grupper, hhv. mineraljorde og organiske jorde jvf. IPCCs retningslinjer. Generelt findes det største potentiale ikke overraskende på organiske jorder, men pga. nettoændringsprincippet primært på de, der i dag er intensivt dyrket. Nærværende kapitel er baseret på opgørelser og modeller for vådområder og organiske jorder, som de er angivet i Gyldenkerne 2005.

Gyldenkærnes analyse af CO<sub>2</sub>-effekten af vådområder baserer sig på faktisk gennemførte VMP-projekter og arealer med MVJ-aftale om ændret afvanding. I projektområderne indgår derfor både mineralske og organiske jorder og beregningerne er udarbejdet på baggrund af estimerede fordelinger af arealanvendelse, jordtype og vandmætning. Arealet er opgjort i kategorier med samme emissionsfaktor, hvorefter samme beregningsmodel er anvendt i de forskellige kategorier og resultatet herefter angivet summarisk. Der er ikke decideret angivet en model for vådområder som sådan, derimod tages der udgangspunkt i emissionsopgørelserne for organiske jorder, idet effekten af vådområder regnes lig emissionen på organiske jorder med omvendt fortegn (Gyldenkerne, 2005).

Specifikke værdier for mineraljordsarealer, der indgår i vådområder er vanskeligt at beregne i en national emissionsopgørelse idet detaljeret viden vedr. driften af de enkelte arealer og dermed baseline emissionen er nødvendig at kende før effektændringen kan beregnes. Derfor indgår tør mineraljord i modelberegningerne for effekten af vådområder med en emissionsfaktor 0 for CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O og CH<sub>4</sub> uafhængigt af arealanvendelse og gødningsforhold.

På Barritskov incl. tilforpagtede arealer på Møgelkær er ca. 43,5 ha klassificeret som organisk jord, heraf 14,5 ha på Barritskov og 29 ha på Møgelkær. Arealerne er afbilledet grafisk under Gårdbeskrivelsen. 29 ha af de organiske jorder er sædskifteareal, samtlige beliggende på Møgelkær, 2 ha er græs i omdrift (beliggende nord for Barritskov), 0 ha brakjorder og 12,5 arealer udenfor omdrift (engarealer omkring Østligt Skel, mosen ved Badehuset og Randengen). Sædskiftearealer og omdriftsgræs regnes som tørre. Af græs udenfor omdrift regnes samtlige for våde (Lone Pedersen, pm.).

Med udgangspunkt i standarder for C-lagring, og emission af CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, samt N<sub>2</sub>O, som de er givet i Gyldenkerne et al, in prep 2004 er der beregnet følgende lagringspotentiale ved afbrudt dræning samlet for Barritskov, incl Møgelkær: 450 ton CO<sub>2</sub>-e/år svarende til kr. 66.600 kr/år v. 148 kr./ ton CO<sub>2</sub>.

### Antagelser

Ved afbrydning/opstemning af dræn hæves grundvandsspejlet og vandmætningen i jorden øges, hvorved omsætning af organisk materiale (OM) reduceres pga. nedsat ilttilførsel. Tiltaget vil yderligere medføre lagring af C bundet i nyt tilført OM samt en nedgang i CO<sub>2</sub>- og N<sub>2</sub>O-emission som følge af, at omsætningen af jordens eksisterende pulje af OM ophører.

Hævet vandstand vil på grund af anaerobe forhold føre til en stigning i frigivelse af methan CH<sub>4</sub>.

Lagringspotentialet på Barritskov er alene opgjort for arealer, der er klassificeret som organisk jord.

### Lagringspotentialet ved ændret hydrologi, modellen

Ændring i CO<sub>2</sub>e emission som følge af ændrede hydrologiske forhold udregnes som arealet (A) gange opbygning af organisk stof (O<sub>CO<sub>2</sub></sub>) (negativt fortegn angiver, at der sker en binding) + nedgang i CO<sub>2</sub> emission (B<sub>CO<sub>2</sub></sub>) pga. manglende nedbrydning + nedgang i lattergas emission (E<sub>N<sub>2</sub>O</sub>) – forøgelsen af methanemission (E<sub>CH<sub>4</sub></sub>) (Gyldenkerne 2005).

Lattergas og methan omregnes med faktorer 310 og 21 til CO<sub>2</sub> ækvivalenter, CO<sub>2</sub>e.

$$E_{CO_2-e} = A(-O_{CO_2} + B_{CO_2} + 310 E_{N_2O} + 21E_{CH_4})$$

#### E<sub>CO<sub>2</sub>-e</sub>: Nettoeffekt

Effekten på drivhusgasemission opgøres efter et nettoændringsprincip, dvs. forskelle på områdets emission, hvis nuværende anvendelse, baseline, fortsætter uændret og områdets emission efter etablering af det pågældende tiltag.

#### A: Areal

Arealet skal opgøres i forskellige kategorier baseret på jordtype, arealanvendelse og fugtighed.

Kombinationen heraf er afgørende for værdien af de øvrige faktorer i ligningen. Arealopgørelsen indskrives i følgende skema:

**Tabel 4. Opgørelse over arealanvendelse og jordtyper på Barritskov (Møgelkær angivet i parentes).**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
Tør mineraljord				
Tør organisk jord	(29)	2		
Våd mineraljord				
Våd organisk jord				12,5

Der er en usikkerhed knyttet til differentieringen mellem mineraljord og organisk jord. Klassifikation som organisk jord er i IPCC sammenhæng afgjort ved forekomsten af mere end 20% organisk materiale, hvorimod der i den danske opgørelse er sat en grænse på 10%, svarende til gængs dansk definition på humusjorder i henhold til JB klassifikationen og farvekodesystemet. Der er ikke angivet nogen klar beskrivelse af, hvordan våd jord skal defineres.

#### O<sub>CO<sub>2</sub></sub>: CO<sub>2</sub>-Opbygning

Opbygningen af organisk materiale på et areal er afhængigt af områdets vandmætning, om der tilføres organisk materiale og hvilken dybde opbygningen opgøres for. Som udgangspunkt regnes med, at det totale areal opgjort under potentielle vådområder vil blive påvirket af afbrudt dræning og at der ikke efterfølgende tilføres områderne organisk materiale i form af gødning. Mængden af organisk materiale, der kunne tænkes, at blive tilført et område som følge af oversvømmelser i vinterhalvåret er ikke medregnet. IPCC's standardfaktor for opbygning i vådområder i koldt tempereret klima er 200 kg C ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> opgjort for 0-30 cm. I Gyldenkerne (2005) opereres med en effekttybde på 50 cm, hvorfor opbygningsfaktoren er

korrigeret til 500 kg C ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i den danske opgørelse, e-mail d. 11/1-05.

**Tabel 5. Kulstof opbygning i organisk materiale**

**CO<sub>2</sub>-opbygning/ kg C**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
Tør mineraljord		0	0	0
Tør organisk jord		0	0	0
Våd mineraljord		-500	-500	-500
Våd organisk jord		-500	-500	-500

**CO<sub>2</sub>-opbygning/ kg CO<sub>2</sub>**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
Tør mineraljord		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Tør organisk jord		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Våd mineraljord		<b>-1833</b>	<b>-1833</b>	<b>-1833</b>
Våd organisk jord		<b>-1833</b>	<b>-1833</b>	<b>-1833</b>

Der er ikke præcise opgørelser over hvor lang en tidsperiode, man kan antage, at tilvæksten i jordens pulje af organisk bundet C fortsætter lineært. Det vides med sikkerhed, at næringsfattige områder kan fortsætte ophobning i tusinder af år og udvikle sig til højmoser. For næringsrige områder er skov klimaksvegetation, hvorfor man måske i princippet kan opføre den totale kulstoflagring svarende til skovrejsning, hvis arealet helt får lov at passe sig selv? Det samme er ikke nødvendigvis tilfældet, hvis arealet forudsættes fortsat at være lysåbent, dvs. under fortsat drift i hele bindingsperioden. Da man mangler validerede data til at kunne sige andet, forudsætter Gyldenkerne lineær vækst i en given opgørelsesperiode (p.m.).

**B<sub>CO<sub>2</sub></sub>: Emission CO<sub>2</sub>**

Ændringen i CO<sub>2</sub> emission kan opgøres efter samme metode som for organiske jorde men med omvendt fortegn, idet hævnning af vandstand forventes at stoppe igangværende mineralisering, som er årsag til CO<sub>2</sub> dannelsen.

Med udgangspunkt i Søren Elsnab Olesen's kapitel om organiske jorder er nedenstående tabel udarbejdet over emissionsfaktorer, som er gældende for danske organiske jorder. IPCC opgiver i Tier 1 standardfaktorer på 1 t ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i koldt, tempereret klima og 10 t C ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i tropiske egne. På baggrund af klimatabeller og nedbørsforhold er faktorerne korrigeret til danske forhold. Olesen skelner mellem henholdsvis dyb og grund organisk jord defineret ved forekomst af organiske jordlag i 1 m dybde. De dybe organiske jorder emitterer op til 8 ton CO<sub>2</sub>-C/ha/år fra drænet sædskifteareal. Den præcise lokation af de grunde og dybe organiske jorder kan ikke bestemmes på landsbasis, hvorfor en relativ fordeling 38/62 er anvendt som et landsgennemsnit, fordelt ligeligt på alle jordtyper. Olesen antager derudover, at ca. halvdelen af arealerne i kategorien brak med græs og græs udenfor omdrift som udgangspunkt er våde. På våde arealer sker der ingen emission, men derimod opbygning af organisk materiale, som angivet i foregående punkt.

**Tabel 6. Kulstof emission ved forskellige arealanvendelser****CO<sub>2</sub> - emissionsfaktor / kg C**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
Tør mineraljord		0	0	0
Tør organisk jord	5000	5000	3000	3000
Våd mineraljord		0	0	0
Våd organisk jord		0	0	0

**CO<sub>2</sub> - emissionsfaktor / kg CO<sub>2</sub>**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
Tør mineraljord	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Tør organisk jord	<b>18333</b>	<b>18333</b>	<b>11000</b>	<b>11000</b>
Våd mineraljord	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Våd organisk jord	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Som udgangspunkt for beregningerne, der ligger til grund for opgørelsen over gårdfællesskabets jorder benyttes standardfaktorer svarende til grund organisk jord.

Konsekvensen af vandfluktuationer for mineralisering og opbygning af organisk stof er vanskelig at fastlægge. Ifølge Carl Christian Hoffmann, DMU p.m. 28/1-05, har man i nogle områder overraskende oplevet en øget mineralisering på engarealer efter reetablering af våde enge. Man har en forventning om, at det kan skyldes meget store svingninger i vandstanden over korte tidsintervaller, men grundlæggende er det svært at forklare, da viden om hvilke faktorer, der hæmmer omsætningen af organisk stof under vandmættede forhold ikke er tilstrækkeligt udbygget i dag. Naturlige fluktuationer i vandstanden over året, som fx forskel på sommer- og vintervandstand har ikke betydning herfor. Der synes dog både i IPCC og blandt de fleste forskere at være enighed om, at vådområder som oftest fungerer som kulstoflagre under opbygning af organisk materiale, hvorfor den antagelse lægges til bund for denne opgørelse.

**E<sub>N<sub>2</sub>O</sub>: Emission N<sub>2</sub>O**

Ændring i emission af lattergas er som ovenstående beregnet som emissionen fra organiske jorder med omvendt fortegn, hvilket indebærer en antagelse om, at emissionen er nul efter ophørt dræning. Emissionen fra mineraljorder i sædskiftet som følge af gødskning eller omsætning i jorden af organisk materiale er ikke indregnet. Den eksisterende emission fra organiske jorder beregnes på baggrund af en emissionsfaktor, der angiver emissionen pr. ha pr år multipliceret med arealet.

Den aktuelle emissionsfaktor for N<sub>2</sub>O beregnes ud fra følgende formel

$$EF_{DOS,N_2O} = CO_2 - C * \frac{1}{C:N} * 0,0125$$

hvor CO<sub>2</sub>-C er den estimerede mængde oxideret C, svarende til den beregnede mængde frigivet CO<sub>2</sub>-C, som den er opgjort for arealet på baggrund af emissionsfaktorer opgivet i foregående afsnit. C:N-forholdet er som et gennemsnit sat til 20 for organiske jorder. Faktoren 0,0125 er en standard IPCC faktor for lattergasdannelsen ud fra andelen af omsat kvælstof. Gyldenkerne (2005) s, 42.

Udfra ovenstående kan følgende tabel over N<sub>2</sub>O emission udarbejdes.

**Tabel 7. Lattergas emission ved forskellige arealanvendelser**

**N<sub>2</sub>O-emission = emitteret C/20\*0,0125 / kg N**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
Tør mineraljord		0	0	0
Tør organisk jord		3,125	3,125	1,875
Våd mineraljord		0	0	0
Våd organisk jord		0	0	0

**N<sub>2</sub>O-emission = emitteret C/20\*0,0125 / kg N<sub>2</sub>O**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
Tør mineraljord		0,0	0,0	0,0
Tør organisk jord		4,9	4,9	2,9
Våd mineraljord		0,0	0,0	0,0
Våd organisk jord		0,0	0,0	0,0

**N<sub>2</sub>O-emission i CO<sub>2</sub> ækvivalenter = faktor 310**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
Tør mineraljord		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Tør organisk jord		<b>1522,3</b>	<b>1522,3</b>	<b>913,4</b>
Våd mineraljord		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Våd organisk jord		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

Emission af lattergas er alene forbundet med tør organisk jord, hvor der sker en kraftig omsætning af organisk materiale. Det antages, at arealerne forud for afbrydning af drænen i forvejen er drevet med lavt gødningstilførsel, hvorfor emissionen af lattergas fra tilført husdyrgødning sættes til 0 i baseline.

E<sub>CH<sub>4</sub></sub>: Emission CH<sub>4</sub>

For ændringen i CH<sub>4</sub>-emissionen anvendes IPCCs standard på -20 kg CH<sub>4</sub>-C ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>, svarende til 26,7 kg CH<sub>4</sub>/ha/år. Methan har et GWP på 21. IPCC refererer til målinger på ferske enge, hvor nettoeffekten af vådområder = 0 målt i CO<sub>2</sub> ækvivalenter udlignet af methan frigivelser på mellem 7 og 40 g/m<sup>2</sup>/år (mellem 70 og 400 kg/ha/år) (IPCC fact sheet 4.18).

**Tabel 8. Methanemission på våde jorder**

**CH<sub>4</sub> - emission 20 kg CH<sub>4</sub>-C/ha**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
Tør mineraljord		0	0	0
Tør organisk jord		0	0	0
Våd mineraljord		20	20	20
Våd organisk jord		20	20	20

#### **CH4 - emission kg CH4**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
Tør mineraljord		0,0	0,0	0,0
Tør organisk jord		0,0	0,0	0,0
Våd mineraljord		26,7	26,7	26,7
Våd organisk jord		26,7	26,7	26,7

#### **CH4 - emission CO2 ækvivalenter faktor 21**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
Tør mineraljord		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Tør organisk jord		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Våd mineraljord		<b>560,0</b>	<b>560,0</b>	<b>560,0</b>
Våd organisk jord		<b>560,0</b>	<b>560,0</b>	<b>560,0</b>

Den kritiske faktor for 'anvendeligheden' af vådområder som middel til reduktion af drivhusgasser er områdets efterfølgende emission af metan. I pkt 4.4.6 Wetland Management angives ligefrem at ferske enge (freshwater wetlands) kan være en lille netto kilde til DHG, hvilket også konkluderes i van den Bos, kap 6. Methanfrigivelse synes at være nært forbundet med grundvandsspejlets niveau under terræn, se Petersen, tabel A.2. "*Methanudledningen stiger betydeligt, hvis vandstanden hæves til 5-10 cm under terræn, hvorimod den næsten kan ignoreres ved vandstand på 20-25 cm under terræn.*" DJF 109, s 58. Petersen anslår et snit under danske forhold på 400 kg CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup>år<sup>-1</sup>. Faktoren for metan emission, som den er sat i Gyldenkerne synes alt for lille, men der er ikke pt. et bedre bud.

#### **Modelresultater**

Med baggrund i ovenstående tabeller kan der opstilles en værdi for et givent områdes teoretiske drivhusgas-belastning. Tabellen er fremkommet ved simpel addition af ovenstående værdier for CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O og CH<sub>4</sub> opgivet i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Af tabellen fremgår umiddelbart, at det primært er de organiske jorder, som er interessante i forbindelse med afbrydning af dræn i og med, at nettoændringen er størst her, da arealernes omsætningshastighed under tørre forhold er voldsom, uanset om de er i omdrift eller udtaget. Der er tillige en gevinst at hente ved ændret arealanvendelse på de organiske jorder fx ved at flytte et areal fra græs i omdrift til permanent græs.

Mineraljorderne giver i denne model uafhængigt af nuværende arealanvendelse kun en lille gevinst ved afbrydning af dræn.

**Tabel 9. CO<sub>2</sub>-belastning i CO<sub>2</sub> ækvivalenter**

	Sædskifteareal	Græs i omdrift	Brak med græs	Græs udenfor omdrift
<b>Tør mineraljord</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Tør organisk jord</b>		<b>19856</b>	<b>19856</b>	<b>11913</b>
<b>Våd mineraljord</b>		<b>-1273</b>	<b>-1273</b>	<b>-1273</b>
<b>Våd organisk jord</b>		<b>-1273</b>	<b>-1273</b>	<b>-1273</b>

Fordele kan beregnes ved følgende:

Omdriftsarealer (ikke brak), organisk og tør til våd brak el perm græs	21129
Tør organisk brak og perm græs til våd	13187
Tør mineral til våd	1273
Omdriftsarealer, organisk, tør til brak el perm græs, tør	7942

Ovenstående kan bruges til et overslag over en evt. økonomisk gevinst ved tiltaget baseret på CO<sub>2</sub>-pris på 148 kr./ t CO<sub>2</sub>, som svarer til Future Forest 'dedicate a tree' koncept. I flg. Future Forests ekvivalerer 1 træ 0,2 t C, svarende til 733 kg CO<sub>2</sub>. 1 træ koster 10 £ (kurs 1.076) = 108 kr./0,2 t C = 540 kr./t C = 148 kr./t CO<sub>2</sub>.

Future forest arbejder ud fra følgende definition på kulstoflagring

"An amount of carbon withdrawn from the atmosphere by storage in vegetation and soil for sufficient time to compensate for atmospheric warming over 100 years caused by the emission of a specified quantity of CO<sub>2</sub> or another greenhouse gas".

Hvis Barritskov vælger at arbejde med samme tidshorisont, indebærer det, at den potentielle kulstoflagring i et vådområde kan opgøres som den samlede gevinst set over en 100-årig periode.

Økonomien i vådområder til CO<sub>2</sub> lagring tegner sig dermed således, forudsat at der kan regnes i CO<sub>2</sub> ækvivalenter.

**Tabel 10. Nettogevinster omregnet til kr.**

Fordele kan beregnes ved følgende	tons CO ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>	kr. ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>	kr. ha <sup>-1</sup> 100 år
Omdriftsarealer (+brak), organisk, tør → våd			
organisk brak el perm græs:	21.129	3.127	312.700
Tør organisk brak og perm græs → våd:	13.187	1.952	195.200
Tør mineral → våd:	1.273	188	18.800
Omdriftsarealer, organisk, tør → brak el perm græs,			
tør:	7.942	1.175	117.500

Man kan stille spørgsmålstejn ved, om CO<sub>2</sub> opbygningen kan forventes at være konstant, hvorfor det måske er nødvendigt med nogle redskaber til at kunne bestemme, hvornår lagringen eventuelt vil flade ud og systemet nå sit maksimum. For næringsfattige områder er der formentlig tale om meget lange tidshorisonter – flere tusinde år - hvor ophobningen er lineært voksende, men tvivlsomt om det vil gælde for næringsrige engarealer, der sikkert vil vise tendens til logistisk vækst.

### Opgørelse for Barritskov inkl. Møgelkær

29 ha af Barritskovs organiske jorder er sædskifteareal, 2 ha græs i omdrift. Ved afbrydning af dræn på disse forventes ca. halvdelen efterfølgende at kunne regnes for våde. Det vil sige, at i opgørelsen overgår 15, 5 ha fra kategorien tør, organisk sædskifteareal/græs i omdrift til kategorien tør organisk græs udenfor omdrift og 15,5 ha fra tør, organisk sædskifteareal/græs i omdrift til kategorien våd organisk græs udenfor omdrift. 10 ha overgår fra tør organisk græs i omdrift til våd organisk græs i omdrift. Der forudsættes ingen emissionsændring på de eksisterende 26 ha, der er klassificeret som våd organisk jord.

Ud fra ovenstående antagelser kan det samlede CO<sub>2</sub>-reduktionspotentiale på gården som følge af ændrede dræningsforhold beregnes i årlige CO<sub>2</sub>-ækvivalenter.

**Tabel 11. Økonomiske konsekvenser af CO<sub>2</sub>-e lagringspotentiale i Barritskov og Møgelkær**

Omdriftsarealer (±brak), organisk, tør → våd organisk brak el perm græs	15,5 ha	327 ton CO <sub>2</sub> -e
Tør organisk brak og perm græs → våd		
Tør mineral → våd		
Omdriftsarealer, organisk, tør → brak el perm græs, tør	15,5 ha	123 ton CO <sub>2</sub> -e
I alt at forvente pr. år ved afbrydning af dræn på de organiske jorder		450 ton CO <sub>2</sub> -e
Svarende til ca.		66.600 kr/år

Der er betydelige usikkerheder forbundet med nærværende opgørelse, da der mangler empirisk validering og dokumentation af danske forhold for de emissionsfaktorer, der ligger til grund for beregningerne.

### Delkonklusion og perspektivering – ændret hydrologi

På baggrund af jordtypefordelingen på selve Barritskov må konklusionen på nærværende være, at udbredelsen af relevante organiske jorder er så lille, at det ikke kan betale sig at undersøge mulighederne for vandstandshævning herpå nærmere. 94% af relevante organiske jorder udgøres af tilforpagtede arealer på Møgelkær. Relevant organisk jord er defineret som organisk jord i sædskiftet eller med græs i omdrift.

I og med at lagringspotentialet for organisk jord er direkte proportionalt med intensiteten af nuværende drift passer bedriftens nuværende strategi om ekstensivering af følsomme arealer dårligt med en langsigtet plan om at kunne finansiere naturtiltag via salg af kulstof-certifikater.

Med baggrund i de tilgængelige værdier for effekten af afbrydning af dræn på mineraljorder, 1,273 t CO<sub>2</sub>-e/ha/år (svarende til 188 kr/ha/år), vurderes det, at dette isoleret set er for lidt til at være interessant. Dertil skal lægges, at hvis marken fx overgår fra intensiv græs til ekstensiv græs vil det efter nuværende modelberegninger (se s. 9) medføre, at jordens C-indhold forbliver uændret, ca. 110 t C/ha, i stedet for at øges til 125 t C/ha (set over en 20-årig periode). Det medfører reelt en negativ faktor i forhold til baseline på 0,75 t C/ha/år eller 2,75 tons CO<sub>2</sub>/ha/år. Denne manglende opbygning skal principielt indregnes som tab, hvis man benytter sig af beregning efter nettoændringsprincippet, hvorved det samlede resultat for tiltaget bliver negativt set over en 20-årig periode.

Vidensniveauet omkring de processer, der er afgørende for bestemmelsen af lagring af kulstof under ændrede hydrologiske forhold er endnu meget overordnet og indikerer mere en tendens af effekten af forskellige tiltag end en faktisk målbar effekt. Dertil kommer, at en lang række af de undersøgelser og referenceværdier, der foreligger baserer sig på målinger foretaget i store udstrakte mose- og vådområder eller på deciderede spagnumarealer og ikke med sikkerhed kan overføres til landbrugsarealer.

For at komme videre kræves konkrete målinger på konkrete tiltag. Med dette for øje kunne Barritskov forsøge at finde samarbejdspartnere indenfor den danske forskerverden, fx DMU, DJF eller Landbohøjskolen hvis der foreligger planer om at afbryde dræn på specifikke arealer inden et sådan tiltag iværksættes.

---

Samarbejdet kunne vedrøre

- Målinger på selve arealet over det nuværende C-indhold og omsætningshastighed
- Udarbejdelse af en hydrologisk model over arealet, som kan fastslå effekten af afbrudte dræn på grundvandsspejlet
- Udvikling af præcise metoder til bestemmelse af methan-emission
- Denitrifikations betydning for lattergas-emission
- Hvordan modeller for driftsændringer kan indarbejdes i modeller for ændrede hydrologiske forhold
- Effekten af at lade arealet springe i skov, hvorved den totale potentielle biomasse kan forøges

## Skoven som kulstoflager

I nærværende kapitel behandles skovens rolle i forbindelse med lagring af kulstof på Barritskov. Kapitlet vil omhandle følgende:

1. Beskrivelse af skoven (dyrkningsprincipper, drifts- og aldersklassefordeling og vedmasse pr. ultimo 2004).
2. Mulighed for opbygning af vedmassen i skoven ved:
  - a. Valg af træart
  - b. Konvertering fra det traditionelle til det naturnære dyrkningssystem
  - c. Konvertering fra naturnært til urørt skov eksemplificeret ved Suserup Skov
  - d. Etablering af læhegn på landbrugsarealer
  - e. Etablering af solitære træer på landbrugsjord

### Skoven på Barritskov

Den senest udarbejdede driftsplan på Barritskov Skovdistrikt er fra 1998 og var genstand for en kandidatafhandling på Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole på Frederiksberg. En central del af denne afhandling var at beskrive det naturnære driftssystem med fokus på bl.a. sporlægning.

Barritskov Skovdistrikt er kendetegnet ved at have en relativ jævnaldersklassefordeling, hvilket fremgår af nedenstående tabel:

### Arealtabel, ha 2004

#### Driftsklasse

Alder	bøg '04	eg '04	ask '04	a.løv '04	gran '04	a.nål '04	nobilis '04	ngr '04	i alt
0-9	15,0	5,7	12,0	1,0				2,2	35,9
10-19	25,9	10,2	25,0	2,1		0,2		7,3	70,7
20-29	7,8	2,9	15,1	2,4	6,0	2,0		8,8	45,0
30-39	6,5	0,5	7,2	2,9	12,5	2,6	0,3	5,5	38,1
40-49	4,1	2,6	0,7	1,1	6,0	0,5	0,8	2,2	18,1
50-59	4,0	6,2	5,6	0,9	1,5	0,2	0,4	0,4	19,3
60-69	6,9	3,6	9,6	0,5	0,5				21,1
70-79	5,8	0,9	2,6	0,2	0,4				9,9
80-89	5,2	3,4	1,4	0,6		0,2			10,8
90-99	8,1	8,2		0,5		0,4			17,1
100-109	15,3	8,8							24,1
110-119	10,0	3,3							13,3
120-129	1,8								1,8
130-139	1,6	2,7							4,2
140-	1,0	12,7							13,7
	<b>118,9</b>	<b>71,7</b>	<b>79,3</b>	<b>12,1</b>	<b>27,0</b>	<b>6,1</b>	<b>1,5</b>	<b>26,4</b>	<b>343,0</b>

---

Tabellen er lavet på baggrund af aldersklassefordelingen fra 1998, men da bevoksningsdata ikke har været tilgængelige har jeg valgt at antage at 60% (~ 6 år) er overgået til en ældre aldersklasse i forhold til statusen pr. 1998.

I driftsplanen fremgår det at nåletræet langsomt udfases som følge af FSC-certificeringen.

## CO<sub>2</sub> – lagring på Barritskov Skovdistrikt anno 2004, modellen

Modellen for beregning af CO<sub>2</sub> lagringen på Barritskov tager udgangspunkt i vedmasseopgørelsen pr. ha i driftsplanen fra 1998, som er omregnet til CO<sub>2</sub>.

For at omregne m<sup>3</sup> stammemasse for nåletræ og salgbar vedmasse for løvtræ, som er opgjort i driftsplanen, til den totale biomasse (inkl. kviste, grene, rødder, blade/nåle) multipliceres vedmassen med ekspansionsfaktoren, der for løvtræ er 1,2 og nåletræ 1,8 (efter Brunner, 2005 – værdier fra litteraturen).

*Eksempel (bøg i aldersklassen 100-109):*

Biomasse pr. ha = 294 m<sup>3</sup>/ha \* 1,2 = 353 tons biomasse pr. ha

Dernæst korrigeres for de enkelte træarters rumtæthed for at omregne den friske biomasse til tons tørstof (efter Moltesen 1988).

Træart	Runtæthed (t tørstof/m <sup>3</sup> frisk volumen)
Gran	0,38
Bøg, Ask	0,56
Eg	0,57
Andet løv (Ær, ahorn)	0,49

*Eksempel (bøg i aldersklassen 100-109):*

Tørstofmængde pr. ha = 353 \* 0,56 = 198 tons tørstof pr. ha

Tørstofmængden omregnes herefter til kulstofindholdet, hvilket udgør 50 %. For at omregne den bundne mængde kulstof til en tilsvarende mængde CO<sub>2</sub>, multipliceres kulstofmængden med forholdet mellem CO<sub>2</sub> molekylets og kulstofatomets vægt (44/12 ~ 3,67).

*Eksempel (bøg i aldersklassen 100-109):*

CO<sub>2</sub>-lagring pr. ha = 198 \* 0,5 \* 3,67 = 363 tons CO<sub>2</sub> pr. ha

Denne beregning er gennemført for samtlige drifts- og aldersklasser og forløbet er gengivet i tabellerne.

I de enkelte aldersklasser er vedmassen opgjort ved taksation. Hvor der ikke fandtes tal, er tallene fundet i tilvækstoversigterne. Ekspansionsfaktoren som anvendes er en værdi fra litteraturen. Skal den totale

biomasse derfor sælges som en del af et CO<sub>2</sub>-certifikat kræver det således en validering af ekspansionsfaktoren på Barritskov Skovdistrikt.

### Biomassetabel\*, m<sup>3</sup>/ha 1998 Driftsklasse

Alder	bøg	eg	ask	a.løv	gran	a.nål	nobilis	ngr	Vægtet gns.
0-9	205	10	162	0	0	0		13	142
10-19	76	34	58	173	0	202		0	59
20-29	79	37	103	130	250	238		171	135
30-39	140	138	98	149	463	524	189	225	278
40-49	241	203	169	192	704	218	232	140	371
50-59	280	220	270	238	904	218	232	140	299
60-69	319	241	224	230	1098	0			280
70-79	300	324	251	222	1098	0			322
80-89	436	344	337	335		468			390
90-99	343	352				468			340
100-109	353	354							353
110-119	584	337							523
120-129	540	347							540
130-139	553	394							452
140-	569	283							304
<b>Vægtet gns.</b>	<b>263,0</b>	<b>230,8</b>	<b>133,5</b>	<b>154,4</b>	<b>515,3</b>	<b>380,6</b>	<b>223,0</b>	<b>118,8</b>	<b>233,2</b>

Tallene med blå og fed skrift er tal taget fra tilvækstoversigterne.

Ud fra ovenstående vedmassetabel er der lavet en beregning af CO<sub>2</sub>-lagret pr. ha for en given drifts- og aldersklasse. Disse data er gengivet i nedenstående tabel:

### Lagring af CO<sub>2</sub> pr. hektar (tons) Driftsklasse

Rumtæthed: Alder	0,56 bøg	0,57 eg	0,56 ask	0,49 a.løv	0,38 gran	0,38 a.nål	0,38 nobilis	0,38 ngr	Vægtet gns.
0-9	211	10	166	0	0	0	0	9	146
10-19	78	35	59	155	0	140	0	0	59
20-29	81	39	106	116	174	166	0	119	112
30-39	144	144	101	134	322	365	132	157	211
40-49	248	212	174	172	490	152	162	98	292
50-59	287	229	277	213	630	152	162	98	281
60-69	328	252	230	207	765	0	0	0	279
70-79	308	339	257	199	765	0	0	0	315
80-89	447	360	346	301	0	326	0	0	396
90-99	352	367	0	0	0	326	0	0	349
100-109	362	370	0	0	0	0	0	0	365
110-119	600	352	0	0	0	0	0	0	538
120-129	554	362	0	0	0	0	0	0	554
130-139	568	411	0	0	0	0	0	0	469
140-	584	296	0	0	0	0	0	0	317
<b>Vægtet gns.</b>	<b>270</b>	<b>241</b>	<b>137</b>	<b>139</b>	<b>359</b>	<b>265</b>	<b>155</b>	<b>83</b>	<b>221</b>

Med ovenstående antagelser er CO<sub>2</sub>-lagret på Barritskov (angivet i tons):

### CO<sub>2</sub>-lagring på Barritskov Skovdistrikt Driftsklasse

Alder	bøg	eg	ask	a.løv	gran	a.nål	nobilis	ngr	i alt
0-9	3160	57	1996	0	0	0	0	19	5232
10-19	2007	360	1481	320	0	34	0	0	4201
20-29	634	113	1598	284	1053	324	0	1048	5054
30-39	937	69	729	385	4028	963	42	865	8020
40-49	1025	559	115	193	2961	73	123	217	5267
50-59	1154	1432	1563	196	932	27	68	35	5408
60-69	2255	912	2207	99	398	0	0	0	5871
70-79	1793	291	680	32	321	0	0	0	3117
80-89	2334	1209	499	168	0	78	0	0	4289
90-99	2861	3006	0	0	0	117	0	0	5984
100-109	5527	3255	0	0	0	0	0	0	8783
110-119	5976	1163	0	0	0	0	0	0	7139
120-129	976	0	0	0	0	0	0	0	976
130-139	886	1102	0	0	0	0	0	0	1988
140-	584	3764	0	0	0	0	0	0	4348
	<b>32109</b>	<b>17293</b>	<b>10867</b>	<b>1678</b>	<b>9693</b>	<b>1617</b>	<b>233</b>	<b>2185</b>	<b>75677</b>

I ovenstående beregning er der set bort fra humusindholdet i jorden. Det forventes at der ligger en markant kulstofpulje i jorden, men da man anvender et nettoændringsprincip har jeg valgt at se bort fra dette element. Det kræver også en mere tilbunds gående analyse af humusophobningen på Barritskov før man får mere valide data.

Data i ovenstående tabel er knyttet med en vis usikkerhed, idet der for det første er foretaget en simpel fremskrivning af arealtabellen fra 1998, derudover er hele princippet i beregningen "gennemsnitstal", som er taksationstal fra 1998 som ligeledes er behæftet med en vis usikkerhed.

En anden væsentlig fejlkilde er tilvækstoversigterne som er grundlaget for den samlede vedmasseberegning. Ifølge Henriksen (1988) kan den praktiserede hugststyrke og -praksis i løvtræ variere meget i de danske skove. Man anvender ofte tilvækstoversigter og deres principper som værende normen, dette på trods af at praksis har ændret sig fra det som var grundlaget i tilvækstoversigterne. Med andre ord, tilvækstoversigterne er ikke i tråd med den fremherskende hugstpraksis.

### Konvertering af skovdrift til naturnær fra det traditionelle dyrkningsprincip

*Tese: Ved konvertering af skovdriften fra den traditionelle dyrkningspraksis til naturnær skovdrift vil der ske en markant forøgelse af vedmassen på Barritskov.*

Barritskov Skovdistrikt er kendetegnet ved at have en relativ jævn aldersklassefordeling. Pr. 2004 er den samlede vedmasse 61.000 m<sup>3</sup> og for skoven som gennemsnit 178 m<sup>3</sup>/ha. I det naturnære dyrkningssystem

forventes at der kommer to systemer: BØG/ASK og EG afhængig af jordbundens fugtighed. De er foretaget en række antagelser som er angivet i tabellen:

Baggrunden for antagelserne vedr. vedmasserne er en række bevoksninger som antages at være repræsentative for de tilstræbte systemer. For BØG/ASK er det: Afd. 45, Afd. 41.G. For EG er det Afd. 63,C.

Endeligt antages det, at skoven vil være 100 % domineret af de to systemer således at andre træarter såsom Gran, nobilis mfl. bliver udfaset indenfor de kommende 100-150 år, som er tidshorisonten der opereres med.

Beregninger inkl. antagelser er gengivet i nedenstående tabel:

Parameter	BØG/ASK	EG
Fordeling	50 %	50 %
Areal	161 ha	161 ha
Vedmasse pr. ha	400 m <sup>3</sup>	320 m <sup>3</sup>
Biomasse pr. ha*	480 m <sup>3</sup>	384 m <sup>3</sup>
Tørstof pr. ha**	269 t	219 t
CO <sub>2</sub> pr. ha***	493 t	402 t
CO <sub>2</sub> -lagring i systemerne	79.373 t	64.722 t
I alt		144.095 t

\* Vedmassen pr. ha er omregnet til den totale friske biomasse vha. ekspansionsfaktoren 1,2.

\*\* Tørstof er beregnet med rumtæthed 0,56 for BØG/ASK og 0,57 for EG.

\*\*\* CO<sub>2</sub> er beregnet ved at multiplicere med 0,5 kulstof-faktoren og omregningsfaktoren til CO<sub>2</sub> (3,67).

Sammenholdes dette med det CO<sub>2</sub>-lagret pr. 2004, som er 75.677 tons er det en forøgelse på 68.418 tons CO<sub>2</sub>. Anvendes en afregningspris på 148 kr./tons CO<sub>2</sub> giver det en samlet værdi ved konverteringen på **10.125.864 kr.**

Der er de samme usikkerhedsfaktorer som beskrevet i ovenstående afsnit med status af skoven anno 2004 vedr. ekspansionsfaktoren m.m. Endvidere skal antagelser vedr. vedmassen, fordelingen m.m. valideres.

### Etablering af hegn

Igennem de seneste 10 år er der med tilskud plantet i gennemsnit 1.000 km 3- eller 6-rækkede læhegn i Danmark og størstedelen er plantet i de sandede jyske egne. Etablering af hegn er således et muligt middel til at opnå de internationale forpligtigelser i Kyoto protokollen. For nærværende projekt er det således også relevant at se på potentialet i dette menneskeinducerede tiltag.

Pt. findes der ikke tilgængelige statistiske oplysninger om biomasse samt om tilvæksten i de danske hegn. Hedeselskabet A/S har imidlertid i vinteren 2003/2004 foretaget udtyndinger af biomasse i 20-30 år gamle

“nye” hegn til flis, der anvendes i kraftvarmeværker. I udtyndingerne blev al biomasse, incl. kviste udtaget. I alt blev der tyndet ca. 36 km læhegn svarende til ca. 18 ha. Samlet blev der produceret 6300 rummeter flis, hvilket svarer til ca. 2100 m<sup>3</sup> fast ved. Ca. 45% af den samlede stående masse blev udtaget. Det medfører at den stående masse kan opgøres til 4700 m<sup>3</sup> eller til ca. 260 m<sup>3</sup> pr. ha (Christensen 2004).

Artssammensætningen i de etablerede hegn omfatter op til 50 forskellige arter, hvoraf nogle er hurtigvoksende og fungerer som ammetræer. Biomassetilvæksten kan derfor ikke antages at følge en normal eksponentiel funktion for løvfældende træer i skove. I de ovenstående tal for 2003/2004 hvor hegnene i gennemsnit har været 25 år gamle, vil der under antagelse af lineær tilvækst være en årlig tilvækst på ca. 10 m<sup>3</sup> pr. ha pr. år eller ca. 5 m<sup>3</sup> pr. km 3-rækket læhegn.

Den model der arbejdes med i nærværende projekt er et 3-rækket læhegn, og det antages at hegnet har en bredde på 5 meter.

Endvidere antages det:

- at der pga. af den mangeartede artssammensætning i de nye hegn anvendes en lineær tilvækstmodel for hegnene
- første udtynding sker efter 25 år
- 45% af den overjordiske biomasse udtages ved tyndingen
- efter det 25. år forventes udtynding at ske hvert 10. år
- der ses bort fra den underjordiske biomasse

For såvel løv som nål anvendes samme  $CF$  (ton C ton<sup>-1</sup> total biomasse). Ekspansionsfaktoren for nåletræer er større end for løvtræer, da vedmassemødelkerne ikke inkluderer noget af kronemassen for nåletræer. Derfor er ekspansionsfaktoren sat til 1,2 for løvtræ og 1,8 for nåletræer (Lars Vesterdal, 2004).

Parametre anvendt ved beregning af C i hegn.

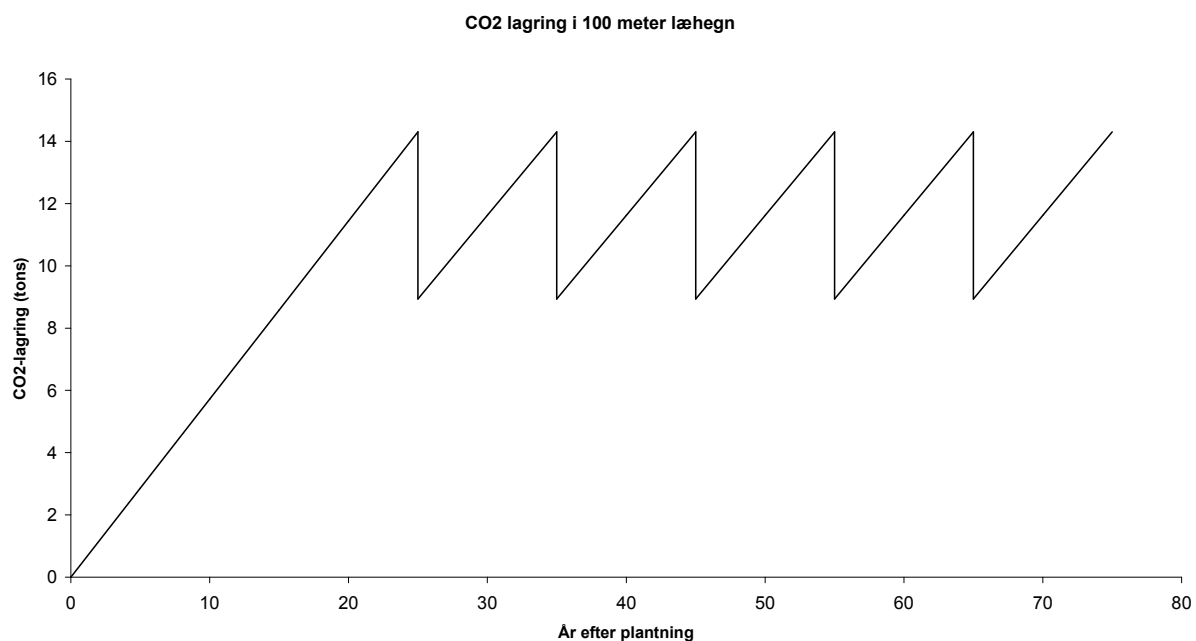
	Nyt hegn (3-rk.)
Fast masse, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> , B	260
Rumvægt, bøg, $d_b$	0,56
Rumvægt, gran, $d_g$	0,37
Rumvægt anvendt til beregning, $d_{ny}$	0,50
Ekspansionsfaktor, $BEF$	1,20
Biomasse fast ved, m <sup>3</sup> per ha	156
t C t biomasse <sup>-1</sup> , $CF$	0,50
t C ha <sup>-1</sup> hegn	78

$CF$  er antaget ens for alle hegn, svarende til 0,50.

I nedenstående tabel er beregningerne gengivet.

År efter plantning (år)	Biomasse m3/ha	Omregning	Kulstof pr. 100 m. hegn (tons) 0,5	CO2 pr. 100 m. hegn (tons) 3,67	Gennemsnit tons/ 100 m hegn	Bemærkning
		5% Pr. 100 m hegn				
0	0	0,00	0,00	0,00		
5	31,2	1,56	0,78	2,86		
10	62,4	3,12	1,56	5,72		
15	93,6	4,68	2,34	8,58		
20	124,8	6,24	3,12	11,44		
25	156	7,80	3,90	14,30		1. udtynding
25	97,5	4,88	2,44	8,94		
30	126,75	6,34	3,17	11,62	11,62	
35	156	7,80	3,90	14,30		2. udtynding
35	97,5	4,88	2,44	8,94		
40	126,75	6,34	3,17	11,62	11,62	
45	156	7,80	3,90	14,30		3. udtynding
45	97,5	4,88	2,44	8,94		
50	126,75	6,34	3,17	11,62	11,62	
55	156	7,80	3,90	14,30		4. udtynding
55	97,5	4,88	2,44	8,94		
60	126,75	6,34	3,17	11,62	11,62	
65	156	7,80	3,90	14,30		5. udtynding
65	97,5	4,88	2,44	8,94		
70	126,75	6,34	3,17	11,62	11,62	
75	156	7,80	3,90	14,30		6. udtynding

Og grafisk udviklingen således ud.



---

På grafen ses udviklingen i den overjordiske biomasse. Der er en lineær stigning i biomassetilvæksten frem til det 25. år og herefter er der gennemsnitligt bundet 11,62 tons CO<sub>2</sub> pr. 100 meter hegn.

Med en CO<sub>2</sub>-pris på 148 kr./ t CO<sub>2</sub>, giver det en værdi af 100 meter hegn på 1.720 kr. Det antages i forbindelse med denne beregning at etablering af hegn ikke har en negativ effekt på kulstof-puljen i jorden.

For et mere detaljeret indblik i beregningerne henvises til bilaget herom.

### Etablering af solitære træer

Etablering af solitære træer på marker er et vedvarende kulstoflager og således et potentielt tiltag i forbindelse med optimering af kulstoflagringen på Barritskov. I beregningen af kulstofpuljen er der foretaget følgende antagelser:

- træarten er EG
- vedmassen er beregnet ud fra tilvækstoversigterne bonitet 1 (C. M. Møller, 1933)
- til vedmassen fra tilvækstoversigten er lagt 30%, da træet har en uhindret fotosyntese i forhold til en egebevoksning i en skov.
- ekspansionsfaktoren 1,2 er anvendt til beregning af den total friske biomasse (stamme, kviste, grene, blade m.m.)
- humusopbygning, der antages at der er en gradient fra træet og 5 meter ud. Ved træet er humus ophobning lig skovjord mens den ved 5 meter svarer til traditionel landbrugsjord (data er taget fra Vesterdal et al. (2002))

I nedenstående tabel er der foretaget en vedmasse beregning på baggrund af ovenstående antagelser. I beregningen er der taget udgangspunkt i C. M. Møllers tilvækstoversigt for eg i skovbevoksning, da solitære træer har en mere uhindret fotosyntese har jeg skønnet at et solitær træ har en 30% større vedmasse end et tilsvarende træ i en skov.

Der er ikke medtaget grene og kviste med en diameter mindre end 5 cm.

Alder	Stamtal	Volumen	Vol. pr. træ	Solitær faktor	Rod-biomasse*	Omregn. kbm->tons	kulstof-omregn.faktor	CO2 (tons)
År	Antal	>5 cm	kbm	30%	20%	57%	0,5	3,67
105	95	271	2,85	3,71	0,74	2,54	1,27	4,65
110	86	276	3,21	4,17	0,83	2,85	1,43	5,23
115	78	281	3,60	4,68	0,94	3,20	1,60	5,87
120	71	285	4,01	5,22	1,04	3,57	1,78	6,54
126	64	289	4,52	5,87	1,17	4,02	2,01	7,36
132	58	293	5,05	6,57	1,31	4,49	2,25	8,24
138	52	296	5,69	7,40	1,48	5,06	2,53	9,28
144	47	299	6,36	8,27	1,65	5,66	2,83	10,37
150	42	301	7,17	9,32	1,86	6,37	3,19	11,68

\* Lig ekspansionsfaktoren jf. Brunner 2005.

Udover at der ske en vedmasseopbygning antages det at der sker en ændring af humusindholdet i jorden. Det antages således at humusindholdet i jorden omkring træet svarer til en skov jord og dette indhold falder lineært til alm. landbrugsjord i en afstand af 5 meter fra træet.

Arealet der er påvirket af solitær træet er (  $\times 5^2$ ) 78,6 kvm

C-lager i jorden under en 200 år gammel skov er 77 tons/ha. hvilket svarer til 282  
tons CO<sub>2</sub> / ha

C-lager i landbrugsjord (Vesterdal et al 2002, figur 4a) er 66,05 tons/ha. hvilket svarer til 242  
tons CO<sub>2</sub> / ha

Humusopbygning resulterer i en lagring af 0,158 tons CO<sub>2</sub> /  
træ

Etablering af et solitært egetræ, der har en levetid på min. 150 år resulterer i en samlet lagring af 11,84  
tons CO<sub>2</sub> / træ

Med en CO<sub>2</sub>-pris på 148 kr./ t CO<sub>2</sub>, giver det en værdi af et solitært egetræ 1.752 kr.

For et mere detaljeret indblik i beregningerne henvises til bilaget herom.

### Delkonklusion og perspektivering – skovdelen

Analysen af skovdriften på Barritskov Skovdistrikt har synliggjort med de fejlkilder der er behæftet hertil at det er muligt at opbygge anseelige CO<sub>2</sub>-lagre i vedmasse

Det kan således konkluderes med en CO<sub>2</sub>-pris på 148 kr./ t CO<sub>2</sub>, at:

- 100 meter hegn har en værdi på 1.720 kr.
- Konvertering til et FSC-certificeret naturnært dyrkningssystem har en samlet værdi på 10.125.864 kr.

- 
- Etablering af et solitært egetræ, der har en levetid på min. 150 år har en værdi på 1.752 kr.

Igennem analysen er det blevet klart at der er et stort behov for at få valideret data, da mange af beregningerne er baseret på standarddata fra andre lokaliteter og derudover er der lavet en lang række antagelser som bygger på sund fornuft mere end faktisk viden.

Forslag til konkrete tiltag er:

Naturnære dyrkningssystem:

- dokumentation af diameterfordeling
- opbygning af humus i det naturnære system contra det konventionelle
- validering af rod-biomasse faktoren

Hegn:

- hegnets indflydelse på humusophobning i den omkringliggende jord
- validering af de tyndingsdata for at få et indblik i vedmasseopbygningen
- validering af antagelsen om en lineær tilvækst

Solitære træer:

- validering af tilvækst
- validering af humusophobning i den omkringliggende jord
- validering af rod-biomasse faktoren

Generelt kan det afslutningsvis konkluderes at der er behov for mere detaljeret viden indenfor feltet. Dette kommer sig også til kende ved at der i nærværende projekt ikke er behandlet hvilket betydning etablering af skovmoser har på CO<sub>2</sub>-puljen, da der ifølge Lars Vesterdal ikke er viden herom i DK. Forskningscenter for Skov og Landskab vil således ved at opstarte et projekt som skal afklare disse forhold i danske forhold.

---

## Konklusion

Kapitlet "Påvirkning af jordens kulstofindhold ved ændringer i dyrkningspraksis på landbrugsjord" har sandsynliggjort, at det er muligt at ændre jordens indhold af kulstof ved ændring af dyrkningspraksis. Nogle af resultaterne er baseret på empiriske studier, mens andre er teoretisk generede normtal, som skal anvendes varsomt.

Nærværende rapport har sandsynliggjort at det er muligt at forøge indholdet af kulstof i jorden ved:

- Anvendelse af husdyrgødning frem for handelsgødning (30 % af kulstoffet i husdyrgødningen lagres i jorden)
- Nedmuldning af halm i stedet for fjernelse heraf (11-17 % af kulstoffet i halm lagres i jorden) svarende til 75 kr./ha/år.
- Skift fra efterårspløjning til forårspløjning svarende til 195 kr./ha/år
- Inddragelse af intensivt dyrkede græsmarker kan øge kulstoflagringen signifikant ift. korndyrkning

For flere undersøgelser kan det sammenfattende konkluderes, at sædskifter med overvejende korn, lejlighedsvis efterafgrøder og handelsgødning har tendens til at føre til et nedsat kulstofindhold i jorden.

Kapitlet om "ændrede hydrologiske forhold" har godtgjort, at der på dyrkede organiske jorder er en væsentlig fordel at hente ved ophør med intensiv drift.

Gevinsten kan omregnet i kr. opgøres til kr. 3.127 kr/ha/år. Derimod er der mindre at hente ved ændringer på ekstensivt drevne arealer og afbrydning af dræn på mineraljorder giver med den viden, man har i dag, kun en meget ringe effekt, omregnet til kr. 188 kr/ha/år.

Usikkerheden i forbindelse med etablering af vådområder relaterer sig primært til manglende viden om processerne vedrørende emission af  $N_2O$  og  $CH_4$ .

Udgangspunktet, som er taget i denne rapport er at lattergasemissionen før afbrydelse af dræn alene er korreleret til omsætningen af organisk stof og er 0 efterfølgende. Der kan stilles spørgsmålstejn ved rimeligheden af denne antagelse og der kræves mere viden, idet lattergas på kort sigt er en meget potent drivhusgas, en faktor 310 i forhold til  $CO_2$ , hvorfor kun små mængder i realiteten kan forrykke balancen kraftigt. Der findes i dag kun få opgørelser over lattergas emissionen af vådområder.

Som modellen ser ud i dag er der ikke indgående taget hensyn til effekten af driften af arealet før og efter hævnning af vandstand. Det vides ikke om ændringer i driften kan adderes til effekten af ændringer i hydrologien og i visse tilfælde kan driftstiltag, som umiddelbart vil øge C-indholdet i jorden, fx tilførsel af husdyrgødning, være i direkte modstrid med naturstrategiske ønsker om etablering af et vådområde.

Methan-emissionen er meget afhængig af fremtidig grundvandsstand, hvorfor en præcis hydrologisk model over et givent område bør udarbejdes. Der findes i dag metoder til dette. Det gennemsnitsestimat, der er anvendt for methan-emission på 20 kg/ha/år i DMU's opgørelser synes umiddelbart at være lavt sat, idet

IPCC's undersøgelser viser en variation i metanflux på mellem 7 og 40 g/m<sup>2</sup>/år svarende til mellem 70 og 400 kg. Der findes dog ikke præcise tal for Danmark i dag, men det bør inddrages i overvejelserne vedr. økonomien i dette tiltag, hvordan man vil håndtere eventuelle fremtidige opjusteringer heraf, idet sådanne vil medføre, at CO<sub>2</sub>-balancen kan forrykke sig væsentlig i negativ retning.

Det har været et gennemgående resultat af nærværende arbejde, at såvel det teoretiske som det empiriske grundlag for opgørelse af drivhusgasbelastningen af ændringer i hydrologiske forhold generelt er for usikkert. Der kræves endnu meget udredningsarbejde førend der foreligger data og modeller, der kan lægges til grund for en valideret opgørelse.

Steen Gyldenkærne, DMU, arbejder i øjeblikket på at skaffe projektmidler til et projekt, der mere præcist skal klarlægge de miljømæssige konsekvenser for drivhusgasbalancen af ændringer i arealanvendelse på danske landbrugsbedrifter. Det kunne være interessant for Barritskov at indgå i et samarbejde herom og lægge jord til og derved få klarlagt det konkrete lagringspotentiale på Barritskov.

Analysen af skovdriften på Barritskov Skovdistrikt har synliggjort med de fejkilder der er behæftet hertil at det er muligt at opbygge anseelige CO<sub>2</sub>-lagre i vedmasse. Det kan således konkluderes med en CO<sub>2</sub>-pris på 148 kr./ t CO<sub>2</sub>, at:

- 100 meter hegn har en værdi på 1.720 kr.
- Konvertering til et FSC-certificeret naturnært dyrkningssystem har en samlet værdi på 10.125.864 kr.
- Etablering af et solitært egetræ, der har en levetid på min. 150 år har en værdi på 1.752 kr.

Der er til disse beregninger knyttet en del usikkerhed, hvorfor der er behov for en validering af mange anvendte antagelser.

En samlet oversigt over de i rapporten behandlede tiltag og økonomiske konsekvens heraf er gengivet i nedenstående tabel. Konsekvensberegningen er foretaget med udgangspunkt i den i rapporten anvendte sats på 148 kr./t CO<sub>2</sub>. For tiltag vedr. landbrugsarealer er potentialet opgivet i tons CO<sub>2</sub>/ha/år. For skovene er det opgivet som det totale lagringspotentiale.

Tiltag	Tons CO <sub>2</sub> /ha/år	Kr./ha/år
Halmnedmuldning	0,51	75
Udtagning til vedvarende græs (baseline nuværende dyrkningssystem)	- 1,65	-244
Overgang til intensivt gødet græs (baseline nuværende dyrkningssystem)	6,61	977
Indførsel af efterafgrøde	1,32	195
Skift fra efterårspløjning til forårspløjning	1,32	195

Udtagning af organisk jord	7,94	1.175
Udtagning af org. jord <b>og</b> afbrydning af dræn	21,13	3.127
Afbrydning af dræn på mineraljord	1,28	188
Afbrydning af dræn på udtagne organiske arealer	13,19	1.952

<b>Tiltag</b>	<b>Total tons CO<sub>2</sub></b>	<b>Værdi i kr.</b>
Etablering af 100 m læhegn	11,62	1.720
Solitært træ	11,84	1.752
Konvertering til naturnær skovdrift	68.418	10.125.864

---

## Litteratur

Borch, K. et. al. (2004): *Grønt Teknologisk Fremsyn om Miljøvenligt Landbrug*. Skov og Naturstyrelsen.

Emborg, J., K. Hahn og M. Christensen (red.) (2001): *Urørt skov i Danmark – status for forskning og forvaltning*. Skovbrugsserien nr. 28, Skov og Landskab, Hørsholm, pp. 69.

Finansministeriet m.fl. (2003): *En omkostningseffektiv klimastrategi*.

Gyldenkærne et. al. (2005): *Opgørelse af CO<sub>2</sub>-emissioner fra arealanvendelse og ændringer i arealanvendelse – LULUCF. Metodebeskrivelse samt opgørelse for 1990-2002*.

Gyldenkærne, Steen et al (2004): *Opgørelse af CO<sub>2</sub>-emissioner fra arealanvendelse og*

H.A. Henriksen (1988). *Skoven og dens dyrkning*. Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck A/S

Heidmann et. al. (2001): *Ændringer i indhold af kulstof og kvælstof i dyrket jord. Resultater fra Kvadratnettet 1987-1998*. DJF-rapport nr. 54.

IPCC (1997): *Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook*

IPCC (2003): *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*

IPCC: *Special Report on Land Use, Land-Use Change And Forestry*

Landbrugsemissioner, under korrektur. På notatform.

Miljøstyrelsen (2004): Kort og godt om CO<sub>2</sub> kvoter.

Miljøstyrelsen (2005): *Vejledning i brug af det danske CO<sub>2</sub>-kvoteregister*.

Olesen et. al (2004): *Jordbrug og klimaændringer – samspil til vandmiljøplaner*. DJF-rapport nr. 109-Aug 2004.

Olesen et. al (2005): *Drivhusgasser fra jordbruget – reduktionsmuligheder*. Markbrug nr. 113. Danmarks Jordbrugsforskning

Olson, M. (2002): *Land use strategies for reducing net greenhouse gas emissions – Progress report 1999-2002*. Swedish University of agricultural sciences, Uppsala.

Petersen, Søren O. i: Olesen, J.E. (2004): *Jordbrug og Klimaændringer*, DJF Markbrug nr. 109, August 2004, s. 102-115

---

Raulund-Rasmussen, K. & Hansen, K. (eds.) (2003): *Grundvand fra skove – muligheder og problemer*. Skovbrugsserien nr. 34, Skov og Landskab, Hørsholm, 2003, 122 s. ill.

Signe Anthon, Jette Bredahl Jacobsen & Bo Jellesmark Thorsen (2003): *Skovenes mulige rolle i klimapolitikken: En scenarioanalyse af CO<sub>2</sub>-reduktionspotentiale og marginale økonomiske omkostninger*. Arbejdsrapport nr. 50, Skov og Landskab (FSL)

van den Bos, Remco PhD: *Human influence on carbon fluxes in coastal peatlands; process analysis, quantification and prediction* <http://sheba.geo.vu.nl/~bosr/proefschrift/contents.pdf>

Vesterdal, L. et al (2002): *Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land*. Forest Ecology and Management vol. 169, pp. 137-147.

## Hjemmesider

[www.futureforest.com](http://www.futureforest.com)

## Indholdsfortegnelse (bilag, litteratur)

Mail korrespondance: landbrug

Mail korrespondance: skovbrug

Mail korrespondance: vådområder

Bilag 1	Omregningsfaktorer
Bilag 2	Beregning af CO <sub>2</sub> i skoven
Bilag 3	Beregning af CO <sub>2</sub> i læhegn
Bilag 4	Beregning af CO <sub>2</sub> i solitære træer

---

## Bilag 1 Omregningsfaktorer

### CO<sub>2</sub>

Molekulærvægten for CO<sub>2</sub> er gennemsnitligt 44 g/mol

C = 12 g/mol

O = 16 g/mol

1 ton C =  $44/12 = 3,67$  tons CO<sub>2</sub>

1 ton CO<sub>2</sub> =  $12/44 = 273$  kg C

### N<sub>2</sub>O

Molekulærvægten for N<sub>2</sub>O er gennemsnitligt 44 g/mol

N = 14 g/mol

O = 16 g/mol

1 ton N =  $44/28 = 1,57$  tons N<sub>2</sub>O

1 ton N<sub>2</sub>O =  $28/44 = 636$  kg N

### CH<sub>4</sub>

Molekulærvægten for CH<sub>4</sub> er gennemsnitligt 16 g/mol

C = 12 g/mol

H = 1 g/mol

1 ton C =  $16/12 = 1,33$  tons CH<sub>4</sub>

1 ton CH<sub>4</sub> =  $12/16 = 750$  kg C