

A photograph of a forest with tall, straight trees and a dirt path winding through them. The trees are mostly deciduous with green foliage. The path is made of dirt and gravel, curving to the right. The lighting is soft, suggesting a forest interior.

Klima- skoven

- et effektivt redskab til håndtering
af CO₂-problemet

ESBEN MØLLER MADSEN, ANDERS TÆRØ NIELSEN,
PALLE MADSEN OG PER HILBERT

Klimaskoven

Copyright © Esben Møller Madsen

Udgivelsesår: 2019

1. oplag 3500 stk.

2. oplag 1500 stk.

Distribution til boghandlere: DBK

Forlaget Esben Møller Madsen

madsenesbenmoller@gmail.com

Omslagets forside viser ældre douglasgraner. På bagsiden ses et plankegulv (fra Dinesen) på Sønderborg Slot, som er lavet af træer som dem på forsiden.

ISBN 978-87-971672-0-5

Klimaskoven

- et effektivt redskab til håndtering
af CO₂-problemet

ESBEN MØLLER MADSEN, ANDERS TÆRØ NIELSEN,
PALLE MADSEN OG PER HILBERT

Indhold

Forord	7
Resumé	10
1. Et dilemma med en kraftfuld løsning	15
2. Derfor er træ et kraftfuldt værktøj til CO ₂ -reduktion	19
3. Hvor meget kan skovene gøre ved atmosfærens CO ₂ -indhold?	31
4. En kort skovhistorie	43
5. Biodiversitet	55
6. Omlægning til urørt skov er en klimabelastning	65
7. Når skoven vokser	71
8. Mosaikskove	79
9. Skovrejsning	85
10. Den globale situation - og Danmark	91
11. Perspektivering	99

Bilag

A. Drivhusgasser	104
B. Hvad er biomasse og hvad er energitræ?	106
C. Skovdrift, energitræ og fremtiden	110
D. Substitution	112
E. Geologisk lagring eller BioCCS	114
F. Hvorfor biodiversitet?	116
G. Forkultur og ammetræer	118
H. Beregningsmodel	120
 Litteraturliste	 124
Anvendte forkortelser	126
Forfattere / Fotoliste	128



Når træ bruges, gør det størst klimanytte.
Her ser man bøgekævlér klar til træindustrien.

Forord

Det er velkendt, at levende træer suger CO_2 ud af atmosfæren, når de vokser. Desuden kan træ erstatte en lang række materialer (stål, beton, tegl mm), som i deres fremstilling og forarbejdning medfører udledning af store mængder CO_2 til atmosfæren. Skov og træ kan derfor både lagre og reducere såvel den løbende som den historiske CO_2 -udledning. Det påkalder sig stor interesse i en klimasammenhæng.

Men kan skov og træ få praktiske konsekvenser i en skala, hvor det betyder noget? Og hvad betyder det for biodiversiteten, hvis vi øger skovenes træproduktion?

Vi har derfor to centrale spørgsmål, som kræver svar:

- 1 Hvor effektiv er aktivt skovbrug til at reducere atmosfærens CO_2 egentlig? Det bør kvantificeres.**
- 2 Vil et aktivt skovbrug bringe os i konflikt med ønskerne om at bevare biodiversiteten?**

Begge spørgsmål vil blive besvaret på de følgende sider, hvor de perspektiver, som en øget skovdrift vil medføre, opridses.

Derimod vil vi ikke komme nærmere ind på andre velfærdspolitiske tjenester, som skove og skovbrug også kan bidrage med. Det være sig skovene som ramme for et aktivt friluftsliv og den beskyttelse af vort grundvand, som skovene også giver. Tilsvarende kommer vi ikke ind på, hvordan en hensigtsmæssig skovpolitik kan formuleres; det er en anden opgave.

Vi henvender os først og fremmest til beslutningstagere og mediefolk. Men vi håber, at andre også vil finde temaerne interessante.

Intentionen har været, at læseren uanset forudsætninger kan få en indsigt i og et overblik over området. Ledestjernen har i den forbindelse været at få fremlagt kendsgerningerne så nøgternt som muligt. Med et virkemiddel med så lang en tidshorisont som skovbrug har, er det afgørende, at beslutningsgrundlaget er så oplyst og robust som muligt, så man er rustet til at modstå de mange kortsigtede fristelser, som uvægerligt vil vise sig under vejs.

For ikke at tynde teksten er der kun henvisninger til de kilder, som vi anser for de mest centrale.

Undervejs har en styregruppe givet værdifulde input til forfatterne, hvorfor de takkes. Styregruppen har bestået af Bendt A. Sloth, Christian Wedell-Neergaard, Ebbe Leer, Henrik Thorlacius-Ussing, Thomas Færgeman og Anders Bülow.

Desuden har en lang række personer beredvilligt været os behjælpelig med fakta, synspunkter og billedmateriale. De takkes alle for deres bidrag.

Sidst - men ikke mindst - har følgende fonde og firmaer gjort det økonomisk muligt at få bogen udgivet;

Atlas Timber & Hardwood ApS
Carlsens Langes Legatstiftelse
Dinesen
Foreningen PlanDanmark
Hedeselskabet
Herskind Savværk
Løvenholmfonden
Skovdyrkerne
Træfonden
Vemmetofte Kloster

De bringes hermed en stor tak.

Esben Møller Madsen, Anders Tærø Nielsen,
Palle Madsen og Per Hilbert



Boligbyggeri af træ i Skademosen ved Roskilde.

Resumé

CO₂-reduktion og aktivt skovbrug

- Man kan opnå **30 % reduktion af den årlige danske netto-CO₂-udledning** ved hjælp af aktivt skovbrug. Det forudsætter, at der gennemføres skovrejsning på ca. 490.000 hektar (det svarer til ca. 11 % af Danmarks samlede landareal) og at dagens nåletræsarealer successivt omlægges til andre nåletræarter som vokser mere.
- Skovrejsningen vil samlet koste 15 milliarder (eller 370 millioner pr. år i en 40 års periode) og er en meget billig måde effektivt at reducere atmosfærens CO₂-indhold på. Den foreslåede skovrejsning modsvarer det areal, som Folketinget i 1989 besluttede at øge det danske skovareal med (fra 14 % af landarealet til 25 %), men denne forøgelse af skovarealet er kun gennemført i begrænset udstrækning.
- Øges dagens skovareal yderligere til 35 % af landarealet, vil man kunne opnå en **50 % reduktion af den årlige danske netto-CO₂-udledning**.
- Træs vigtigste klimaegenskab består i, at det kan erstatte en række materialer (stål, beton, tegl, aluminium mm.), som ved deres fremstilling og forarbejdning kræver for tiden store mængder fossilt brændsel. Ved at erstatte (eller som det også kaldes: substituere) disse energislugende materialer reduceres CO₂-udledningen. Det betegnes derfor som "substitutionseffekten".
- Træ kan også erstatte energi direkte og f.eks. anvendes til opvarmning. Men "substitutionseffekten" er væsentlig mindre, når træ anvendes direkte til energi, end når det substituerer energitunge materialer. Til energiformål bør kun anvendes affaldstræ fra industri og skovdrift, samt returtræ. Alt andet træ bør forædles med henblik på den størst mulige substitutionseffekt.

- I modsætning til aktivt skovbrug indebærer en omlægning til urørt skov en klimabelastning. Det skyldes, at man med urørt skov ikke fjerner træet fra skoven og forarbejder det. Dermed går man glip af hele substitutionseffekten. Det indebærer en fortsat brug af andre materialer og produkter, som medfører en massiv CO_2 -udledning.

Derfor er fossile energikilder et problem

- Det grundlæggende problem med de fossile energikilder er, at deres forbrænding indebærer en irreversibel CO_2 -udledning til atmosfæren. Der bliver mere og mere CO_2 i atmosfæren, jo mere vi anvender. Det er kun ved at bringe anvendelsen af fossilt brændsel til ophør, at den irreversible CO_2 -udledning kan standses.
- Ca. 85 % af verdens energiforbrug dækkes i dag med fossil energi. Og der findes endnu ikke energityper, som uden videre kan erstatte de fossile energikilder.
- Vind- og solenergi dækker kun 7 % af det samlede danske energiforbrug (se Fig. 4) og meget mindre på verdensniveau.
- Når træ ved forbrænding udleder CO_2 , kan det indgå i et balanceret kredsløb - dvs. uden at atmosfærens CO_2 -indhold øges. Men det forudsætter, at skovdriften er bæredygtig, hvad enten træet kommer fra Danmark eller det er importeret. Bæredygtigt skovbrug indebærer, at der ikke må skoves mere end tilvæksten, og ved sluthugst skal fremvæksten af en ny generation skov sikres; enten ved genplantning eller ved selvforyngelse.
- En øget træproduktion er indtil videre det mest virkningsfulde værktøj, vi har til rådighed i forvaltningen af atmosfærens CO_2 -indhold.
- I en fremtidig bio-økonomi, hvor træ er nøglekomponent, kan luftens CO_2 -indhold løbende forvaltes. Ved at øge trælagrene såvel i skovene som i trækonstruktioner (huse, møbler mm), kan luftens CO_2 -indhold reduceres samtidig med, at der spares fossil energi. Med aktiv skovdrift kan man således også reducere atmosfærens "historiske" CO_2 -indhold.

Biodiversiteten

- Med bæredygtig skovdrift kan biodiversiteten sikres. Virkemidlerne er **variation** og **kontinuitet**, og de er integrerede i skovdriften.
- Store arealer med oprindelige skove forsvinder løbende i såvel troperne som i de boreale områder. Det er derfor vigtigt, at man øger tilvæksten og hugsten i alle kulturskove, så presset på de oprindelige skove mindskes og bringes til ophør.
- Der findes ingen oprindelige skove tilbage i Danmark. De forsvandt allerede i 1700-tallet. Alle danske skove er derfor menneskeskabte kulturskove.
- I mosaikskovene (dvs. skove, hvor træarter og aldre varierer) er der områder, hvor produktion er det primære mål og områder, hvor biodiversiteten er det primære mål. Men over alt tages der hensyn til biodiversiteten.

Bæredygtig skovdrift

- En øget bæredygtig træproduktion er så meget mere vigtig, som behovet for træ forventes at blive flerdoblet i de kommende årtier. Verdens befolkning er i dag på ca. 7,6 milliarder og vil i 2050 være på 10 milliarder - det vil kræve mere træ. Levestandarden vil samtidig øges for store grupper af verdens befolkning - det vil også kræve mere træ. Og en omstilling til bioøkonomi vil yderligere kræve mere træ.
- I mosaikskove (dvs. skove, hvor træarter og aldre varierer) er driften bæredygtig. Foruden høj tilvækst (og dermed høj CO₂-binding) skaber skovdriftens dynamik en stor variation som begunstiger biodiversiteten. Kontinuiteten (dvs. at levevilkårene er uændrede) sikres bl.a. ved at områder, som ikke er velegnet til rationel drift på grund af dårlige jordbundsforhold eller utilgængeligt terræn, enten ligger urørte eller plejes med sigte på forbedring og/eller bevarelsen af biodiversitetsmålet.

I områderne med høj produktion efterlades desuden højestubbe, enkelttræer og trægrupper for også at sikre kontinuiteten her.

- Skovbrynene udgør en vigtig overgang til det åbne landskab. Samtidig beskyttes de bagved liggende skove. I skovbrynene kan man med fordel lade træerne blive meget gamle.
- Dagens certificeringsordninger bør bringes til at inkludere klimaperspektivet.

Innovation

- Da det grundlæggende handler om at udvikle træprodukter med så stor substitutionseffekt som muligt, er der et stort **innovationspotentiale** i udvikling af nye produkter, der bygger på træ som materiale.

Der er behov for udvikling af nye produkter med så lang en levetid som muligt for at få en højere substitutionseffekt. Der er ligeledes behov for udvikling af nye produkter, som har en højere substitutionseffekt end træbrændsel.

- Ved at understøtte innovationspotentialet, der findes i træ som materiale, er der mulighed for at skabe nye interessante udviklings- og forretningsområder.



Hvad er det egentlig træ og skovdrift kan, som giver det en nøglefunktion i løsningen af CO₂-problemet?

Hvordan kan skovdrift og øget træproduktion kombineres med en sikring af biodiversiteten?

1.

Et dilemma med en kraftfuld løsning

Øget træanvendelse fremføres ofte som et stærkt og billigt redskab til reduktion af atmosfærens CO₂-indhold og dermed til løsning af klimaproblemet. Det indebærer, at jo mere træ vi anvender, jo bedre. Situationen er samtidig den, at der i dag ikke findes bedre alternativer.

Men træet skal komme et sted fra, så øget træanvendelse forudsætter mere skovdrift. Imidlertid står skovdrift og biodiversitet for mange som modsætninger. Så hvordan harmonerer ønsket om at bruge mere træ for at gøre noget ved klimaet med ønsket om at forbedre vilkårene for biodiversiteten – dvs. bevarelsen af naturens mange arter?

Vi står med andre ord overfor to spørgsmål:

- 1 Hvad er det egentlig træ og skovdrift kan, som giver det en nøglefunktion i løsningen af CO₂-problemet?
- 2 Hvordan kan skovdrift og øget træproduktion kombineres med en sikring af biodiversiteten?

Situationen besværliggøres yderligere af, at jordens befolkning samtidig øges.

I år 2050 bedømmes der at være knap 10 milliarder mennesker på jorden mod næsten 7,6 milliarder i dag. Det vil indebære et øget pres på resurserne inkl. træ. Hertil kommer, at store befolkningsgrupper har et velbegrundet og legitimt ønske om at få forbedret deres levestandard.

Ifølge WWF-International² vil dette pres på træressourcerne kræve en 3-dobling af verdens træforbrug inden 2050.

¹ Biodiversiteten angiver antallet af arter i et område. Begrebet gennemgås nærmere i kap. 5.

² WWF: World Wildlife Fund. International NGO med nationale afdelinger.

Vil vi af klimamæssige grunde desuden bruge mere træ, så vil det indebære, at verdens træproduktion skal forøges endnu mere.

Situationen er altså den, at vi af flere grunde

både skal producere meget mere træ og samtidig sikre biodiversiteten.

Det kan lyde som et dilemma?

Men dilemmaet har heldigvis en løsning: **Bæredygtig skovdrift!**

For bæredygtig skovdrift kan, når den udformes i overensstemmelse med FN's 17 verdensmål, afbalancere et øget behov for træ og samtidig sikre biodiversiteten.

Temaet for denne bog er at belyse, hvordan problemstillingen kan håndteres, så den både er bæredygtig i en national og international sammenhæng.

Sidstnævnte ikke mindst fordi en øget bæredygtig træproduktion er en forudsætning for at kunne bevare de oprindelige skove, der er tilbage i verden.



Skovdrift og biodiversitet kan kombineres.

85%

**85 % af verdens
energiforbrug
dækkes af fossile
brændsler**

2.

Derfor er træ et kraftfuldt værktøj til CO₂-reduktion

Anvendelsen af fossile energikilder (kul, olie, gas) er et grundlæggende problem. Eller rettere dét grundlæggende problem. Deres forbrænding medfører ikke kun en energifrigørelse, men også en udledning af CO₂ til atmosfæren. Da mere end 85 % af verdens energiforbrug dækkes af de fossile brændsler (Fig. 1.), kan der ikke herske tvivl om, at det er meget store mængder, der er tale om.

Det har taget millioner af år at danne de fossile brændsler, men den store energifrigørelse og CO₂-udledningen sker hurtigt, så atmosfærens CO₂-indhold øges hele tiden. Desuden stiger forbruget af fossile energikilder til stadighed - trods ønsker om det modsatte. Ifølge IEA¹ vil denne trend fortsætte. Dermed vokser CO₂ problemet.

Af verdens samlede energiforbrug udgør de vedvarende energikilder kun omkring 12 % (se Fig. 4). Med vedvarende energi menes energi, som ikke medfører udledning af CO₂ eller andre uønskede restprodukter (f.eks. atomaffald).

Den ultimative løsning er selvsagt at finde nye energikilder, som kan det samme som de fossile brændsler, men uden disses CO₂-udledning eller andre uønskede konsekvenser.

Imidlertid har vi i dag **ikke** sådanne alternativer til vor rådighed. I hvert fald ikke i de enorme mængder, som behøves. Og vi ved ikke, hvornår disse alternativer kommer. Hvis de kommer? Dernæst skal alle energisystemerne bygges om, hvilket bliver en meget stor opgave at gennemføre i praksis, og den vil tage årtier.

¹ IEA: International Energy Agency. Rådgiver regeringer, industri og borgere i at træffe energibeslutninger.

Samtidig udledes der løbende mere og mere CO₂ af fossil oprindelse til atmosfæren!

Det er her træ og skovdrift kommer ind i billedet. For træ kan flere ting samtidigt.

Grundlæggende suger træer - ligesom al anden vegetation - CO₂ ud af atmosfærens luft i forbindelse med fotosyntesen og lagrer CO₂'ens kul-

Fig. 1.

Verdens energiforbrug fordelt på energikilder

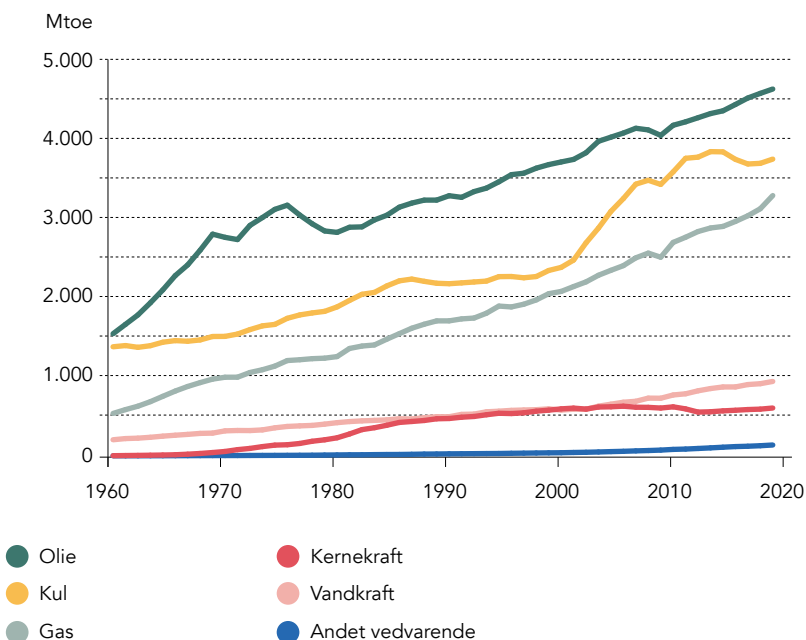


Fig. 1. Verdens energiforbrug fordelt på energikilder. Det samlede energiforbrug er stærkt stigende og udgøres hovedsagelig af fossilt brændsel. Mindre end 12 % udgøres af vedvarende energi, resten er fossile energikilder og atomkraft (sidstnævnte dog <5 %). Den stigende trend forventes at fortsætte.

Kilde: IEA

stof i plantevævet. Men i modsætning til anden vegetation, som visner og dør efter hver vækstsæson, så lever træer i mange år, og kulstoffet forbliver lagret i træernes ved.

Det betyder, at

- Træer kan **lagre** den opslugede CO₂ (eller rettere det kulstof, som indgår i CO₂) i form af cellulose, lignin mm.
- Træ har **materiale**-egenskaber, som giver det en lang række anvendelsesområder, som i forskellige forarbejdninger kan tilfredsstille mange af vore behov.
Det bundne kulstof forbliver dermed lagret, når træ anvendes i trækonstruktioner, gulve, møbler, papir, tekstiler mv. med lang levetid (Fig. 2).
- Træ kan på grund af sine materialeegenskaber i betydelig udstrækning desuden erstatte (**substituere**) stål, aluminium, beton, tegl, plastik mm. Dermed kan anvendelsen af disse energislugende materialer reduceres kraftigt. Og man sparer de meget store mængder fossil energi, som deres fremstilling og forarbejdning kræver og som medfører en meget stor CO₂-udledning til atmosfæren.
- Træ er også **energiholdigt**. Når træ forbrændes, frigøres der energi, som kan substituere fossile energier.

Træ kan altså substituere såvel andre materialer som andre energiformer. Denne dobbelthed adskiller træ positivt fra andre vedvarende energiformer - herunder også energi fra landbrugsafgrøder, som sker i konkurrence med fødevareproduktionen. Og samtidig indgår træets kulstofindhold i en evig cyklus med atmosfærens CO₂ uden at dennes CO₂-indhold behøver at øges. Man kan desuden øge hastigheden på dette kredsløb ved at øge skovenes tilvækst. Det indebærer samtidig, at man kan øge hugsten og dermed mængden af tilgængeligt træ for nuværende og kommende generationer. Men skovdriften skal være bæredygtig.

Det skal fremhæves, at CO₂ fra afbrænding af træ naturligvis er identisk med CO₂ fra fossile brændsler. Men atmosfærens nettoindhold af CO₂ øges

ikke, når den mængde CO₂, der suges ud af atmosfæren i forbindelse med træernes tilvækst, er i balance med den mængde CO₂, der udledes fra forbrændingen af træ. Bæredygtig skovdrift indebærer, at CO₂-kredsløbet er i balance. Det medfører endvidere, at når vi øger tilvæksten, så kan træforbruget øges tilsvarende, uden at balancen forstyrres.

Dette er i stærk kontrast til de fossile brændslers CO₂-udledning, som i et menneskeligt perspektiv **øger atmosfærens CO₂-indhold irreversibelt**, da det tager mange millioner år at gendanne de fossile energilagre og dermed fjerne CO₂ fra atmosfæren. Udledningen af CO₂ fra fossile brændsler indebærer således en stadig øgning af atmosfærens CO₂-indhold. Da CO₂ anses for at være en hovedkilde til drivhuseffekten (Bilag A Drivhusgasser), bør denne accelererende udvikling ophøre. Så det handler kort og godt om at:

- få forbruget af fossile energikilder bragt til ophør
- få udfaset de materialer, som i dag kræver store mængder fossil energi i deres fremstilling og forarbejdning.

Og det kan ikke gå hurtigt nok.

Træ er på grund af de nævnte egenskaber en nøglekomponent i omstillingen til en langsigtet bæredygtig udvikling. Med et større træforbrug vil man kunne reducere nettoudledningen af CO₂ til atmosfæren markant. Indtil videre findes der ingen alternativer, som på samme måde kan løfte denne tunge opgave.

Den danske energisituation - inklusiv energitræ

Den danske energisituation er lidt bedre end situationen på verdensniveau. Det hænger for det første sammen med, at energiforbruget i Danmark har været nogenlunde konstant de sidste 35 år og aktuelt viser en svagt faldende tendens (Fig. 3). For det andet udgør den vedvarende energi herhjemme en væsentlig større andel af energiforbruget end på verdensniveau. Men vedvarende energi dækker trods ihærdige indsatser stadigvæk kun 30 % (se Fig. 4) af energiforbruget.



Fig. 2. Langtidslagring af kulstof i tagkonstruktion.

Det illustrerer,

- 1 at de politiske indsatser har haft deres virkning,
- 2 at der stadig er meget lang vej igen, før vi bliver CO₂-neutrale,
- 3 at udviklingen af nye energikilder og omstillingen fra én energikilde til en anden tager meget lang tid.

Fig. 3.

Det samlede danske energiforbrug fra 1980 til 2015

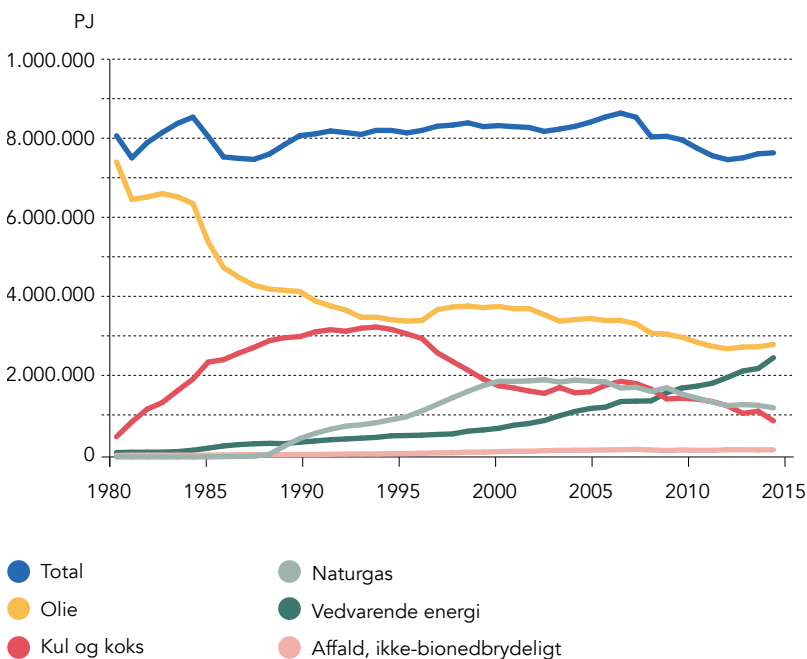


Fig. 3. Viser det samlede danske energiforbrug fra 1980 til 2015. Det samlede forbrug har været nogenlunde konstant i perioden. Man ser, at andelen af vedvarende energi er stigende, men den udgør stadigvæk kun ca. 30 % af det samlede energiforbrug. Kilde: Energistyrelsen

Ser man nærmere på, hvad det er for typer af vedvarende energi, som præger den danske vedvarende energi, så er biomasse (bl.a. træ, herunder importeret træ) den helt dominerende energikilde (Fig. 4). De øvrige alternativer kommer ikke op på højde hermed. Man kan notere, at vindenergi trods massive satsninger stadigvæk kun dækker ca. 7 % af det samlede danske energiforbrug.

Fig. 4.

Vedvarende energiformers andel af det samlede danske energiforbrug 2017

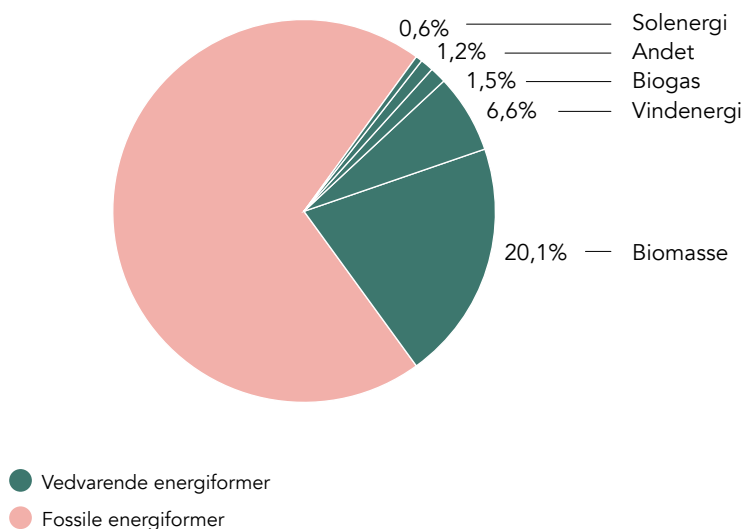


Fig. 4. De forskellige vedvarende energiformers andel af det samlede danske energiforbrug 2017. Sammenlagt udgør de – jævnfør Fig. 3 – ca. 30 % af det samlede danske energiforbrug. Biomasse er helt dominerende blandt de vedvarende energikilder (*Energistyrelsen*). Heri indgår også halm samt importeret energitræ. (se Bilag B og C).

Dagens situation er således den, at så længe der ikke findes energityper, der uden videre kan erstatte de fossile energikilder, er træ det mest virkningsfulde værktøj, vi har til rådighed.

Set i et fremtidsperspektiv er det imidlertid ikke træns anvendelighed som brændsel, der gør det til et kraftfuldt klimaværktøj, selvom træ som energikilde også vil have en central rolle i fremtiden. Men det, som virkelig gør træ klimainteressant, er træ som materiale.

Træ som materiale kan give stor substitutionseffekt

Træns helt store betydning hænger sammen med, at det i vid udstrækning kan erstatte stål, aluminium, beton, tegl mv. Disse materialer kræver i dag meget store mængder energi til deres fremstilling og forarbejdning. Når vi derfor erstatter disse energitunge materialer med træ, kan vi spare fossil energi, og dermed standses den irreversible forøgelse af atmosfærens CO₂-indhold, som fossil energi forårsager. Det fremgår af

Fig. 5.

Når træ erstatter andre produkter spares der CO₂

Produkt	Middelværdi	Lav	Høj
Kul	1,4	0,9	1,9
Naturgas	0,9	0,6	1,2
Benzin	0,4	0,4	0,4
Stål	4,0	0,9	10,0
Beton	4,0	1,0	9,8
Plastik	2,0	2,0	2,0

Fig. 5. Viser hvor mange ton CO₂ som spares, hver gang man erstatter et af de nævnte produkter med træ indeholdende 1 ton CO₂. Det indebærer, at alle værdier større end 0 er gunstige, fordi al anvendelse af fossile brændstoffer bidrager til en irreversibel CO₂-udledning. Det ses, at når fossile energikilder – f.eks. kul, naturgas og benzin – erstattes med træ, opnår man en CO₂-besparelse. Men det ses også, at man opnår væsentlig større effekt ved at erstatte stål og beton med træ. Benzin falder i øjnene med en lille substitutionsfaktor. Det hænger sammen med, at der i dag er store konverteringsomkostninger (CO₂) forbundet med at producere benzin-erstatning af træ.

Fig. 5, hvor mange ton CO₂ der spares, når man erstatter energitunge materialer med træ.

Det fremgår videre af Fig. 5, at det blandt de viste materialer især er stål og beton, som det er vigtigt at få erstattet. Der kan imidlertid være store variationer for hvert materiale. F.eks. varierer energiforbruget for stål mellem 0,9 og 10 ton. Variationen beror på, hvor energiforbrugende de forskellige forarbejdningsformer er.

Når træ erstatter energi og energitunge materialer taler man om “**substitutionseffekten**” (Bilag D Substitution). Substitutionseffekten er den vigtigste af træs CO₂-egenskaber. Det er især den, som gør træ til et kraftfuldt værktøj, fordi den indebærer, at den store CO₂-udledning, som den energikrævende forarbejdning fra malm til færdigvare kræver, kan reduceres kraftigt. Og meget kraftigere end når man direkte erstatter fossil energi med træ.

Så materialeegenskaberne er træs vigtigste klimaegenskab.

Biomasse til energi (se Bilag B og C)

Det indebærer som nævnt ikke, at træ til energi i fremtiden er uinteressant, selvom CO₂-reduktionen er mindre. For når træ - efter at have været genbrugt nogle gange som materiale - til sidst bruges som energi, så bidrager det fortsat til reduceret anvendelse af fossilt brændsel og dermed til en CO₂-reduktion.

Biomasse til energi vil derfor altid forekomme som det sidste led i en cirkulær økonomi, når de alternative anvendelser med større substitutionseffekt ikke længere er mulige. Der er derfor ingen grund til at tale biomasse til energiformål ned. Men det er naturligvis vigtigt, at energiværkerne dimensioneres, så de ikke bliver nødt til at anvende biomasse, der rettelig kunne have været anvendt til produkter med højere substitutionsfaktor. Man må dog formode, at en markedsræssig prissætning af biomassen vil kunne sikre en hensigtsræssig anvendelse af biomassen.

Det vil ligeledes være kontraproduktivt, hvis energiværkerne importerer biomasse fra lande, hvor træproduktionen ikke er bæredygtig, bl.a. ved at der ikke sker en gentilplantning efter hugsten eller der hugges mere end tilvæksten.

Ud over returtræ, som ikke længere kan anvendes, kan skovenes små udtyndingstræer samt toppe og grene af større træer anvendes til energiformål, så længe de ikke har en bedre anvendelse (dvs. en anvendelse med højere substitutionsfaktor). Det vil samtidig sikre en pleje af skovene som indebærer, at mængden af veldimensioneret kvalitetstræ øges og substitutionsmuligheder dermed forbedres.

Sammenfatning: Når træ anvendes som materiale og erstatter de energitunge materialer, har det meget større CO₂-effekt, end når man direkte anvender træ til energi. Men træ til energi (returtræ og affaldstræ fra skoven) har stadigvæk en vigtig funktion, så længe energialternativet er fossil energi.

Desuden har træet til energi en meget vigtig sideeffekt i forbindelse med geologisk lagring af CO₂; det vender vi tilbage til.

Kvintessensen bliver: Træ er et vigtigt redskab i håndteringen af klimaproblemet. Men skal man bruge meget træ, så kræver det bæredygtig skovdrift.

To vigtige spørgsmål

En mangedobling af træforbruget vil indebære, at der skal produceres mere træ i de eksisterende skove og at skovarealet skal øges. Det er muligt, men det rejser to spørgsmål:

- 1 Hvordan ser de faktiske muligheder ud for at øge skovenes træproduktion?** Kan man i en dansk sammenhæng få en CO₂-effekt, der er værd at tale om?
- 2 Hvad koster det at plante skov på landbrugsjord?** Og hvilke konsekvenser får det for landbrugsproduktionen?

Og bag det hele findes stadigvæk spørgsmålet om skovenes betydning for biodiversiteten. Det ser vi nærmere på, når de ovennævnte to spørgsmål er blevet behandlet.



Kulstoflagring i træbro i Frederikssund ved Willumsen-Museet.

30%

En 30 % reduktion af den samlede danske netto-CO₂-udledning kan opnås ved, dels at øge skovarealet fra dagens 14 % af Danmarks areal til 25 %, dels at omlægge dagens nåletræsareal til andre nåletræarter som vokser mere

3.

Hvor meget kan skovene gøre ved atmosfærens CO₂-indhold?

Den grundlæggende opgave er at reducere udledningen af CO₂ fra fossile energikilder. Men det er lettere sagt end gjort. Dels på grund af vor massive afhængighed af fossilt brændsel, dels fordi der ikke findes teknologiske alternativer i en skala, som kan erstatte dem.

Så hvordan tegner situationen sig egentlig? Kan man i rette tid overhovedet nå at gøre noget ved CO₂-problemet?

Ved Pariskonferencen (2015)¹ blev der indgået en bindende aftale, som indebærer, at der skal skabes balance mellem udledning og optag af drivhusgasser i anden halvdel af dette århundrede. Det står imidlertid allerede nu klart, at man ikke kan nå målet ved kun at reducere **udledningen**. Man bliver nødt til også at **fjerne** CO₂ fra atmosfæren (Fig. 6).

Det er her, træ kommer ind i billedet pga. dets egenskaber.

Ser vi konkret på den danske CO₂-udledning, så var den 37,4 millioner ton i 2016 (*Energistatistik 2016, Energistyrelsen*). Det indebærer, at hver dansker i 2016 gennemsnitligt udledte 6,6 tons² CO₂ til atmosfæren

¹ I Parisaftalen-2015 blev næsten 200 lande enige om at begrænse temperaturstigningen til godt under 2° C og samtidigt arbejde for at begrænse temperaturstigningen til 1,5 grader. Lige nu er den globale temperatur steget en smule mere end 1 grad i forhold til situationen før industrialiseringen begyndte omkring 1750.

Desuden indeholder Parisaftalen en målsætning om, at de globale udledninger af drivhusgasser skal toppe så hurtigt som muligt og derefter falde hurtigt. På den måde håber man på at opnå en balance mellem udledningen og optaget af drivhusgasser i anden halvdel af dette århundrede.

² Den faktiske udledning af drivhusgasser var ifølge Energistyrelsens statistik for 2016 på i alt 50,4 millioner ton CO₂-ækvivalenter – dvs. inkl. metan, lattergas, mm. Vort udgangspunkt er at se på den egentlige CO₂-udledning, – dvs. ekskl. metan, lattergas, mm. Den er 74,0 % af de faktiske drivhusgasser – dvs. 37,4 millioner ton eller 6,6 tons per indbygger.

Når man ser højere angivelser – f.eks. 14 tons per indbygger (*Ivanova et al 2017*) eller 17 tons per indbygger (*Concito*) – så er det bl.a. fordi alle drivhusgasser samt danskernes forbrug i udlandet indgår. Det er i øvrigt svært at finde ud af, præcist hvordan tallene er beregnet. Vi henholder os derfor til den officielle danske statistik for faktisk CO₂-udledning fra Energistyrelsen.

(i dette tal er der korrigeret for den CO₂, som knytter sig til import og eksport af materialer, produkter og energi). Det er på samme niveau som andre vestlige lande, og vi ligger dermed blandt verdens højeste udledere af CO₂. Kina og Indien ligger indtil videre væsentlig lavere. Årsagen til den store CO₂-udledning er en kombination af flere faktorer, hvor livsstilen vejer tungt. Man kan i princippet reducere CO₂-udledningen ved en omlægning af danskernes livsstil, men det vil være en stor og politisk vanskelig opgave. Og det vil desuden ikke være nok. Vi skal have atmosfærens CO₂-indhold reduceret hurtigt. Så man bliver nødt til også at gå andre veje, hvis større ændringer skal ske.

Fig. 6.

Den samlede danske udledning frem til 2017 og prognoser for fremtiden

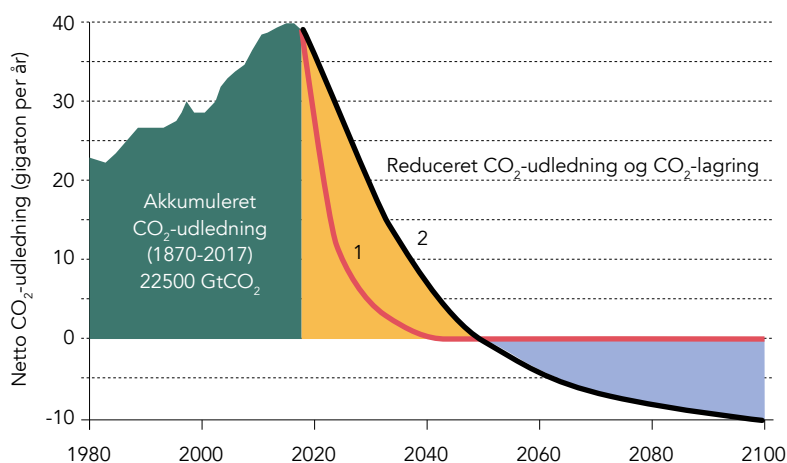


Fig. 6. Viser den samlede CO₂-udledning frem til i 2017 (til venstre i figuren). Til højre er med rød linje angivet den udledning som kan tillades, hvis 2050-målene (dvs. maks. 1,5 °C i temperaturstigning) skal nås. I erkendelse af at situationen snarere bliver som kurve 2 (sort), så kan CO₂-målet ikke nås, med mindre man udover at reducere CO₂-udledningen (gul) også fjerner og lagrer CO₂ fra atmosfæren (lyseblå). Jo længere man venter med at påbegynde reduktionen, jo større skal lagringen efterfølgende være. (efter Glen Peters, 2018).

I den forbindelse: Hvad kan træ og skov gøre ved den danske CO₂-udledning?

Så meget kan træ og skov reducere atmosfærens CO₂-indhold

For at belyse dette spørgsmål, er der udført modelberegninger, som selv sagt bygger på flere antagelser, men hvor den vigtigste er, at landbrugsjord tages ud af landbrugsproduktion og tilplantes med skov. Desuden omlægges de nuværende arealer med rødgran til andre nåletræarter som vokser hurtigere. Den substitution, der opstår, når merproduktionen af træ erstatter energitunge materialer og fossil energi, indgår som en væsentlig forudsætning. Beregninger og antagelser er udført på basis af *Taeroe et al. (2017)*. En mere kort beskrivelse af model og antagelser fremgår af Bilag H.

Resultatet af disse beregninger viser, at man ved dels at øge skovarealet fra dagens 14 % af Danmarks areal til 25 % (dvs. en forøgelse med ca. 490.000 ha), dels at omlægge dagens nåletræsareal til andre nåletræarter som vokser mere, kan opnå

en 30 % reduktion af den samlede danske netto-CO₂-udledning

Og øger man dagens skovareal til 35 % (dvs. en forøgelse med 920.000 ha) bliver resultatet en reduktion på ca. 17 mio. tons CO₂ efter 30 år. Det svarer til

en 50 % reduktion af den samlede danske netto-CO₂-udledning

Konklusionen er derfor klar: En forøgelse af skovarealet med aktiv skovdrift medfører en betydelig **forøget** CO₂-reduktion i forhold til i dag. Der er derfor god grund til at se nærmere på, om sådanne planer kan realiseres.

Hvordan CO₂-reduktionen sker over tid, og hvordan de forskellige tiltag virker, er anskueliggjort i Fig. 7 for de to alternativer.

Fig. 7.

CO₂-reduktionen ved øgning af skovarealet fra 14 % til 25 %

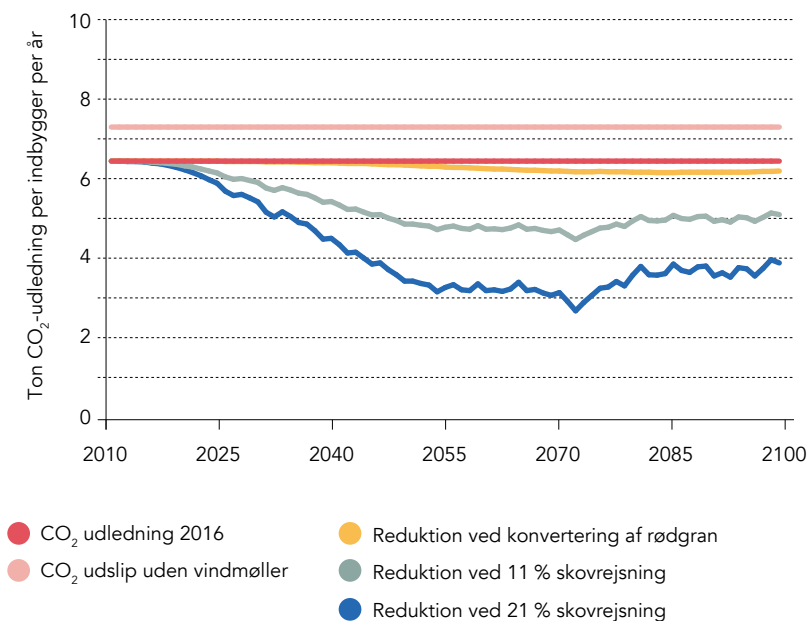


Fig. 7. Viser CO₂-reduktionen ved øgning af skovarealet fra 14 % til 25 %. Man ser her:

- Den røde kurve viser dagens situation, når den ikke ændres de næste årtier – dvs. uændret CO₂.
- Hvis driften af de eksisterende rødgranarealer successivt erstattes med mere produktive nåletræerarter i takt med, at de nuværende arealer når deres modenhedsalder, fås en moderat reduktion (gul kurve). Tidsforsinkelsen skyldes, at de nuværende rødgranarealer først skal opnå modenhed, før de erstattes med andre nåletræerarter.
- Hvis skovrejsning gennemføres på 11 % af landarealet (dvs. at det samlede skovareal herefter bliver 25%) fås efter kort tid en reduktion på 30 % (grøn kurve).
- Hvis skovrejsningen gennemføres på 21 % af landarealet (dvs. at det samlede skovareal herefter bliver 35 %) fås efter kort tid en reduktion på 50 % (blå kurve).
- Med den lyserøde kurve vises den hypotetiske situation, at der ikke var blevet satset på vindmølleenergi. Den danske vindmøllesatsning har altså indebåret en CO₂ reduktion på 10-15 %.

Det nuværende skovareal

Derimod er omlægningen af dagens rødgranarealer til mere vækstkraftige nåletræarter lang tid om at slå igennem, og har i øvrigt mindre betydning.

Det hænger sammen med, at den CO₂-reduktion, som den nuværende skovdrift indebærer, ikke skal indregnes som en forøgelse. Den foregår allerede og kommer os derfor allerede til gavn. Vi indregner her kun, hvor meget vi kan forøge CO₂-reduktionen ved hjælp af plantning af ny skov og ved at omlægge den nuværende nåletrædrift. Og sidstnævnte tager på grund af en stor aldersspredning nogle årtier at gennemføre, når produktionstiden for nåletræarter er omkring 60 år i gennemsnit.

I beregningerne har vi ladet løvtræsarealet være uændret, hvilket ikke medfører nogen **forøget** CO₂-reduktion.

Det kunne måske derfor være fristende at drage den konklusion, at man så bare kan lade de allerede eksisterende skove ligge urørte. Vi vender mere udførligt tilbage til denne problemstilling i kapitel 6. **Men kort fortalt, så indebærer omlægning til urørt skov en klimabelastning. For når man fravælger at bruge træ, vil det i sagens natur indebære, at man i stedet må bruge andre produkter, som indebærer en CO₂-udledning (Taerøe et al., 2017).** Der bliver med andre ord ikke en substitution, hvilket bør belaste den urørte skov.

Øget skovareal?

Allerede i 1989³ vedtog Folketinget, at det danske skovareal skulle øges til 20-25 % af landets areal eller godt 1,1 mio. hektar inden år 2100. I dag har vi ca. 14 % eller 620.000 ha. med skov.

Øgningen var tænkt at skulle ske ved tilplantning af marginal landbrugsjord. Det går imidlertid trægt med at indfri ambitionerne (Fig. 8). Desuden er den skovrejsning, der er sket siden 1989, ikke sket med et klimaperspektiv for øje. Mange af de skove, der er blevet rejst, er klimamæssigt set ofte mislykkede (de buske og træer, som er blevet plantet, har en lav

³ Formålet med beslutningen var oprindeligt at reducere landbrugets overskudsproduktion. Senere er formålet ændret og argumenterne er i dag flere: reduceret udvaskning af nitrat og tungmetaller, grundvandssikring, større træproduktion, CO₂-binding, forbedrede vilkår for plante- og dyreliv og muligheder for øget friluftsliv.

tilvækst - og dermed en lav CO₂-binding). Fremtidens skovrejsning bør i stedet være målrettet mod CO₂-reduktion - dvs. hurtig etablering og høj tilvækst.

Det vigtige er imidlertid at de lovmæssige forudsætninger allerede er til stede for at øge det samlede skovareal med 11 % op til 25 % af landets areal. Men for at nå dette mål skal finansieringsproblemet løses.

I vore modelberegninger er vi gået ud fra, at skovrejsningen vil foregå med 12.000 ha om året i en 40-års periode. Det samlede skovrejsningsareal bliver dermed på ca. 490.000 ha. Dette vil bringe det danske samlede skovareal op på 1.120.000 ha omkring år 2060, hvilket modsvarer ca.

Fig. 8.

Udvikling af det danske skovareal siden 1700-tallets begyndelse

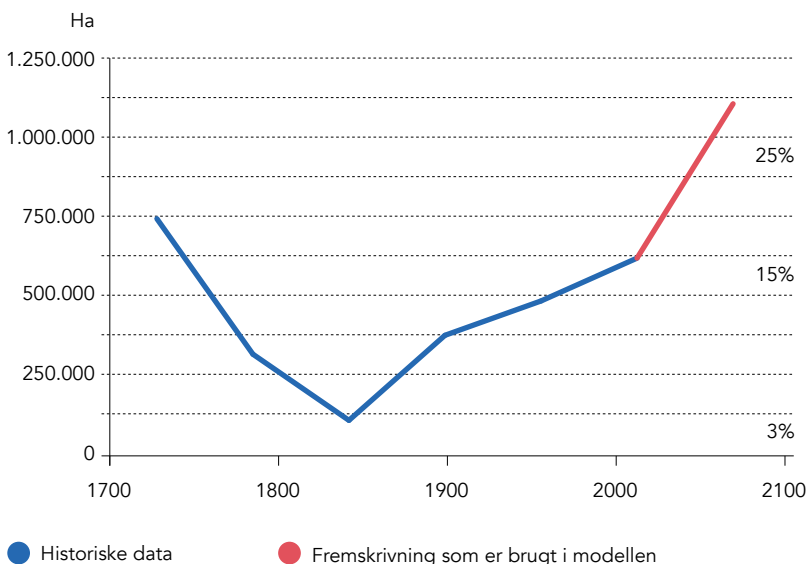


Fig. 8. viser hvordan det danske skovareal har udviklet sig siden middelalderen. Procentallene til højre viser den procentuelle andel af det samlede danske areal.

25 % af det samlede landareal. Vil man danne sig et visuelt indtryk af, hvordan er sådant landskab ser ud, kan man køre igennem Djursland. Her er skovprocenten ca. 25 % svarende til Folketingets beslutning.

Det skal atter understreges, at beregningerne forudsætter, at der rejses ”klimaskov” – dvs. skov, hvor det primære formål er en hurtig binding af CO₂ og derfor at etablere skove med høj tilvækst. Hvordan det mere konkret kan ske, vil fremgå af kapitlerne 7, 8 og 9.

Landbrugsjord tages ud af drift

Skovrejsningen på landbrugsjord vil umiddelbart indebære en formindsket landbrugsproduktion. Imidlertid viser ”10 millioner tons planen” fra 2012 (*Gylling & al., 2012*), at landbrugsproduktionen kan fastholdes på det nuværende niveau ved hjælp af driftsoplægninger og forædling af landbrugsafgrøderne.

Samtidig er det hovedsagelig de ringeste produktionsarealer (ofte grovsandede jorder med ringe evne til at fastholde næringsstoffer), der bør konverteres til skov. Det er dog ikke kun jorder med ringere vækstvilkår, der rejses skov på. Hertil kommer også de såkaldte arronderings-arealer – dvs. mindre arealer med irregulær form, som med dagens store landbrugsmaskiner er besværlige og uøkonomiske at dyrke trods gode jordbundsforhold.

Selvom skovrejsningen hovedsagelig sker på de landbrugsmæssigt ringere jorder, vil skovene på mange af disse arealer have en høj tilvækst – og dermed tilsvarende høj CO₂-binding – da skovtræer generelt er nøjsomme vækster.

Overgangen til skovdrift indebærer samtidig en kraftig ekstensivering af driften på arealerne, idet den årligt tilbagevendende pløjning, harvning, gødskning og sprøjtning ophører. **Omlægningen vil derfor også indebære en beskyttelse af grundvandet og kan med fordel udføres på udvaskningsfølsomme arealer.**

Geologisk lagring eller Bio-Carbon Capture and Storage

Man kan imidlertid gå et skridt videre ved hjælp af geologisk lagring af CO₂. Her pumpes CO₂ fra forbrændingsrøg, hvor CO₂-koncentrationen

er høj, ned i undergrunden. Så i stedet for at lede CO₂ ud i atmosfæren lagres den i undergrunden. Det er her vigtigt, at CO₂-en bliver placeret i geologiske lag, hvorfra den ikke kan undslippe til atmosfæren. Det er der gode muligheder for i Danmark (Bilag E Geologisk lagring og BioCCS).

Metoden er dog dyr. Men hvis metoden bliver økonomisk overkommelig, kan man opnå en ekstra fordel ved at kombinere den med røggas fra biobrændselsanlæg (Bio-Carbon Capture & Storage - BioCCS). For i modsætning til at koble CCS på anlæg med CO₂ fra fossile energikilder, hvor CO₂-udledningen blot "nulstilles", så kan man med BioCCS i stedet **reducere** atmosfærens CO₂-indhold. Det indebærer en yderligere reduktion (Fig. 9) med

50 % respektive 100 % reduktion af Danmarks CO₂-udledning!

Metoden kan få vidtrækkende konsekvenser, idet den indebærer, at man kan begynde at **reducere** atmosfærens CO₂-indhold i forhold til i dag. Dermed kan man begynde at skaffe sig af med den tidligere udledte CO₂ - den såkaldte "historiske CO₂" (Fig. 6) - og bringe atmosfærens CO₂-indhold tilbage til tidligere tiders niveau.

Det skal understreges, at metoden er stadigvæk dyr, og kræver yderligere udvikling, for at den skal kunne anvendes i stor skala.

Økonomi

To økonomiske aspekter skal med i overvejelserne: 1/ hvad koster det at rejse så meget ny skov på det danske landareal og 2/ hvordan stiller det sig med ejernes tab af årlige indtægter, når landbrugsjord tages ud af driften?

Den samfundsmæssige omkostning ved skovrejsning

Det er billigt at rejse skov på landbrugsjord. Med de foreslåede modeller vil etableringsomkostningerne være ca. 30.000 kr./ha. (Det forudsættes her, at ejeren forestår skovrejsningen. Skal marken først købes, tilkommer udgifter til markkøb.). Med et årligt areal på 12.000 ha bliver det 435 mio. om året frem til 2060. Eller 15 mia. kr. for hele perioden (40 år). Det er i statsfinansiell sammenhæng et beskedent beløb (finansloven er på mere end 700 mia. kr. årligt).



Skovrejsning 50 år senere.

Endelig kan det til sammenligning nævnes, at der til udlæg af urørt skov er udbetalt i størrelsesordenen 150-200.000 kr./hektar for at erstatte ejeren for såvel den stående vedmasse som det fremtidige indtægtsbortfald.

Lodsejerens omkostning ved skovrejsning

Situationen er for ejerne af skovrejsningsarealer mere kompliceret og bekymrende, da det påvirker hele deres livssituation. Udover etableringsomkostningerne (som der behøves tilskud til), bliver der en lang periode efter tilplantningen uden årlige indtægter fra landbrugsproduktionen. Situationen vil selvsagt variere fra bedrift til bedrift, men der vil være behov for, at man kan være sikker på, at de nuværende EU-landbrugstilskud bibeholdes som ved fortsat landbrugsdrift. Det årlige indtjeningsbortfald efter tilplantningen vil dermed kunne afbødes.

Det vil samtidig indebære, at det fald i jordens værdi, som et ophør af landbrugsdriften ellers ville medføre, næppe vil indtræffe.

Et andet aspekt, som bør håndteres, er jordfordeling. For at sikre fremtidige fornuftige driftsenheder, kan det være fornuftigt at lokalt samle spredte mindre arealer til større enheder. Ved en jordfordeling byttes et antal jordlodder samtidigt inden for et afgrænset geografisk område. Der vil utvivlsomt være behov for et tilskud for at få gang i en jordfordeling,

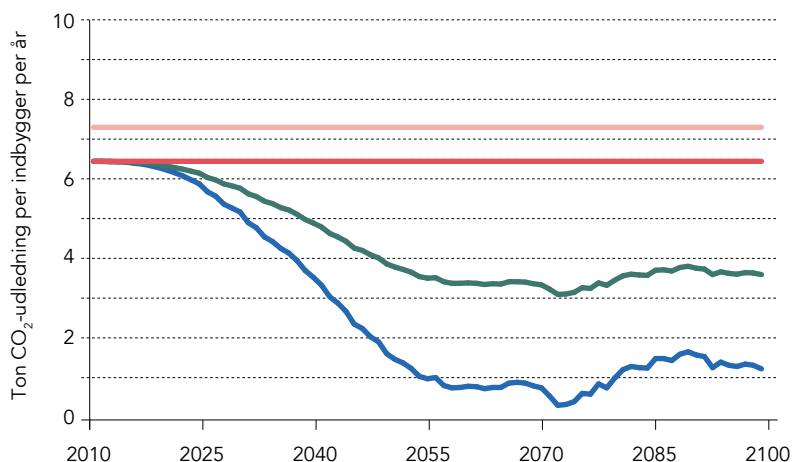
Hvad er ikke taget i ed?

Ovenstående viser, at man med øget træproduktion kan reducere CO₂-udledningen betydeligt. Det er med andre ord relevant at se nærmere på det indledningsvist nævnte dilemma: Hvordan kombineres mere skovdrift med ønsket om ikke at forringe biodiversiteten?

Først skal vi dog kort se på skovenes historie, som er vigtig for forståelsen af dagens biodiversitetssituation.

Fig. 9.

Effekt ved at supplere driftsomlægning og skovrejsning med geologisk lagring



- CO₂ udledning 2016
- CO₂ udslip uden vindmøller
- Reduktion ved 11 % skovrejsning og BioCCS
- Reduktion ved 21 % skovrejsning og BioCCS

Fig. 9. Tager udgangspunkt i figur 7, men indregner den effekt man kan opnå ved at supplere driftsomlægning og skovrejsning med geologisk lagring (BioCCS).

De to kurver viser den samlede effekt af driftsomlægning samt 11 % og 21 % rejsning af skov (dvs. til 25 % og 35 % af landarealet) kombineret med BioCCS.

1700 -tallet

var en økologisk
katastrofe

4.

En kort skovhistorie

Naturen i de danske skove er ikke en "første-natur" i betydningen en oprindelig natur. Det er en "anden-natur" - dvs. en menneskepåvirket natur. Et overblik over landskabshistorien - og i særdeleshed de danske skoves historie - er derfor en forudsætning for forståelsen af den biodiversitet, som knytter sig til dagens skove. Så meget mere som menneskepåvirkningen er sket over et langt tidsrum og har været meget omfattende. En sådan forståelse er afgørende for formuleringen af en målsætning for biodiversiteten og herunder hvilket sammenligningsgrundlag (dvs. hvilken baseline) vi bruger i diskussionen om biodiversitet.

1700-tallets økologiske katastrofe

Indtil slutningen af 1700-tallet var træ et universelt råstof i samfundsøkonomien: Træ var den helt dominerende energikilde; det var det dominerende byggemateriale, og det blev brugt til de mange tusind kilometer hegn, som omgav agrene. Og træer blev desuden - gennem styning (hyppig afskæring af grenene) - anvendt som husdyrfoder. Hertil kom, at det store kreaturhold græssede frit i skovene. Træ og skov var helt afgørende for, at den agrare samfundsøkonomi fungerede.

Al drift foregik som fællesskabsdrift. Det være sig på agerjorden, på overdrevene og i skovene. Og driften var uden indbygget selvregulering. Der var ikke nogen regulering af græsningen i skovene, og der var ikke en fungerende regulering af træhugsten. Man fortsatte stort set så længe, der var noget at hente og uden at bekymre sig om den fremtidige situation. Der var med andre ord intet, der kunne forhindre et overforbrug af skovene. Situationen var ikke bæredygtig.

Ved slutningen af 1700-tallet var de store tømmertræer i skovene næsten helt udryddet. Tømmeret til bygningen af flådens skibe måtte derfor importeres. På kort tid var skovarealet blevet reduceret fra 25 % til 3-4 % af landarealet. Og den skov, som var tilbage, var stærkt mishandlet og af ringe værdi for befolkningen. Skovene var lysåbne med få træer og

dårlig eller ingen opvækst på grund af de græssende husdyr, som åd hver eneste spire, der stak op af jordbunden. Behovet for brænde medførte, at skovene blev rensset for træ. Ved slutningen af 1700-tallet stod man midt i en økologisk krise. Alt tegnede til, at skovene var på vej mod en total udslettelse (*Kjærgaard, 1991*).

Nu gik det ikke så galt. Det var der to hovedgrunde til:

Den første - og måske vigtigste - var introduktionen af fossil energi (kul) samt nye materialer (jern). Man blev gradvis - men det gik langsomt - **mindre og mindre** afhængig af træ.

For det andet gennemførtes *Landboreformerne*, som indebar en næsten revolutionerende omlægning af samfundets sociale og økonomiske struktur. Og de indebar ikke mindst en omlægning af hele landskabets benyttelse, hvilket fik store konsekvenser for biodiversiteten - se senere. Man gik successivt fra fællesskabsdrift til selveje (udskiftningen), hvilket indebar, at driftsansvaret overgik til hver enkelt ejer. Bønderne fik derved mulighed for at udvikle deres egne bedrifter og nyde frugterne af eget arbejde og egne initiativer. Metodefrihed i kombination med markedsøkonomi var - indenfor rammer sat af den enevældige stat - et grundlæggende princip.

I forening reddede de dengang nye fossile energikilder og lovgivningen (*Landboreformerne*) situationen for befolkningen og for skovene. For sidstnævnte var det især Fredskovsforordningen af 1805¹ som fik betydning. Den indebar, at formålet med skovene kun skulle være træproduktion. Skovene blev derfor fredet for kreaturgræsning. Det gav foryngelsen mulighed for at etablere sig, så en ny skov kunne vokse op og udvikle sig. Men samtidig blev arealet med indfredet (beskyttet mod husdyr) skov væsentlig mindre end det areal, hvor der tidligere stod mere eller mindre spredte træer. I stedet blev landbrugsarealet udvidet.

¹ Skovforordningen (*skovloven*) indgik som det sidste element i den reformpakke, som er kendt som Landboreformerne. Begrebet fredskov indførtes. Det indebar, at skovene blev fredet for husdyrgræsning for at producere træ og at dét, der var skov i 1805, skulle vedblive at være skov (dvs. der var foryngelsestvang). Nok var økonomisk frihed et vigtigt middel, men den skulle udfolde sig indenfor rammer sat af staten.



Billedet viser et gærde, som var almindeligt op til slutningen af 1700-tallet. Hvert år blev der opført tusindvis af kilometer gærde, for at holde de fritgående kreaturer borte fra agrene. Når høsten var bjærget, begyndte man at rive gærderne ned for at bruge dem til brænde. I løbet af vinteren blev der hugget nyt materiale til næste års gærde af den unge opvækst i skoven. Kun få træer fik dermed mulighed for at blive til store træer. Sammen med kreaturgræsning i skovene var det hovedårsagerne til at skovene ikke blev forynget.

Men udgangspunktet for de nye skove var arealer med få træer og ringe genvækst. Udgangspunktet var ikke tætte, trærige skove, men lysåbne skove med relativt få spredte træer.

Guldalder uden guld

Udgangspunktet for restaureringsarbejdet var således utaknemmeligt. Desuden havde man ingen større skovdyrkningserfaring. Og oven i det hele var der ingen penge - staten gik som bekendt bankerot i 1813.

I dansk kunst- og kulturliv går perioden fra ca. 1800 til ca. 1850 under betegnelsen Guldalderen. Men der var ikke meget guld ved det liv, den altovervejende del af befolkningen levede. Snarere tværtimod.

Ikke desto mindre gik man i gang, selvom udgangspunktet var en stort set renvasket tavle bestående af forarmet natur. Man hentede inspiration udefra og prøvede sig frem. Tvangfrit tog man det bedste fra omgivelserne (hovedsagelig fra Tyskland). En langvarig ”trial and error”-proces indledtes, hvor man eksperimenterede og udviklede nye metoder.

En erfaringsbaseret skovdyrkningskompetence blev successivt opbygget. Et forstligt grundsyn vandt indpas ved forvaltningen af skovene. Kriteriet for relevans var enkelt: Fungerede det, eller fungerede det ikke?

Et nyt landskab voksede frem

Konsekvensen blev et radikalt ændret landskab. Træerne, som før havde bredt sig over agre, overdrev og enge blev nu koncentreret i skovene, der fremstod som øer i et åbent landbrugspræget landskab. Det var kun i de udskiftede og indfredede skove, at der var skovtvang. Udenfor blev træerne fjernet. Dels på grund af det fortsatte store behov for træ, dels fordi træerne reducerede udbyttet på markerne. Man fik et opdelt landskab. I skovene var der træer, og udenfor skovene var der meget få træer. De glidende overgange mellem skov og agerland forsvandt.

De nye skove

I kølvandet på lovgivningen vandt et forstligt grundsyn indpas ved forvaltningen af skovene. Med et langt tidsperspektiv som pejlemærke udviklede der sig nye driftsprincipper og metoder. Belært af erfaringen ville man aldrig risikere en træmangel igen.



Fig. 10. Efter indførelsen af Fredskovsforordningen (1805) blev det almindeligt at lade gamle monumentale træer stå tilbage. Der findes rundt i de danske skove (hovedsagelig i godsskovene) stadigvæk et meget stort antal af disse store veterantræer. Motiverne til at lade dem stå var sikkert forskellige; man anså at de forøgede skovenes herlighedsværdi, og der gik også status i at kunne fremvise et stort antal af dem. Træerne er ud fra et biodiversitetsperspektiv vigtige og der er næppe tvivl om, at de har medvirket til at sikre mange arters overlevelse. Her ses en gammel bøg fra Holstenshus, som skønsvis stammer fra begyndelsen af 1700-tallet.

Metodeudviklingen førte til en forbedring af træernes vækstbetingelser. Mængden af træ i skovene steg langsomt, men sikkert. I Nordsjælland stod der i gennemsnit 60 kubikmeter træ per hektar i 1670'erne. Ved slutningen af 1800-tallet var dette tal steget til over 200 (Møller, 2010), og nu står der mere end 300 m³/ha (Nord-Larsen, 2017).

Den mest iøjnefaldende stigning skete som konsekvens af en omfattende skovrejsning² i Midt- og Vestjyllands hede- og klitområder. Her blev der hovedsagelig anvendt nåletræer, fordi de hjemmehørende løvtræarter

² Skovrejsning er ifølge Gyldendals Den store Danske: Plantning af skov på arealer, som før tilplantningen ikke var skovbevoksede.

ikke kunne etableres og gro i den udpinte jord. Så skovarealet steg i løbet af 1800-tallet fra ca. 150.000 ha til ca. 200.000 ha. Herefter øgede tilplantningstakten, og skovarealet blev tredoblet i løbet af 1900-tallet. Det udgør i dag ca. 625.000 ha.

Etableringen af ny skov (eller skovrejsning) er således en væsentlig del af den danske skovhistorie. Et stort antal nye træarter - hovedsagelig nåletræarter fra såvel Europa som Nordvestamerika - fandt i den forbindelse vej ind i dansk skovbrug. De har tilpasset sig fint og producerer træ, som er mere værdifuldt end de hjemmehørende løvtræer. Så deres introduktion har indebåret en kraftig forøgelse af skovens tilvækst. Og dermed også en kraftig forøgelse af CO₂-bindingen og kulstoflageret.

Hvordan gik det med naturværdierne?

Indenfor især de sidste 50 år er interessen for og indsigten i skovens naturværdier blevet større og større. Imidlertid har man det grundlæggende problem, at vor viden om tidligere tiders naturværdier er meget beskednen. Det hænger naturligvis sammen med, at kendskabet til vore dyre- og plantearter var meget begrænset³.

Biodiversitet er et moderne begreb. Det indgik i hvert fald ikke i de overvejelser, som dengang styrede landskabets udvikling. Så det er svært at lave sammenligninger med naturtilstanden tilbage i tiden. Vi ved ikke, hvordan biodiversiteten var før Landboreformerne. Vi ved ikke, hvor hårdt 1700-tallets overbenyttelse af skovene gik ud over kontinuiteten i naturen. Der findes næsten ingenting registreret. Og vi ved endnu mindre om tidligere tiders skovbenyttelse. Det eneste, vi ved, er, at 1700-tallets træmangel ikke var første gang, det var ved at gå galt. Allerede i 12-1300-tallet havde skovene været pressede. Men "den sorte død" halverede befolkningen, hvilket gav skovene et pusterum. Og i 1600-tallet medførte kvægst, at skovens opvækst fik fred i en periode.

³ De naturvidenskabelige discipliner begyndte for alvor at manifestere sig i 1700-tallet. F.eks. grundlagde Carl von Linné her den systematiske botanik og zoologi. Udgangspunktet for naturbeskrivelserne var derfor et stærkt menneskepåvirket landskab. Forandringer i naturen bliver derfor ofte beskrevet i forhold hertil. Begrebet økologi (dvs. læren om naturens husholdning) slår først for alvor igennem i midten af 1900-tallet.



”Restskov”. Resultatet af 1700-tallets økologiske katastrofe blev et åbent landskab med enkeltstående træer og trægrupper bestående af træer, som ikke havde en praktisk anvendelse. Foto fra Jægersborg Dyrehave. Set med vores dages øjne knytter der sig biodiversitet til de vrang, halvdøde og døende træer samt det døde ved på jorden. Sidstnævnte var der på grund af 1700-tallets brændemangel dog næppe meget af.

Det er let - ud fra dagens situation - at undre sig over tidligere tiders manglende forståelse for de økologiske aspekter. Men økologi er som nævnt en ny disciplin.

Desuden skal man huske 17- og 1800-tallets meget barske livsvilkår. Der var mangel på alt. Herunder mangel på træ til de mange formål, hvor træet var det selvfølgeligste materiale. Og frem for alt er der god grund til at antage, at med den store brændemangel som rådede, blev der ikke efterladt meget træ i skovene - herunder dødt ved - til svampe og insekter. Det indgik overhovedet ikke i overvejelserne.

De nuværende skoves naturindhold og biodiversitet skal derfor betragtes ud fra de historiske forudsætninger. Og ikke ud fra teoretiske forestillinger om hvordan det kunne have set ud, før der kom mennesker ind i billedet. Tre ting er her vigtige:

1. Dagens skove er som nævnt ikke en "første-natur". De er helt overvejende anlagt ved skovrejsning og er således menneskeskabte. De er en såkaldt "anden-natur".
2. Kontinuiteten tilbage til de oprindelige skove er sporadisk og har for hovedparten været brudt i flere hundrede år, da alle skove har været hårdt udnyttede.
3. Dagens natur er resterne af en natur, som har tilpasset sig en massiv menneske-påvirkning.

Overgangsnaturen blev kraftigt decimeret

Resultatet af *Landboreformerne* medførte som nævnt, at landskabet blev meget skarpere opdelt. Skov for sig og agerland for sig. I skovene skulle der produceres træ, og i agerlandskabet skulle jorden dyrkes intensivt. Og på markerne huggede man som nævnt resterne af skov bort. Resultat: Landskabets overgangszoner med spredte træer og buske samt græssende kvæg blev radikalt reduceret.

Med mekaniseringen, som holdt sit indtog i landbruget i 1960'erne, fik denne udvikling en tand til. For maskiner - og i særdeleshed store maskiner - kræver store ensartede dyrkningsflader, hvis man skal udnytte



Fig. 11. Kornmark. Her er biodiversiteten beskeden.

deres økonomiske potentiale. Så tilbageværende holme af træer og buske blev yderligere reduceret. Hegn, diger, og mergelgrave mm. blev sløjfet. Endelig har nyere tids opløjning af enge og permanente græsmarker yderligere reduceret biodiversiteten i det åbne land.

200 års udvikling har således medført, at der i skovene står masser af træer, mens der i det åbne landskab kun er få og spredte enkelttræer og trægrupper med buske tilbage. Snorlige og smalle læhegn - hovedsagelig i Vestdanmark - huser dog mange træer og buske. Men generelt er de lysåbne overgange mellem ager og skov blevet meget kraftigt reduceret. Og den flora og fauna, som er knyttet hertil, har dermed fået meget færre levesteder. Det danske biodiversitetsproblem knytter sig derfor primært til agerlandet og de lysåbne overgangszoner mellem ager og skov, og ikke til selve skovene (*Buchwald, 2018*). Det er et perspektiv, man skal have med sig ved en ny skovrejsning.

Men det er det historiske perspektiv, som er afgørende, når man taler om naturbevarelse og beskyttelse. For hvad skal målet være? Skal man søge 4-500 år tilbage før middelalderens overbenyttelse af naturen satte ind? Eller skal man tage udgangspunkt i den natur, som omkring 1800 var tilbage efter den lange overbenyttelse? Eller sagt på en anden måde: **Hvad skal være baseline for vurdering af fremgang eller tilbagegang i naturens udvikling?**

Problemet besværliggøres dels af, at vor viden om den før-middelalderlige natur som nævnt er begrænset. Desuden er vor viden om den natur, som var tilbage efter 1700-tallets skovrydning, yderst mangelfuld. Så begge tidspunkter har som baseline (sammenligningspunkt) for en nutidig naturforvaltning en utopisk karakter over sig. Så meget mere som spørgsmålet, der uvægerligt knytter sig til problemstillingen er: Hvordan skal man genskabe noget forsvundet, som man ved meget lidt om?

Den mest operative løsning for en vil derfor være at vælge et tidspunkt, hvor der findes et rimelig robust datagrundlag. Men hvornår er det?



Tisvilde Hegn er en menneskeskabt skov plantet for at dæmpe sandflugten. Her er i dag en meget høj biodiversitet.

FN's verdensmål nr. 15

“Vi skal beskytte, genoprette og støtte en bæredygtig brug af økosystemer på land, fremme bæredygtig skovdrift, bekæmpe ørkendannelse, standse udpining af jorden og tab af biodiversitet”

5.

Biodiversitet

Bæredygtighed indebærer, at man også tager vare på biodiversiteten. Det fremgår f.eks. af FN's verdensmål nr. 15, hvor biodiversiteten indgår som et element i den samlede bæredygtighed:

“Vi skal beskytte, genoprette og støtte en bæredygtig brug af økosystemer på land, fremme bæredygtig skovdrift, bekæmpe ørkendannelse, standse udpining af jorden og tab af biodiversitet.”

Grundlæggende handler bæredygtighed om, at mennesker - både nuværende og kommende generationer - skal kunne leve ordentlige liv uden at forgribe sig på naturressourcerne. Det kræver en samlet afvejning af sociale, økonomiske og økologiske faktorer. Bæredygtighed handler altså ikke kun om biodiversitet (Bilag F Hvorfor biodiversitet) - lige så lidt som det kun handler om produktion eller økonomi. Opgaven består i at bringe balance i helheden - dvs. afveje forholdene mod hinanden. Og her kan man - hvor svært det end er - blive nødt til at ”hakke en hæl og klippe en tå” for at få balance i helheden.

Med en verdensbefolkning på vej mod 10 milliarder, og med samtidige ønsker om bedre levevilkår for store grupper, maner situationen til realisme, når tre bæredygtighedsaspekter - økonomi, sociale forhold og økologi - skal bringes i balance. Målet er ikke at genskabe en natur, som den kan tænkes at have været, før der kom mennesker ind i billedet. Opgaven er i stedet at standse tilbagegangen af biodiversitet i den natur, vi har - og som er en ”anden-natur”.

Det er en bunden opgave at kombinere skovdrift og biodiversitet. Men ud fra de i dag givne præmisser. Det er derfor vigtigt at gøre sig klart: Hvad indebærer bæredygtig skovdrift i forhold til biodiversitet?

Ideologien bag bæredygtig skovdrift

Grundlæggende indebærer skovbrug en ekstensiv naturbenyttelse. Dette i modsætning til landbrug, som er meget intensivt, og hvor man i vid udstrækning ændrer selve dyrkningsgrundlaget (rørlægger bække, fylder vandhuller, fjerner diger, foretager en intensiv, årlig jordbearbejdning mm.). Alt sammen for at få så ensartet og rationelt et dyrkningsgrundlag som muligt.

I skovbruget er tankegangen en anden. Her accepteres de naturgivne forudsætninger i langt højere grad. Det hænger sammen med den meget lange produktionstid, som betyder, at man er ekstremt påpasselig med ikke at binde mere kapital i den langsigtede og meget usikre produktion end strengt nødvendigt. Rettesnoren er derfor ”at følge og understøtte naturen i dens virkninger”. Man lader naturen langt henad vejen selv ”gøre arbejdet”, og når man griber regulerende ind, så indskrænker det sig til det netop nødvendige - og helst så lidt (og så billigt) som muligt.

Det forklarer, hvorfor biodiversiteten har det langt bedre i skovene end i det lysåbne landskab med dets intensive dyrkning. Der knytter sig derfor ikke større biodiversitetsproblemer til skovene, end at de kan håndteres og indarbejdes i en flersidig skovdrift. Mere herom i kap. 7.

Det egentlige biodiversitetsproblem knytter sig - i et dansk perspektiv - i stedet til det lysåbne agerland og frem for alt til overgangszonerne mellem skove og det åbne land. Dvs. de zoner, som forsvandt som konsekvens af landboreformerne og den efterfølgende mekanisering af landbruget.

Forudsætningerne for biodiversitet: Variation og kontinuitet

Måden, vi bruger - eller ikke bruger - landskabet på, afgør, hvilke levesteder (biotoper/habitater¹), landskabet kommer til at indeholde. Og jo flere biotoper landskabet indeholder, jo mere **variation** er der, og jo bedre er forudsætningerne for en stor biodiversitet.

Med en “anden-natur” som forudsætning, er det imidlertid ikke en helt enkel sag at bibeholde en uændret biodiversitet. For variationerne er

¹ Biotoper og habitat. Grænserne mellem de to begreber er flydende. Men de udgør begge et afgrænset område hvor levevilkårene er ens. En habitat er en mindre del af en biotop.

betinget af brugsmetoderne, som ændres eller forsvinder i takt med de ændrede økonomiske og politiske forudsætninger.

Manglen på overgangszoner mellem skov og landbrug er et eksempel på, hvordan ændret brug af landskabet påvirker biodiversiteten negativt, fordi habitater/biotoper simpelthen forsvinder. Reduceret græsning, høslæt og hedebrug er andre eksempler på ændringer i det åbne land. Vil man bevare den biodiversitet, som knytter sig til de i dag historiske driftsformer og biotoper, kræver det målrettet pleje. Først skal man dog bestemme sig for, hvilken historisk periode der er udgangspunkt for de habitater, man vil bevare. Typisk vil det være de sidste 100-150 år, da de tidligere perioder er helt eller delvis slettet af senere tids brug. Dernæst skal man gøre sig klart, at den pleje, det vedblivende kræver, sjældent giver indtægter, der dækker omkostningerne.

Situationen er en anden, når vi kommer til skovene. Her kan biodiversiteten fremmes af den dynamik og de forstyrrelser, som skovdriften indebærer. Skovdriften medfører et varieret udbud af biotoper og habitater. **Og bæredygtig skovdrift giver overskud - om end varierende.** Det er selvsagt betryggende for en langsigtet naturbevarelse, at den ikke skal sikres via Finansloven.

Skovdriften skaber f.eks. alders- og artsvariationer mellem de forskellige bevoksninger. Tyndinger i de forskellige bevoksninger giver varierende lys i bevoksningerne. Der skabes foryngelsesflader, når gamle bevoksninger fældes og erstattes med nytilplantning eller man udnytter en eventuel naturlig opvækst af træer. Derved skabes randzoner ind mod de omgivende bevoksninger med ældre træer. I nogle tilfælde udføres der jordbearbejdning for at lette plantningen og tilværelsen for de nyplantede træer. Det giver samtidig yderligere levesteder for dyr og planter.

Endelig udgør gamle skovbryn med flere generationer af gamle træer et vigtigt plejekrævende element, da de jo er overgangszonen til det åbne land.

Hertil kommer, at man i den bæredygtige skovdrift tager en række naturhensyn. F.eks. ved at lade gamle træer stå, ved at efterlade døde træer af ringe kommerciel værdi sammen med grene af fældede træer. Og ved



Fig. 12. En renafdrift skaber forstyrrelse med nye habitater, som ikke findes i den lukkede skov.

at skåne naturligt forekommende, men økonomisk uinteressante træer og buske. Det kan ofte gøres uden omkostninger eller i hvert fald med et minimum af omkostninger.

Desuden er der mange småarealer, som - indflettet i den dyrkede skov - med fordel kan ligge ubenyttede hen. Da skovene typisk er etableret på de ringeste jorder og de mindst tilgængelige terræner, vil der ofte være en betydelig andel af skovarealet (10-15 %), hvor intensiv skovdrift ikke er lønsom. F.eks. lavtliggende fugtige områder, skovbryn, skråninger og bakker samt moser. I stedet kan de bidrage med yderligere biotoper/habitater. Der er ikke foretaget opgørelser af, hvor stor en del af dagens skovareal, som ligger ubenyttet/urørt hen. Men alene i det private skovbrug er det vort skøn, at der findes 40-50.000 ha - måske mere. I mange skove har man - uden det fremgår af officielle registre - taget 5-15 % af

skovarealet ud af dyrkning, fordi det ikke er rationelt (se side 37). Og tendensen er stigende, fordi det ikke er økonomisk fornuftigt at udnytte meget små arealer, eller arealer som kræver en betydelig investering i form af f.eks. vandafledning.

I disse mange områder, som er indflettet i de dyrkede skove, har man mange områder med få forstyrrelser, som skaber en ønsket **kontinuitet**. Sammen med skovdriftens variation giver det gode forudsætninger for at bevare og udvikle biodiversiteten.

Urørt skov og biodiversiteten

Udlæg af store skovområder til urørt skov er i de senere år blevet italesat som det eneste svar på, hvordan biodiversiteten kan sikres. **Men så enkel** er sagen imidlertid ikke. Urørt skov er – som det vil fremgå – ikke en patentmedicin til sikring af biodiversiteten.

Der er relativt få truede dyre- og plantearter, som er direkte tilknyttet den lukkede trærige skov. Hertil kommer, at ingen af de truede skovarter (dyr og planter), vi har i Danmark, **kræver** urørt skov eller er direkte afhængige af urørt skov. Desuden vil det for de mange arter, som kræver skovlysninger og lysåben skov, være direkte skadeligt at lade skoven ligge urørt hen. Den sjældne orkide flueblomst er en af de arter, som risikerer at forsvinde, når man lader skoven ligge urørt.



Den sjældne orkide flueblomst er en af de arter, som risikerer at forsvinde, når man lader skoven ligge urørt.

Forskere har i en større tysk undersøgelse konstateret, at **artsdiversiteten er større ved forstlig behandling af skoven end ved at lade den ligge urørt** (Schall *et al.*, 2016). Endvidere knytter der sig en betydelig artsdiversitet til nåletræ (Buchwald, 2018). Det kan f.eks. konstateres, at det nåletræsdominerede Tisvilde Hegn er topscorer i biodiversitet (Buchwald, 2018).

Videre gør Buchwald (2018) opmærksom på, at der ikke behøves mere urørt skov i Danmark, end det vi har, når målet er at sikre biodiversiteten. Han påpeger samtidig, at biodiversiteten er truet i den urørte skov. Her er der behov for at gennemføre nødvendige plejetiltag for at skabe lysåbne habitater. Det bekræftes af afrapporteringen fra NOVANA², hvor det påpeges, at de udlagte naturområder er blevet for mørke og derfor skader mange arter (Ejrnæs, 2019).

Urørt skov er med andre ord ikke et universalmiddel til bevarelse af biodiversiteten. Men den kan være et supplement. Og egentlig er det ikke så ejendommeligt. En urørt skov er mørk, fordi der som oftest står meget træ i den, og kun få procent af sollyset slipper igennem til jordbunden. Ifølge Skove og Plantager (2017) står der gennemsnit ca. 200 kubikmeter træ per hektar i de danske skove. Modsætningsvist står der f.eks. i Suserup skov på Sjælland, som er en af de få skove i Danmark, der har været urørt i over 100 år, ca. 700 kubikmeter træ per hektar.

De lyselskende plante- og dyrearter, som udgør en væsentlig del af det danske biodiversitetsproblem, trives selvsagt ikke her. Derimod findes mange andre arter – blandt andet mange rådsvampe. Men de trives også i den dyrkede skov, forudsat man efterlader tilstrækkelig med dødt ved. Og det er en enkel og billig sag at udføre i praksis.

Bæredygtig skovdrift og biodiversitet

Med aktiv skovdrift kan der især indenfor de kommende 100 til 200 år skabes betydelig mere dynamik og variation i skovene, end ved at lade dem ligge urørte. Den urørte skov bliver uvilkaarligt mere ensartet, lukket og mørk. Kun naturkatastrofer (storm, oversvømmelse, ekstrem tørke mm.) kan skabe variation. Og de indtræffer kun med lange mellemrum

² NOVANA: Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur.



Fig. 13. Skov som tidligere har været stærkt menneskepåvirket, men nu har ligget urørt i mange år. I en urørt skov tages der ikke træ ud til anvendelse. Derfor kan man ikke udnytte træets vigtigste klimaegenskab: substitutionseffekten. Parti fra Suserup skov.

og kun nogle steder. At lade store græssende dyr vandre frit omkring og lave ravage - og dermed skabe de nødvendige habitater - må anses for en urealistisk mulighed i et tæt befolket og gennemkultiveret land som Danmark. Tilsvarende vil gøre sig gældende i andre tilsvarende områder med lettilgængelig opdyrket lavland i Europa som f.eks. Po-sletten og Schleswig-Holstein.

Det er her skovdriften kommer ind i billedet som middel til at skabe variation. Det er ganske vist ikke så romantisk. Men det fungerer. Samtidig skal det ikke afholde os fra, blot fordi arterne har klaret sig gennem århundreder, at forbedre levevilkår for de dyr og planter, som findes i skovene i dag. Men når vi vil skabe bedre levesteder i skovene, bør det baseres på evidensbaseret viden om, hvordan man kan gøre tingene bedre.

Indtil videre findes den ovennævnte tyske undersøgelse (*Schall et al, 2016*), som er relevant for danske forhold. Den behandler sammenhængen mellem forskellige driftsformer og biodiversitet, og forfatterne fremhæver, at den er den første langvarige undersøgelse på området, hvor effekterne af alternative forvaltningsmåder gennem 30-100 år er blevet grundigt undersøgt. Det kan heraf konkluderes, at **biodiversiteten er større i de klassisk drevne bøgeskove end i naturnært drevne skove eller i urørte skove**. Hovedårsagen angives at være netop den større variation - dvs. de mange vidt forskellige habitater - som skovdriften skaber.

Urørt skov på store områder er som nævnt blevet fremført som det enkle svar på, hvordan biodiversiteten kan sikres. Tilsvarende er det blevet hævdet, at skovdriften er et problem. Der er dog hverken evidens for det første eller det sidste. Imidlertid begynder flere undersøgelser at dukke op, som viser, at dyrkede skove ikke behøver at være en trussel mod biodiversiteten (*f.eks. Horak et al, 2019*).

Så selvom der er en betydelig biodiversitet i de dyrkede skove, er det nødvendigt at skaffe sig yderligere videnskabelig dokumentation for, hvordan skovdriften **egentlig** påvirker biodiversiteten. For når areal-ressourcerne er begrænsede, er vi tvungne til at kombinere tingene. I en langsigtet bæredygtig fremtid, kan man ikke bare tage store skovarealer ud af drift og dermed overlade træforsyningen til andre lande.

Biodiversitet i et større perspektiv

I modsætning til mange områder i Europa, hvor bjerge og uvejsomt terræn har umuliggjort en kultivering, er stort set hver eneste kvadratmeter i Danmark opdyrket eller menneskepåvirket. I et europæisk perspektiv er den biodiversitet, som knytter sig til den danske landjord derfor ikke bemærkelsesværdig. Når vi taler om biodiversitet, er det snarere de danske kyster og klitlandskaber, som kan påkalde sig interesse. Her har Danmark noget at byde på, som det kontinentale Europa selvsagt ikke har meget af.

Alle de arter - ca. 30.000 - der findes i Danmark, er indvandret siden sidste istid - dvs. fra for ca. 10.000 år siden. Det er i et evolutionært perspektiv et ganske kort tidsrum, hvor nye arter ikke har nået at udvikle sig.

Skovenes og det åbne lands biodiversitet - en forvekslingshistorie

Det er ikke samme biodiversitet, som findes i det åbne land og i skovene. Den ene landskabstype kan derfor ikke uden videre kompensere for en anden landskabstypes eventuelle biodiversitetsproblemer. Eller for at gøre det tydeligt: Lyselskende dagsommerfugle lever ikke i de mørke skove. Det samme gælder sanglærken, agerhønen og haren, som kun kan trives i et åbent agerlandskab og ikke i urørte skove.

Skovene kan m.a.o. ikke løse det lysåbne landskabs biodiversitetsproblemer. Med mindre da man vælger det modsætningsfyldte, at hugge skovene ned.

Og det passer slet ikke ind i en klimadagsorden. Vil man have bæredygtighed, må man derfor kombinere aktiv skovdrift og biodiversitetshensyn.

**En omlægning af østdansk
dyrket bøgeskov til urørt skov
medfører en øget CO₂-udledning til
atmosfæren på ca. 1700 tons/ha
i løbet af en trægeneration**

6. Omlægning til urørt skov er en klimabelastning

Urørt skov adskiller sig grundlæggende fra skovdrift ved, at der ikke fjernes træ fra skoven. Alt træ lades tilbage for at rådne op; det er en af ideerne bag urørt skov. Men dermed afskriver man sig også skovdriftens muligheder for en kraftfuld reduktion af atmosfærens CO_2 -indhold, da substitutionseffekten kun knytter sig til det træ, der tages ud af skoven for at erstatte energitunge materialer.

Ganske vist sker der i en urørt skov, som er under opbygning, en øgning af trælageret og dermed en reduktion af atmosfærens CO_2 . Men når den urørte skov efter en årrække er i balance, så bidrager den ikke længere til CO_2 -reduktionen.

Det beror på en kombination af flere ting. For det første er tilvæksten lav i en urørt skov, fordi de mange gamle træer, der findes i den, vokser mindre end unge vitale træer. Og for det andet indebærer forrådnelsen af den store mængde dødt træ en CO_2 -udledning til atmosfæren. Ligeledes kan der i forbindelse med forrådnelsen dannes drivhusgassen metan.

Indtræffer der desuden katastrofer, hvor træer f.eks. vælter og går i forrådnelse, stiger CO_2 -udledningen. Endnu værre er skovbrande, hvor den urørte skovs CO_2 -lager på én gang udledes til atmosfæren.

I dyrkede skove er situationen en anden. Her sikrer en hurtig etablering af en ny trægeneration i kombination med en større tilvækst (træerne er relativt unge og vitale), at CO_2 -reduktionen bliver meget større. Derfor er **nettobindingen** af CO_2 normalt stor i dyrkede skove.

Men det, som virkelig adskiller urørt skov og dyrket skov mht. CO_2 -effekt, er substitutionseffekten. Den forudsætter imidlertid, at det huggede træ forarbejdes og erstatter energitunge materialer eller erstatter fossil energi direkte.

Et kvantificerende eksempel kan anskueliggøre en urørt skovs CO₂-belastning i forhold til en dyrket skovs.

Når en østdansk bøgeskov udlægges til urørt skov - et eksempel

Når en skov - her en østdansk bøgeskov - udlægges til urørt skov (Fig. 14) sker der en forøgelse af CO₂-lagret i skoven (gul), da der ikke længere fjernes noget træ i forbindelse med hugster.

Det indebærer på den anden side, at man går glip af CO₂-lagringen i færdigvarer, som en anvendelse af træet kunne have givet anledning til (rød). Men fremfor alt indebærer fraværet af hugst, at der ikke kan tages træ ud af skoven, som kan give anledning til substitution af energitunge materialer og energi. I stedet for træ bliver man - som konsekvens af sit valg - nødt til at anvende andre produkter, som er energitunge og dermed CO₂-belastende. Denne CO₂-udledning til atmosfæren (mørkegrøn og lysegrøn) belaster den urørte skovs CO₂-regnskab.

Så selvom der opnås et øget CO₂-lager ved at udlægge urørt skov, så vil dette lager blive udlignet mange gange af den CO₂-udledning, som opstår i forbindelse med fremstillingen og forarbejdningen de energitunge materialer, man bliver nødt til at anvende i stedet for træet fra skoven. Samlet set - dvs. over en hel trægeneration - bliver urørt skovs CO₂-belastning derfor negativ (blå).

En omlægning af østdansk dyrket bøgeskov til urørt skov indebærer således en øget CO₂-udledning til atmosfæren på ca. 1700 tons CO₂/ha i forhold til dyrket skov over en trægeneration (det vil for bøg sige ca. 120 år).

Hertil kommer det væsentlige aspekt, at CO₂-effekten for den dyrkede skov kan gentages i generation efter generation, forudsat den er bæredygtig.

Det skal bemærkes, at for andre træarter vil forskellen på urørt og dyrket skov være større og for atter andre vil den være mindre. Det afhænger af arternes tilvækst og hvilke produkter og anvendelser, der kan laves af de konkrete træarter på det givne areal.

Fig. 14.

Netto CO₂ regnskab for bøgeskov i drift set i forhold til urørt skov

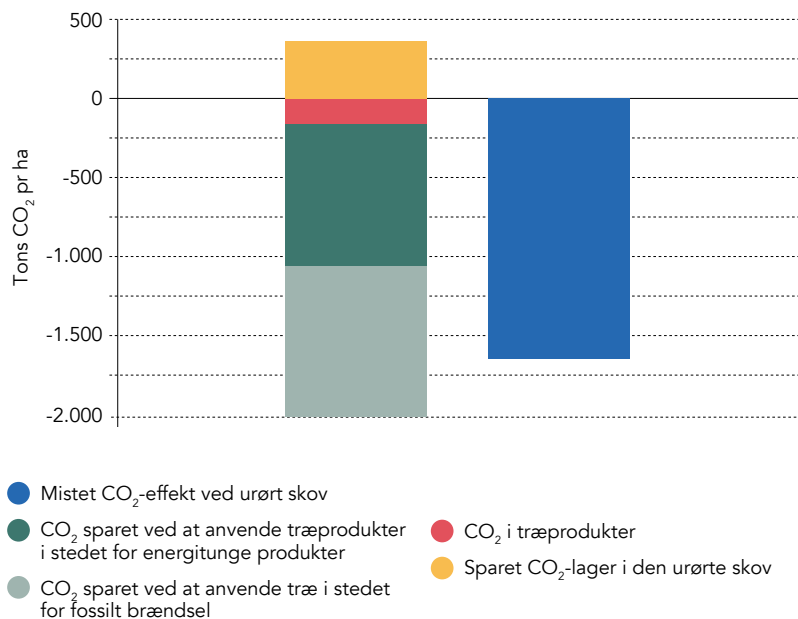


Fig. 14. Netto CO₂-regnskab for en urørt østdansk bøgeskov i forhold til en dyrket østdansk bøgeskov.

Til venstre ses, hvad der sker, når en skov lægges urørt og derfor er uden hugst: Der sker langsomt en forøgelse af CO₂-lagret i skoven (gul), når hugsten ophører. Samtidig indebærer ophøret af hugst imidlertid, at vi taber den materiale- og energisubstitution (henholdsvis mørkegrøn og lysegrøn), som et træproducerende skovbrug ville have givet. Tilsvarende bliver der ikke noget CO₂-lager i forarbejdede træprodukter (rød). Så selvom der umiddelbart bliver et større skovlager i den urørte skov end i den dyrkede, så vil dette lager være flere gange mindre end den effekt, man kunne havde opnået ved at tage træ ud af skoven ved almindelig hugst og lade det substituere energitunge produkter.

Til højre i figuren ser man nettoeffekten i CO₂-regnskabet ved at lade bøgeskoven ligge urørt. Det fremgår umiddelbart, at den urørte skov samlet set indebærer en negativ CO₂-effekt i forhold til den dyrkede skov i størrelsesordenen 1.700 tons CO₂/hektar og trægeneration."

Urørt skov kan alligevel være velmotiveret

Det springende punkt er altså den ”offeromkostning”, som det manglende udtag af gavntræ fra den urørte skov indebærer for både klima og økonomi og som medfører, at man i stedet for træ bliver nødt til at anvende energitunge materialer.

Nu kan udlæg af urørt skov i et bæredygtighedsperspektiv alligevel være vel motiveret. F.eks. kan der være arter, hvor urørt skov i højere grad anses at sikre disse arters eksistens. Men det forudsætter, at man har bestemt sig for, at disse arter skal bevares. Det ændrer dog intet ved, at urørt skov indebærer en klimabelastning. Vælger man at påtage sig denne klimabelastning, så skal denne opvejes på anden vis.

I praksis kan man håndtere det ved at placere den urørte skov i de områder, hvor tilvæksten er lav og ”CO₂-offeromkostningen” derfor beskeden. Sådanne områder findes i de fleste skove. **I stedet for at lade sig lede af en dyrkningsteknisk perfektionisme, hvor man med djævelens vold og magt - og til høje omkostninger - vil have produktionsskov på enhver kvadratmeter, så kan man - med økonomisk fornuft - lade de relativt uproduktive skovpartier ligge urørte. Her vil økonomi og biodiversitet kunne gå op i en højere enhed.**

Den praktiske opgave er med andre ord at kombinere aktiv skovdrift på de områder, hvor træproduktionspotentialet er stort med områder, hvor man kan lade skoven ligge urørt for at opnå biodiversitetsfordele. Gør man det rigtigt, vil det hverken indebære en økonomisk belastning eller en klimabelastning.

Det er også det grundlæggende princip, som ligger bag udformningen af fremtidens bæredygtige **mosaikskove**. Det beskrives nærmere i kapitel 8.

Urørt skov i dag

Selvom det **deklarerede** areal med urørt skov har været begrænset indtil Folketingets beslutning om udlæg af 13.000 hektar, så indebærer det ikke, at der ikke har været og stadig er store arealer i skovene med stærkt begrænset drift eller ingen drift. Som tidligere nævnt udgør det skønsvist 40-50.000 hektar¹. Når disse arealer findes, er grunden den enkle, at det ikke har været økonomisk forsvarligt at dyrke dem. Dette skønnede tal bør selvsagt underbygges bedre, men der findes et mørketal, som bør inddrages i overvejelserne.

¹ Ifølge Skove og plantager 2017, er der i alle Danmarks skove ca. 30.000 hektar urørt skov – dvs. ca. 5 %. Heri indgår dog kun blandings-skove. Hertil bør derfor lægges arealet for urørt skov i ensartede bevoksninger. Dette areal kendes ikke. Men skovstatistikken underbygger det nævnte skøn på 40-50.000 hektar urørt.

Jo mere, jo bedre

**Træernes klimaeffekt hænger
nøje sammen med deres
tilvækst. Jo mere de vokser,
jo større CO₂-binding**

7.

Når skoven vokser

Jo mere, jo bedre

Træernes klimaeffekt hænger nøje sammen med deres tilvækst. Jo mere de vokser, jo større CO₂-binding. Der er flere forhold, som er afgørende for, hvor meget træerne vokser. Her skal fremhæves fire faktorer, som har afgørende betydning og dermed skal inddrages ved udformningen af den praktiske skovdyrkning.

1. Træernes alder

Bevoksninger af unge vitale træer vokser mere end bevoksninger af ældre og gamle træer. Det fremgår af Fig. 15, der som eksempel viser tilvæksten (m³/ha) og dens afhængighed af alderen for poppel, eg og douglasgran. Man ser, hvordan den aldersafhængige vækstrytme er forskellig. Poppel har en udpræget stærk ungdomsvækst, som dog allerede ved 20-årsalderen begynder at klinge ud. Douglas starter derimod langsomt, men har - når den er kommet i gang - en høj tilvækst i en meget lang årrække.

Når formålet er at binde så meget CO₂ som muligt, skal man med andre ord ikke lade skovene blive gamle. I stedet skal man fælde træerne, når de opnår deres største gennemsnitlige tilvækst (dvs. tilvækstoptimum). Herefter kan CO₂-lagringen enten fortsætte uændret i færdige produkter og substituere energitunge materialer, eller træet kan bruges til direkte at erstatte fossil energi. Herefter kan en ny rotation med høj gennemsnitstilvækst begynde.

2. Træarter

Træernes tilvækst afhænger imidlertid ikke kun af deres alder. De enkelte træarters forskellige tilvækst er grundigt dokumenteret (Fig. 16).

Det ses, at nåletræer ikke alene producerer væsentlig flere m³/ha, men også mere tørstof per hektar end løvtræer. Nåletræer er derfor væsentlig mere velegnet til CO₂-reduktion end løvtræer. Det gælder især på de ringere og mere sandede jorder, hvor løvtræerne gror dårligt. Poppel

kan dog være en undtagelse under gunstige vækstforhold (f.eks. tidligere landbrugsjord i god næringstilstand).

Konklusionen er, at det ikke er ligegyldigt, hvilke træarter der plantes. Der findes et solidt videnskabeligt fundament at bygge på, når man skal vælge træart.

Fig. 15.

Tilvækstens aldersafhængighed for poppel, eg og douglasgran

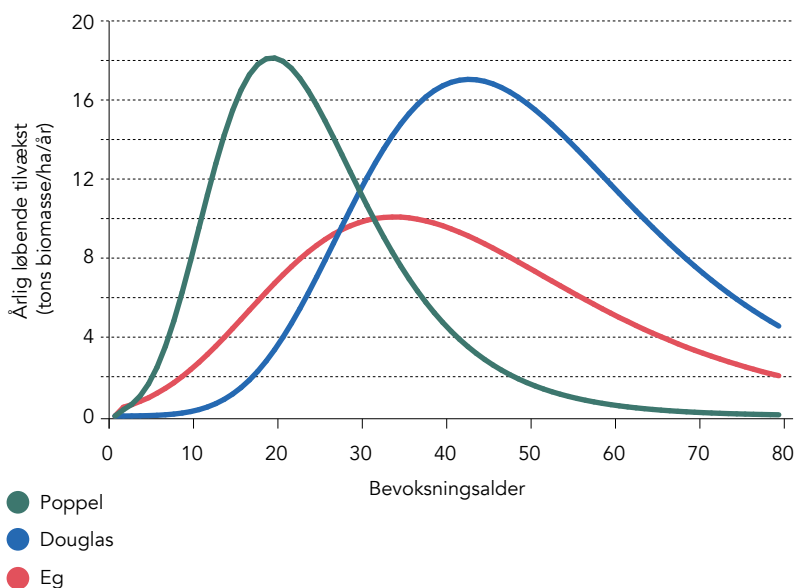


Fig. 15. Viser tilvækstens ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{år}$) aldersafhængighed for poppel, eg og douglasgran. Poppel er en udpræget pionerart, som starter hurtigt, men også stagnerer hurtigt. Egen er også en pionerart. Men den starter på et lavere niveau og med en lidt senere kulminering. Man ser også, at egens tilvækst efter 80 år er lav. Douglasgran starter langsomt i sammenligning med poppel, men har en vedholdende høj tilvækst op til 60-70 års alder (principskitse).

Fig. 16.

Forskellige træarters vækst

	Gns. tilvækst m ³ /ha/år	Produk- tionstid år	Tørstof- indhold kg/m ³	Tørstof- tilvækst ton/ha/år	CO ₂ optag ton/ha/år
Rødgran	14	65	380	5,3	9,8
Sitkagran	16	60	370	5,9	10,9
Hybridlærk*	18	70	400	7,2	13,2
Douglasgran	18	90	430	7,7	14,2
Grandis	25	65	370	9,3	17,0
Poppel	23	25	350	8,1	14,8
Bøg	8	120	580	4,6	8,5
Eg	7	140	560	3,9	7,0

Fig. 16. Viser forskellige træarters vækst. Nåletræer producerer generelt væsentlig mere end løvtræerne – med poppel som en undtagelse. Poppel bliver dog ikke særligt gammel. Stor volumentilvækst er imidlertid ikke et præcist udtryk for CO₂-bindingen. Man bør i stedet se på tørstofproduktionen. Det forskyder dog ikke forholdet mellem løvtræarter og nåletræarter, men udligner de store forskelle i volumenproduktion noget.

* Talangivelserne for hybridlærk er baseret på japansk lærk, men tilvæksten er øget med 50 %, hvilket er meget forsigtigt i forhold til de foreliggende tidlige forsøgsopgørelser. Rumvægten er uændret, hvilket støttes af forsøgsresultater. (tabellen er sammenstillet af forfatterne på baggrund af forsøgsresultater).

Desuden kan man med yderligere **skovtræforædling** (Fig. 17) opnå betydelige tilvækstforøgelser for en del af træarterne.

3. Træernes voksested

Træer er i modsætning til mange andre vækster generelt nøjsomme i deres krav til jordbundsforholdene. Det indebærer, at jordtyper, som er marginale for landbrugsafgrøder, kan være fortrinlige for skov. Det giver således god mening at konvertere dårlig landbrugsjord til skov, selvom der også findes landbrugsjord, som er så dårlig, at det mest fornuftige er at lade den ligge urørt og ikke lave skovrejsning på dem.

Der er dog stor forskel på de forskellige træarters krav til jordbundsforholdene. Men generelt må man fraråde at anvende løvtræarter på jorder med lille eller begrænset lerindhold.

4. Træernes rodsystem

Træerne optager vand og næringsstoffer fra jorden igennem deres rodsystemer, som samtidig forankrer træerne. Rodsystemets størrelse varierer mellem de forskellige arter, men lidt forenklet udgør rodsystemets biomasse generelt 20-25 % af træets samlede biomasse. Det er en forudsætning for en høj tilvækst, at rodsystemet får mulighed for at kunne udvikle sig frit. Hvis rodsystemerne står under vand, drukner de. Det er derfor afgørende for en høj tilvækst, at der generelt er en god vandaflledning på den del af skovenes jorder, der udvælges til træproduktion.

Samtidig er der forskel m.h.t. de forskellige træarters vandtolerance. De faktisk foreliggende forhold er derfor bestemmende for valget af træart på det enkelte areal.

Parallelt med træernes vækst sker der også en vis CO_2 -binding i jorden i forbindelse med den humusdannelse, der sker i rodzonen. Den indgår ikke i bogens beregninger.

Stærkt vandlidende jorder, hvor egentlig træproduktion ikke er økonomisk meningsfuld, bør ikke anvendes til skovdrift, når målet er høj træproduktion. Men de kan udlægges til urørt skov eller ekstensiv drift (Fig. 18).

Fremtidige produktionsarealer

Udformningen af de fremtidige bæredygtige skove indebærer, at arealer, hvor produktionspotentialet er stort, bør anvendes til træarter med så stor CO_2 -effekt som muligt. Selvsagt under hensyntagen til mulighederne for rodsystemernes optimale udvikling.

Konsekvenser heraf bliver skove med stor træartsvariation.



Fig. 17. Med skovtræforædling kan man øge træernes tilvækst og resistens mod sygdomme. På billedet ses en skovtræforædler i færd med at "puste" (pollinere) blomsterstøv fra veldefinerede hanblomster ind til hunblomster, som er isoleret med særlige hvide poser for at undgå fremmedbestøvning. På billedet arbejdes der med træarten ask for at fremavle sygdomsresistente træer.

Der indgår flere hundrede træer i forædlingsarbejdet for at sikre stor genetisk diversitet i fremtidens frøkilder.



Fig. 18. Rodvæltet løvtræ. Træet er væltet på grund af et meget fladt rodsystem, der er forårsaget af højtstående grundvand. Træer vil kun udvikle et dybtgående rodsystem, hvor der er ilt i jorden, det vil sige hvor jorden ikke er vandmættet. En undtagelse fra denne regel er dog rødæl. Bemærk vandspejlet til venstre i billedet.



Skove med variation - mosaikskove

**Nøgleordet for de fremtidige
bæredygtige skove vil være
variation**

8.

Mosaikskove

Skove med variation - mosaikskove

Nøgleordet for de fremtidige bæredygtige skove vil være variation. De vil fremstå som en mosaik af forskellige bevoksninger, som veksler mellem hinanden. Forskellene vil være betinget af de mange forskellige træarter i forskellige aldre, som vil blive anvendt. Isprængt produktionsbevoksningerne, hvor der sker en stor CO₂-binding, vil der være områder og strøg, hvor jordbunds- og fugtforholdene motiverer, at målet ikke er træproduktion, men biodiversitet. Vandløb og vandhuller vil sammen med de tilgrænsende kantområder her udgøre væsentlige elementer. Overhovedet vil områder, der ikke egner sig til økonomisk fornuftig træproduktion, blive overladt til fri udvikling eller til ekstensiv drift/pleje med biodiversitet som hovedformålet, da biodiversiteten ikke er koblet til træernes væksthastighed. Der er som tidligere nævnt 10-15 % af skovarealet i dagens skove, hvor vækstvilkårene er så ringe eller fremkommeligheden så besværlig, at det egentlig ikke er økonomisk fornuftigt at have skovdrift på dem. Dem kan man med fordel lade ligge ubenyttede/urørte eller kun anvende dem meget ekstensivt. Her behøves øgede kundskaber om, hvordan man rent praktisk skal gøre det.

I overgangene til det åbne landskab kan skovbryn bestående af hjemmehørende løvtræarter etableres og bibeholdes til meget høj alder. Skovbrynene driftes for at overgangene til det omkringliggende landskab skal blive eller forblive lysåben. De kan dels imødekomme biodiversitetsmål, dels være stormstabiliserende randzoner for de bagvedliggende produktionsbevoksninger. Desuden vil de forbedre landskabsbilledet.

Og inde i skovene vil skovdriften løbende skabe nye situationer. Ved fældning af hugstmodne bevoksninger skabes indre rande. Og på de træblottede arealer, hvor der eventuelt laves en jordbearbejdning for at sikre den næste trægeneration, skabes der et stort antal habitater, som vil gavne biodiversiteten. I produktionsbevoksningerne kan der i små

holme eller kanter efterlades høje stubbe og træer, som kan udvikle sig frit og bidrage til at forbedre vilkårene for biodiversiteten.

En væsentlig del af den variation, som skabes, beror på landskabets geologiske variationer. Overalt i det danske landskab - det være sig det østdanske morænelandskab eller de vestjyske sandede områder - er der varierende vækstforhold, som fremmer variationen.

Samtidig er træproduktionen afgørende for CO₂-binding og økonomi. Det er derfor vigtigt, at skovene ikke blot bliver et sammensurium af bittesmå bevoksninger. Økonomisk rationalitet vil være en uomgængelig forudsætning. Derfor vil der i mosaikken være både små og store brikker. Opgaven bliver at få placeret de højtproducerende bevoksninger på områder, så de får en driftsøkonomisk forsvarlig størrelse.

Bevoksninger af forskellig alder er karakteristisk for mosaikskoven.



Resultatet bliver skove bestående af en mosaik af forskelligheder som - kombineret med de biodiversitetshensynene, bliver flersidige og dermed bæredygtige. Og dermed i overensstemmelse med skovloven. Det er beskrevet nærmere i *Danmarks nationale skovprogram* fra 2018.

Metodefrihed

Ifølge skovloven er der skovtvang (den såkaldte fredskovspligt). Det indebærer, at man skal forynge eller genplante efter hugst af de modne bevoksninger. Men hvordan det skal gøres, er overladt til den enkelte ejer, som har metodefrihed indenfor lovens rammer. Denne metodefrihed er motiveret i de mange forskellige situationer, som naturen byder på, og som ikke kan beskrives i love og bekendtgørelser. Variationerne er for mangfoldige til, at man bare kan rulle et ensartet tæppe ud. Den personlige dømmekraft - parret med erfaring og kreativitet - er afgørende, når man skal vurdere, hvad der er rigtigt i den konkrete situation. Så meget mere som beslutningen skal være bæredygtig og dermed også inkludere ejerens situation og formål med ejerskabet.

En regulering med centralt formulerede direktiver vil let lede til enten **for** perfekte - og derfor dyre - resultater eller **for** dårlige resultater. Begge situationer skal undgås.

Så optimal skovdyrkning kræver udover fastsatte rammevilkår også et personligt nærvær kombineret med kreativitet og tidligere gjorte erfaringer.

Kort sagt handler det om - med et minimum af indsats - at udnytte de muligheder som naturen byder i den konkrete situation. Anstrengelserne skal lede til et godt - dvs. et godt nok - dyrkningsresultat.

Certificering

En grundlæggende forudsætning for en øget træanvendelse er, at der er tillid til, at de træprodukter, der bringes på markedet, kommer fra bæredygtigt forvaltede skove. For dansk produceret træ er det ikke noget reelt problem. Det sikrer skovloven.

Men forbrugerne - og opinionen - kan alligevel godt føle, at det vil være godt med ekstra sikkerhed. Så derfor har et antal certificeringsordninger vundet et vist indpas. Certificeringen indebærer, at en uafhængig

tredjepart kontrollerer og bekræfter, at den enkelte ejendoms dokumentation af skovdriften stemmer og følger certificeringsordningens retningslinjer.

Klimahensyn indgår imidlertid ikke i nogen af de eksisterende certificeringsordninger (PEFC eller FSC)¹. Derfor bør certificeringsordningerne ændres, så de kan håndtere nogle centrale problemer:

A Da træproduktionen er afgørende for skovenes reduktion af atmosfærens CO₂-indhold, bør certificeringsbestemmelserne sikre, at skovenes tilvækstpotentiale udnyttes optimalt indenfor rammerne af bæredygtighed. Skovenes træproduktion skal derfor opprioriteres i certificeringsreglerne og sigte på at fremme en optimal træproduktion.

Et konkret problem er dagens bestemmelser om, at arealet med træarter, der ikke er naturligt hjemmehørende i Danmark, **ikke** må øges. Da de fleste af de arter, som virkelig kan øge CO₂-bindingen, er indførte (f.eks. alle nåletræarterne) er bestemmelsen kontraproduktiv i forhold til CO₂-reduktion.

B Samtidig bør man ændre det ejendommelige forhold, at de eksisterende certificeringsordninger er forskellige fra land til land, selvom landene ligger i samme klimazone. Samme certificeringslogo kan derfor indebære forskellige krav, selvom dyrkningsbetingelserne er de samme. Det dur naturligvis ikke.

Det er uundgåeligt, at certificeringsordninger indebærer regler og omkostninger. Det er her vigtigt at finde en balance så kreativiteten, som er en vigtig forudsætning for en optimal skovforvaltning, ikke udhules.

Med hensyn til den fremtidige situation for afsætning af det træ, som produceres i skovene, er man helt overladt til markedets tilfældigheder. Det er dog en rettesnor, at det træ, der produceres, så vidt muligt skal være af en sådan kvalitet, at det kan anvendes til at substituere energitunge materialer. Det vil ikke være meningsfyldt kun at producere brænde (flis). En markeds-mæssig prissætning vil givetvis kunne sikre, at det ikke sker.

¹ PEFC: Programme for the Endorsement of Forest Certification. FSC: Forest Stewardship Council.



Der er også biodiversitet i en nåleskov. Biodiversiteten er betydelig større end tidligere antaget.

30%

En afgørende forudsætning for at nå en CO₂-reduktion på 30 % i 2060 er, at der rejses ny skov i størrelsesordenen ½ million hektar over en periode på 40 år

9.

Skovrejsning

En afgørende forudsætning for at nå en CO₂-reduktion på 30 % i 2060 er, at der rejses ny skov på i størrelsesordenen ½ million hektar over en periode på 40 år. Men det kan selvsagt også gøres hurtigere, hvis der findes vilje til det.

Men udover de ønskede effekter med hensyn til CO₂, er der i det foregående nævnt en række forhold, som samtidig vil kunne løses, hvis skovrejsningen udføres korrekt: Lempelig strukturudvikling i landbruget, landskabsudvikling, forbedring af biodiversiteten i det åbne land, bedre grundvandskvalitet og øgede muligheder for et aktivt friluftsliv.

Udviklingsbehov

Langt hovedparten af de danske skove er et resultat af skovrejsning, så det er ikke et nyt håndværk, som skal indøves. Der er mere end 200-års erfaring at trække på. Både succeser og fiaskoer. De er velkendte i sektoren.

Da de grundlæggende principper for de kommende års bæredygtige skovdyrkning ikke er væsensforskellig fra den møjsommeligt opbyggede skovdyrkningstradition, er der en stor erfaringssum at gå ud fra. Men problemstillinger og vilkår ændrer sig konstant og indebærer derfor justeringer. F.eks. ændrer aflønningsforhold og mekaniseringsmuligheder sig løbende, hvilket indebærer et behov for et stadigt pågående udviklingsarbejde og ændringer i metoder. Ligeledes skal naturhensyn gives øget vægt i forhold til tidligere skovrejsning.

Erfaringer med skovrejsning

Der har historisk været en tilbøjelighed til at gribe skovrejsning for skematisk an, hvilket har resulteret i store ensartede skove. Det har myndighederne i nyere tid forsøgt at afbøde ved at formulere forskrifter, som både er meget detaljerede og ofte ganske fantasifulde. Det er imidlertid åbenbart, at forskrifterne ikke har været baseret på erfaringer. Så succesraten har været under 30 % (Nielsen, 2012) og resultaterne dermed



Fig. 19. Skovrejsningsforsøg med anvendelse af forkultur af poppel, som senere er underplantet med den blivende art. På billedet er det bøg. I en klimaskov vil der også være underplantering med douglasgran og grandis (kæmpegran).

helt utilfredsstillende. Fremadrettet bør gode intentioner kombineres med erfaringer.

Med de relativt store arealer, der er behov for at rejse skov på indenfor en kort årrække, bør man selvstændigt vælge metoder, som erfaringsmæssigt er robuste og som leder til de ønskede resultater.

En fremtidig skovrejsning

Da det centrale mål med skovrejsningen er CO₂-reduktion, handler det om så hurtigt som muligt at få en høj tilvækst på de tilplantede arealer.

Det kan man opnå ved at anvende tilplantningsmetoder med forkultur og ammetræer, som kan sikre at produktionen og dermed CO₂-bindingen er oppe på fuld kapacitet allerede efter 5-8 år.

Forkulturer og ammetræer (Bilag G)

CO₂-bindingen afhænger ikke kun af, hvor meget træarterne vokser i et langsigtet perspektiv. I forbindelse med nyetablering eller fornyelse af den eksisterende skov, kan man opnå yderligere tilvækst på det givne areal og hurtigere CO₂-binding ved først at plante træarter, som har en høj tilvækst i begyndelsen (pionérarter). Samtidig eller nogle år senere indplantes der andre arter, som starter langsommere, men som har en høj vedblivende tilvækst i det lange perspektiv. Gradvist fjerner man herefter pionérarterne.

I de tidligere omtalte beregningsmodeller er valgt en "to-trinsraket", hvor netop første stadium er en forkultur med hurtigt voksende træarter (f.eks. poppel og lærk) og andet stadium er en underplantning af forkulturen med træarter (f.eks. douglasgran og grandis) som giver en langsigtet høj produktion.

Hvis man følger de erfaringer, som foreligger, vil etableringen af forkultur på velegnet (dvs. ikke-vandlidende) landbrugsjord med såvel poppel som lærk indebære, at CO₂-bindingen efter få år (5-10 år) vil være på fuld og høj effekt (20-25 t CO₂/ha/år).

Planloven, Danmarks nationale Skovprogram mm.

Ifølge Planloven er kommunerne pålagt at udpege skovrejsningsområder. Imidlertid går det trægt med udarbejdelsen af planerne. Det vil utvivlsomt fremme processen, hvis kommunerne blot skulle udpege de områder, hvor de **ikke** ønsker skov.

Samtidig bør man afbureaukratisere den nuværende procedure omkring skovrejsning, som er langsommelig og meget besværlig.

Det vigtige er imidlertid, at man med en enkel effektivisering af de instrumenter som findes, burde kunne øge takten i den skovrejsning, som allerede blev besluttet af Folketinget i 1989.

Så det er i højere grad den praktiske udformning end de formelle rammer, som er problemet i dagens skovrejsning.

Det er meget vigtigere at få skabt en langsigtet sikkerhed for, at arealtilskuddene (EU-tilskuddene) ikke bortfalder ved tilplantning, så man kan lave en langsigtet planlægning. Robuste og smidige regler er en forudsætning for en effektiv skovrejsning.

Det fremgår klart af *Danmarks nationale skovprogram (side 10-11)*, at de oprindeligt vedtagne skovrejsningsmål er uændrede. Man bør dog her sikre, at tilskuddene er træartsneutrale. Krav om anvendelse af hjemmehørende træarter vil være kontraproduktivt i forhold til ønsket om en høj CO₂-binding.

Ud fra de politiske beslutninger som foreligger, handler det derfor om at 1/ justere det eksisterende regelværk og - frem for alt - 2/ langtidssikre de fornødne økonomiske midler for at accelerere skovrejsningen.

Med disse to forudsætninger opfyldt vil man med skovrejsning have et kraftfuldt værktøj til øget CO₂-binding.

Fig. 20. Ammetræplantning, hvor den hurtigt voksende hybridlærk skaber frost- og ukrudtsbeskyttelse for sitka- og douglasgran. Hybridlærken vil kunne fjernes efter 12-15 år og kunne anvendes til energitræ (flis). På billedet er hybridlærken blevet opstammet for at give plads til sitka- og douglasgran.



70%

ca. 70 % af det danske træforbrug dækkes ved import (hele EU er nettoimportører af træ). Da træ i stigende grad forventes at blive en mangelvare på verdensniveau, er der flere grunde til at se nærmere på den globale situation

10.

Den globale situation – og Danmark

Det er åbenbart, at Danmark er en meget lille spiller i den store klimasammenhæng. Men samtidig er Danmark et af de lande, som udleder mest CO₂ per indbygger. Hertil kommer, at ca. 70 % af det danske træforbrug dækkes ved import (hele EU er nettoimportører af træ). Da træ i stigende grad forventes at blive en mangelvare på verdensniveau, er der flere grunde til at se nærmere på den globale situation.

I den forbindelse melder sig flere spørgsmål, man gerne vil have svar på:

- Hvordan forventes den fremtidige efterspørgsel på træ at blive? Vil træ blive anvendt, så det kan substituere de energitunge materialer?
- Hvordan forventes den fremtidige træproduktion (og dermed CO₂-reduktion) at blive?
- Hvordan påvirkes de tilbageværende oprindelige skove af en øget efterspørgsel på træ?

Det er spørgsmål, som er vanskelige at besvare, dels fordi den tilgængelige viden er ufuldstændig, dels fordi man ikke ved, hvilke politiske initiativer, der vil blive taget. Ét er imidlertid givet, som samtidig er et fælles omdrejningspunkt for de tre spørgsmål: Verdens befolkning er kraftigt stigende.

Befolkningsudviklingen og efterspørgslen på træ

I 2050 forventes verdens befolkning således at nå knap 10 milliarder mod dagens 7,6 milliarder. Samtidig forventes en fremgang i levestandard for store dele af jordens befolkning, hvilket medfører et større forbrug. Herunder et større forbrug af fossile brændsler og dermed en større udledning af CO₂ i atmosfæren.

Det vil også medføre, at træforbruget vil stige markant. WWF taler her om en flerdobling af efterspørgslen på træ.

De tilbageværende oprindelige skove vil derfor komme under hårdt pres og vil uvægerligt blive kraftigt reduceret, med mindre man aflaster dem.

Her vil de dyrkede skove kunne ændre kraftigt på situationen.

Dyrket skov letter trykket på de oprindelige skove

For i dyrkede skove er gavntæudbyttet per hektar langt større end i de oprindelige skove. Derfor kan dyrkede skove kraftfuldt ændre på verdens træbalancer – og dermed også på CO₂-balancen.

Jürgensen & al (2014) anslår, at 46 % af det træ, træindustrien i 2012 anvendte på verdensniveau, kom fra plantede skove, som kun udgør 7 % af verdens samlede skovareal. *Carle & Holmgren (2008)* skønner, at de plantede skoves forsyning af industritræ kan være op til 80 % allerede i 2030. Plantede skove har altså et stort potentiale for at aflaste de oprindelige skove. Ved at rejse skov på jorder, som i dag ikke er skovbevoksede, kan presset på de sidste naturskove og deres værdifulde økosystemer således lettes.

Samtidig får man med dyrkede skove en betydelig CO₂-binding på grund af deres store tilvækst. Og anvendes træet herfra målrettet til at erstatte de energitunge materialer, vil det medføre en betydelig substitutionseffekt.

Så dyrkede skove udgør klimamæssigt et betydeligt potentiale. Men hvordan ser situationen for skovrejsning ud?

Behovet for træ – “bæredygtig intensivering”

Her vurderer WWF – i lighed med FAO¹ – at det faktisk er muligt at stoppe tabet af skovareal². De er overbeviste om, at det er muligt at bevare de sidste rester af oprindelige skove i verden, samtidig med at den globale efterspørgsel på både fødevarer og træ kan dækkes (*WWF, 2012*).

¹ FAO: Food and Agricultural Organization of the United Nations.

² Verdens skovareal er ifølge FAO 3.999 millioner hektar, hvoraf de 47 % findes i troperne, 33 % i det boreale område, 11 % i det tempererede område og 9 % i det subtropiske område. Den årlige nedgang er 0,13 %. Verdens skove indeholder 80 % af jordens levende kulstoflagre. 18 % af drivhusgasudledningen kommer fra skovrydning – hovedsagelig i troperne – hvor skovarealer omlægges til landbrugsdrift.

Ved hjælp af WWF-I's Living Forest Model anslås hugsten at kunne øges fra 3,4 mia. kubikmeter i 2010 til 7,6 mia. kubikmeter i 2030 og 13,1 mia. kubikmeter i 2050.

For at nå disse mål gør WWF sig til talsmand for begrebet **“bæredygtig intensivering”**. Det indebærer, at produktionen øges på nogle arealer for at kunne bevare andre arealer til andre formål - f.eks. biodiversitet.

Man skal altså kunne producere mere træ uden at ødelægge og rydde oprindelige skove. Men det er åbenbart, at hvis hugsten i de oprindelige skove skal reduceres og måske helt ophøre, så skal der ske en betydelig skovrejsning på verdensniveau

Praksisnær handlekraft - et eksempel

WWF-International etablerede i 2007 et netværk mellem skovselskaber, offentlige partnere og lokale grupperinger under navnet **New Generation Plantations (NGP)**. Indtil videre (2017) indgår mere end 11 mio. ha skov i samarbejdet - hovedsagelig i de tropiske områder. På gennemsnitligt 43 % af arealet er der etableret plantager. Formålet er at vise, hvordan skovrejsning kan gribes an i praksis og i en sådan skala, at det betyder noget (*Silva et al., 2018*).

Skovrejsningen, som WWF-I medvirker til, sker i et samarbejde med de store skovindustrier. Den er baseret på **erfaringer og viden** og justeres løbende i takt med, at nye erfaringer gøres.

Skovrejsningen sker på arealer med ryddet og forhugget skov, som er opgivet efter overudnyttelse og ødelæggelse. De er i en sådan forfatning, at der ikke af sig selv vil genetableres god skov indenfor en overskuelig fremtid. Situationen kan sammenlignes med det, som skete i Danmark efter 1700-tallets økologiske katastrofe.

Mosaikskove

Det er et centralt punkt i NGP, at der ikke kun etableres tømmerplantager. Parallelt hermed restaurerer man naturlige skove, græsningsområder og landbrug (Fig. 21). Herved skabes der muligheder for at imødekomme ønsker om træ, biodiversitet og andre produkter og funktioner, som også giver lokalbefolkningerne noget at leve af. Princippet er at skabe højere

produktivitet på de mest velegnede arealer, for samtidigt at kunne bevare de oprindelige skove på arealer af dårligere beskaffenhed.

Nu rækker 11,1 mio. ha ikke langt. Men de viser, hvordan WWF-I's pragmatiske tilgang til problemerne kan få noget til at ske i praksis og dermed være et forbillede.

WWF's aktivitet er heller ikke det eneste initiativ til skovrejsning på globalt niveau.

The Bonn Challenge

I 2011 besluttede en række lande på initiativ af den tyske regering at forpligtige sig til at påbegynde en restaurering/etablering af 150 mio. hektar skov eller skovlandskaber på globalt niveau inden år 2020 og 350 mio. hektar inden år 2030. Alt sammen på tidligere afskovede og nu forarmede jorder. Målet er at skabe multifunktionelle landskaber ved at restaurere den økologiske situation og samtidig forbedre levevilkårene for befolkningerne i områderne - dvs. bæredygtig intensivering.

Etableringen af de 350 mio. hektar skov skønnes at medføre et CO₂-optag på 1,7 milliarder ton - plus effekten af substitution. Så afhængigt af substitutionens størrelse bliver den faktiske CO₂-reduktion væsentlig større - måske 2-4 gange de 1,7 milliarder ton.

Klimaspørgsmålet

I WWF's prognoser for det fremtidige træforbrug er ikke indregnet effekten ved en overgang til cirkulær økonomi eller bioøkonomi, som givetvis vil øge behovet endnu mere for skovrejsning. Men vi ved ikke hvor meget. I 2014 var udledningen af CO₂ på 32 milliarder ton. Hvor meget skov skal der til for at reducere så meget CO₂?

Det er der ikke lavet troværdige prognoser for. Der hænger sammen med de problemer, som knytter sig til valget af modeller og de forudsætninger, som beregningerne hviler på. Her er ikke mindst valget af substitutionsfaktorer helt afgørende. Komplexiteten i beregningerne er omfattende, og resultatet står og falder med de antagelser, der gøres. Så modelberegninger giver indtil videre næppe den vejledning, som er nødvendig for beslutningstagerne.



Fig. 21. Flyfoto fra WWF-skovrejsningsområde som viser mosaikstrukturen, hvor højproduktive tømmerskove på de mest produktive og tilgængelige områder veksler med naturlige skove på de vanskeligt tilgængelige og mindre vækstkraftige jorder.

Behovet for mere træ og skov er dog under alle omstændigheder så stort, at man med sindsro kan give sig i kast med at rejse skov. Alene CO₂-bindingen fra skovrejsningen uden substitution er under alle omstændigheder værd at forfølge.

Men en forudsætning for at få fart på rejsningen af klimaskov er, at man skal have de praktiske værktøjer til rådighed. Man skal vide, hvordan man omsætter proklamationerne til praktisk handling.

Her er WWF-I's initiativ et eksempel på, hvordan man kan få noget til at ske.

Et dansk perspektiv

I et dansk perspektiv giver 200 års erfaringer med skovrejsning et solidt fundament at stå på. Så der er ikke praktiske grunde, som stiller sig i vejen for en øgning af det danske skovareal og den danske træproduktion. Det handler mere om at komme i gang.

Derimod er situationen med hensyn til bindende aftaler på det globale niveau dog uklare. Men noget er på vej. Og det er vigtigt, hvis en dansk indsats ikke bare skal blive et slag i luften.

I EU sammenhæng³ er der taget initiativer. En kort beskrivelse af den række lovgivningsmæssige og institutionelle forhold og initiativer, som allerede findes kan ses i *Danmarks nationale skovprogram (side 52-57)*.

En forudsætning for at kunne navigere i en EU-sammenhæng er, at man har styr på skovarealer, tilvækst, kulstoflagring, biodiversitet mm. Det har vi i Danmark⁴. Den mest grundlæggende aftale med hensyn til klimaet er indtil videre Parisaftalens mål, (se fodnote 1, side 31). Her må man i dag erkende, at det ikke er realistisk at nå det opsatte mål, hvis man **kun** reducerer CO₂-udledningen. Det er også nødvendigt at **øge** CO₂-lagringen. Både i skovene og i de lagre, som alle materialer af træ udgør.

³ EU stiller krav om, at hvert medlemsland opgør de årlige netto-optag af CO₂ i deres skove og træprodukter. Ændringer i kulstofbalance i skov- og jordbrugssektoren behandles efter særskilte regler, der går under betegnelsen LULUCF – Land Use, Land Use Change and Forestry.

⁴ Skove og Plantager, som udarbejdes årligt (af IGN, Københavns Universitet) og indeholder de oplysninger som EU ønsker. Statistikken udgør et værdifuldt fundament for danske beslutninger.

Situationen er samtidig den, at der i dag ikke er nogle alternativer til skov og træ at ty til, hvis det skal have nogen effekt.

Der er ikke tvivl om, at efterspørgslen på træ vil stige markant på globalt niveau. Det indebærer, at forudsætningerne for at kunne gøre noget ved CO₂-udfordringen også er til stede. Så derfor handler det om at få gang i skovrejsningsprocessen.

Hvis 2050-målet skal nås, er det derfor centralt, at også Danmark bidrager med et seriøst skovrejsningsprogram.

Kvalitetstræ kan erstatte energitunge materialer (tegl, beton aluminium mm.), som i deres fremstilling og forarbejdning medfører udledning af store mængder CO₂.



**Det er svært at få øje på grundene
til IKKE at bruge skovdrift og træ
til forvaltningen af atmosfærens
CO₂-indhold og samtidigt møde
den stærkt**

**stigende
efterspørgsel
på træ på
globalt niveau**

11.

Perspektivering

De mest slående og vigtigste budskaber som er forbundet med skovdrift og træ er dels, at skovdrift er et både effektivt og billigt redskab i CO₂-forvaltningen, dels at biodiversiteten kan bevares.

Med skov og træ kan man derfor komme et godt stykke af vejen, mens vi venter på, at der udvikles nye endnu mere effektive energityper, som måske kan gøres os helt uafhængige af fossil energi. Men indtil da udgør skovdrift og træ i kombination med andre bestræbelser og værktøjer (f.eks. vind- og solenergi), som kompletterer hinanden.

Forudsætningen for at opnå de ønskede effekter af skovdrift og træ er en fortsat udvikling af træanvendelsen, så forbruget af de energislugende materialer (stål, beton, tegl mv.) kan reduceres. Her er samtidigt et innovationspotentiale med store forretningsmuligheder. Det er ikke svært at se en analogi til den innovation, som udviklingen af vindenergien har medført. Potentialet indenfor anvendelsen af træ og træprodukter er bare mange gange større. Det handler ikke kun om træ i strukturbevaret form, men alle produkter, hvor træs fiberegenskaber (Fig. 23) og kemiske komponenter som f.eks. cellulose og lignin (Fig. 22) tages i anvendelse.

Det handler her grundlæggende om at opnå så stor en substitutionseffekt som muligt.

Når skovdrift og træ kan få en central plads, så hænger det sammen med, at skovdrift og biodiversitet kan kombineres. Den historiske udvikling har indebåret, at der ikke er oprindelig natur tilbage i Danmark. Vi ved ikke, hvor stort et artstab 1700-tallets overudnyttelse og økologiske katastrofe medførte for det danske landskab. Men den biodiversitet, som er tilbage, har nu klaret sig i ca. 200 år, og der er ikke nogen af de arter, vi har tilbage, som f.eks. kræver urørt skov.



Fig. 22. Lignin var tidligere et spildprodukt ved papirfremstilling som medførte miljøproblemer. Imidlertid har den norske koncern Borregård fundet nye anvendelser for lignin. Det anvendes som indblending i beton og andre byggematerialer, hvor den mindsker cementandelen og gør betonen stærkere og lettere. Derudover bruges den i tekstilfarver og keramiske produkter. Desuden har den bindende og dispergerende egenskaber og bruges til at holde sammen på diverse pellets i landbruget, hvorved man opnår bedre opløselighed og færre støvgener. Og en dråbe lignin i væsken i et bilbatteri modvirker krystallisering og øger derfor batteriets levetid. Her ses en medarbejder med lignin-pulver.

Men opmærksomheden på den biodiversitet, som er tilbage, skal ikke bare øges, men skovdriften skal udvikles, så skovdrift og biodiversitet i endnu højere grad går hånd i hånd uden at give anledning til konflikter. Her er der brug for en langsigtet udvikling af metoder, så man får et empirisk grundlag at arbejde ud fra og ikke kun teoretiske spekulationer.

Mosaikskovbrug kan her stå som en betegnelse for den skovdrift, som - baseret på bæredygtighedens principper - kombinerer de mange tjenester et fremtidigt skovbrug skal servicere vort velfærdssamfund med (træ som materiale, energi, CO₂-forvaltning, biodiversitet, ramme om friluftsliv, sikring af grundvand mm.).

Samtidig indebærer en skovrejsning, at man kan udvikle landskabet. Med skove og træer kan produktion og æstetik kombineres.

Udformes tilskudsreglerne ved skovrejsningen rigtigt, vil det samtidig kunne lette strukturændringerne i landbruget, hvor overgangen fra mindre til større enheder lettes, parallelt med at mindre egnede landbrugsjorde tages ud af brug.

Afslutningsvist skal fremhæves, at presset på jordens tilbageværende oprindelige skove (både de boreale og de tropiske skove) kun kan lettes, hvis man alternativt øger produktionen i kulturskovene, hvortil de danske skove hører.

Samtidig er Danmark nettoimportør af træ (ligesom hele EU er det) fra et verdensmarked, hvor der er udsigt til en øget efterspørgsel på grund af et stærkt stigende behov.

Det er svært at få øje på grundene til ikke at bruge skovdrift og træ til forvaltningen af atmosfærens CO₂-indhold og samtidig møde den stærkt stigende efterspørgsel på træ på globalt niveau.

Fig. 23. Fibre fra træ kan anvendes til fremstilling af tekstiler og erstatte både bomuldsfibre og syntetiske fibre baseret på olie.



Bilag

BILAG A

Drivhusgasser

Når solens stråler rammer jorden omdannes de til infrarøde varmemstråler, som reflekteres tilbage til atmosfæren. Men her bremses de af atmosfærens såkaldte drivhusgasser. Opbremsningen indebærer, at luftlaget rundt om jorden bliver opvarmet, når varmemstrålingen afgiver noget af sin energi. Først når varmemstrålingen har passeret atmosfærens øverste lag, kan den slippe ud i verdensrummet.

Drivhusgasserne sikrer at jordens gennemsnitstemperatur er ca. 14°C. Uden drivhusgasser i atmosfæren antages jordens gennemsnitstemperatur at ville være -18°C. Drivhusgasserne ligger således som et beskyttende lag rundt om jorden og er en forudsætning for livet på jorden.

Den grundlæggende hypotese bag klimaforandringerne er, at jo flere drivhusgasser der findes i atmosfæren, jo mere varmemstråling vil blive tilbageholdt, hvilket indebærer, at temperaturen i atmosfæren og jordens overfladetemperatur vil stige. IPCC¹ anser, at den menneskeskabte udledning af drivhusgasser spiller en afgørende rolle og forstærker den naturlige drivhuseffekt, hvilket indebærer, at vi får et varmere klima.

Forbindelserne vanddamp (H₂O), kuldioxid (CO₂), metan (CH₄) og lategas (N₂O) betegnes som drivhusgasser. De industrielle freongasser (CFC-gasser) er ligeledes drivhusgasser. En forudsætning for at en luftart kan virke som drivhusgas er, at den indeholder mindst tre molekyler. Det betyder, at nitrogen, oxygen og argon, som udgør næsten 99 pct. af den atmosfæriske luft, ikke er drivhusgasser, da de kun indeholder 2 atomer.

Da koncentrationen af vanddamp er betinget af jordens temperatur, forstærker drivhusgasser og temperatur således hinanden og kan starte en selvforstærkende spiral.

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change er FN's organisation, som beskæftiger sig med sammenhængen mellem videnskab og klimaforandringer. De rådgiver samtidig regeringer.

Vanddamp er den drivhusgas, der er mest af i atmosfæren. Koncentrationen heraf kan kun påvirkes indirekte ved at udlede færre drivhusgasser. Det medfører mindre vanddamp i atmosfæren, som igen medfører en mindre temperaturstigning i atmosfæren og jordoverfladen. Etc. etc.

På grund af den menneskeskabte udledning ligger CO_2 -indholdet (som kun udgør 0,031 % af atmosfærens indhold) ca. 30 pct. over det niveau, det havde, før industrialiseringen startede.

De forskellige drivhusgasser påvirker drivhuseffekten forskelligt. Derfor omregner man alle drivhusgasserne til såkaldte CO_2 -ækvivalenter, svarende til den effekt CO_2 har.

Metan har således en effekt som er 21 gange CO_2 's og lattergas har en effekt på 290 gange CO_2 's effekt. Ofte nævner man ikke eksplicit metan og lattergas, men de indgår i beregningerne som CO_2 -ækvivalenter.

I dag er koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren ca. 430 ppm CO_2 -ækvivalenter (CO_2 -e). Heraf udgør kuldioxid ca. 385 ppm.

BILAG B

Hvad er biomasse og hvad er energitræ?

Biomasse er alt det plantevæv, som kommer ud af fotosyntesen. Fotosyntesen er den proces i træerne, der binder solens energi sammen med vand (H_2O) og kuldioxid (CO_2) til energiholdige sukkerforbindelser. Samtidig frigøres ilt (O_2) til atmosfæren. De energiholdige forbindelser er forudsætningen for alt liv, så fotosyntesen er den vigtigste proces på jorden.

Plantevævet i træerne - biomassen - består hovedsagelig af cellulose (som består af de nævnte energiholdige sukkerforbindelser) og lignin. Det specielle ved træer - i modsætning til andre planter - er, at de er flerårige. Og det stativ, hvor deres blade og nåle sidder på - dvs. deres stamme og grene - består hovedsagelig af cellulose, som har et utal af anvendelser.

Men ligegyldigt om det er stammen, grenene, rødderne, de fine kviste og blade og nåle, så er det alt sammen biomasse. Så uanset hvad vi anvender træet til - tømmer, emballagetræ, papirtræ eller energitræ - så er det biomasse, vi anvender.

Desværre råder der sproglig forvirring omkring biomasse og energitræ. Det er en forvirring, som ikke mindst Energirådet ("*Biomassens betydning for grøn omstilling*", 2018) har bidraget til, ved at bruge biomasse og energitræ som synonyme. Det er selvsagt forkert, da meget biomasse - jvf. ovenfor - ikke bruges til energitræ, men til noget mere værdifuldt; eller det bliver liggende i skoven.

Hvad kan man bruge et træ til?

Træer består af en træstamme med grene. Det er normalt træstammen, som anvendes på savværkerne. Træstammer er kegleformede, så på savværk er det ikke alt, der kan blive til firkantede planker og brædder, selvom man ved opsavningen går ned i små dimensioner. Der bliver også en stor mængde træ - knap 50 % af den volumen, der kommer ind på savværket - som ikke direkte kan anvendes i sin oprindelige struktur.

Men ”affaldet” kan anvendes til andre ting - f.eks. spånplader (hvor træspåner er presset sammen til plader) eller papir (hvor cellulosefibrene adskilles fra bl.a. lignin). Og så kan det også anvendes til energi/brændsel. Kun den andel, som anvendes til energiformål, kaldes energitræ. Den udgør altså den del af biomassen, som **ikke** kan anvendes til noget bedre.

Energitræ

Men det er ikke kun affaldstræ fra industrien, der kan anvendes til **energitræ** (det forædles typisk til træpiller). Grenene, som ikke anvendes på savværket, kan også bruges til energi. Ligeledes kan de små og dårlige træer, som man tynder bort i et tidligt stadium for langsigtet at øge andelen af værdifuldt træ, også bruges til energi. Hovedparten heraf sønderdeles til **træflis**.

Energitræ er således en betegnelse for alt det træ, som ikke længere kan anvendes til noget andet (med højere forædlingsniveau og større substitutionsfaktor) og kan derfor med fordel afbrændes og frigive energi.

Energitræs fremtid

Energitræ vil under alle omstændigheder være en vigtig komponent i en fremtidig bio-økonomi, hvor grundprincippet er, at resurserne cirkulerer. Når materialer af træ efter flere anvendelser ikke længere kan anvendes, har det som returtræ - sammen med affaldstræ - en vigtig funktion som energitræ, hvor det substituerer fossilt brændsel. Det er derfor vigtigt, at man ikke ser energitræ som et midlertidigt sortiment.

Forbrændingen af energitræ medfører dannelse af CO₂, men hvis skovdriften er bæredygtig og skovens tilvækst dermed er i balance med forbruget af energitræ, så medfører det ikke en forøgelse af atmosfærens netto CO₂-indhold.

Hertil skal tilføjes, at energitræ isoleret set ikke er helt CO₂-neutral, da der i forbindelse med dens oparbejdning og transport forbruges en begrænset mængde fossil energi. For dansk flis til dansk forbruger går der 3,3 % af den leverede mængde. Til sammenligning er det tilsvarende transportforbrug for kul 6,7 %. I takt med, at det bliver økonomisk muligt at fremstille flydende drivmidler af træ, som kan erstatte dagens

flydende fossile brændsler, vil det store forbrug af fossil energi kunne bringes til ophør.

Import af energitræ

For nogle år siden blev 80-90 % af den flis, der blev brugt i Danmark også produceret i Danmark. Og de decentrale fjernvarmeværker køber fortsat overvejende dansk energitræ (flis), som produceres i stadigt stigende mængder.

Imidlertid er importandelen de senere år totalt set øget. Det hænger sammen med den igangværende omstilling af de store centrale kraftværker fra kul til flis. Værkerne er placeret og indrettet med henblik på brændsel (oprindelig kul) leveret med skib.

Så længe den importerede flis kommer fra bæredygtigt drevne skove, er importen vigtig i omstillingen til en bæredygtig økonomi, da den hovedsagelig erstatter fossilt brændsel.

Og så længe eksportlandenes skovdrift er bæredygtig, og de ikke selv bruger energitræet, er det bedre, at de eksporterer det. Alternativt ville det rådne op eller afbrændes uden nyttiggørelse - og under alle omstændigheder frigive CO₂.

Dansk energitræ

Det er en styrke ved det danske energitræ (flis), at produktionen i skoven er effektiv (og billig), og transportafstanden fra skov til værk kort. Det giver et meget lavt energiforbrug. Dansk produceret flis vil dog næppe kunne eksporteres, da det vil indebære yderligere omkostninger til transport samt lastning og losning. Så meget mere som det her vil møde en stærk konkurrence fra de periodevis store overskudsmængder, som udbydes på verdensmarkedet.

Flydende bio-brændstof

En af de store energiudfordringer er transportsektoren, som - i hvert fald for den tunge trafik - er utænkelig uden fossil energi. Her er flydende "grøn energi" baseret på energitræ en mulighed, som ikke kun er fantasi, men allerede produceres som iblanding i benzin og diesel. Så selvom der

i dag fortrinsvis laves flis af energitræet, så vil man på sigt kunne lave et mere forædlet brændsel. (Bilag D Substitution)

Flisstak ved bilvej. Flisen kommer fra småt dimensionerede træer, og deres fjernelse er vigtig for at få en bedre kvalitet og værdi på de tilbageværende træer i bevoksningerne.



BILAG C

Skovdrift, energitræ og fremtiden

Skovdrift og energitræ

For at sikre kvaliteten og dimensionerne i de ældre og gamle bevoksninger fjerner man normalt de dårlige og små træer i de unge bevoksninger (Fig. 24 og 25). Det gør man for at træet fra skovene skal opnå en høj teknisk kvalitet, hvis det skal kunne substituere andre materialer. Så snart træerne når en dimension, hvor den bedste del af stammen kan anvendes til noget mere værdifuldt (papir- eller spånpladetræ, emballagetræ og tømmer) ændres sorteringen, og kun den mindste og ringeste del samt grenene anvendes til energitræ.





Fig. 24 og 25. I venstre billede (24) ses bunker af småt dimensioneret træ som er blevet fældet og bunkelagt. Ovenfor (25) ser man, hvordan et bundt småtræer føres ind i en flishugger, der sønderdeler træerne til flis, som siden transporteres til varmekværk.

Alternativet til at anvende de småt dimensionerede og dårlige træer (dvs. skæve træer og træer med fejl) samt grene og hugstaffald til energitræ vil oftest være, at de bliver liggende i skovene og rådner op. Derved frigives det i træerne bundne kulstof som CO_2 til atmosfæren, uden at man får nytte af træets energiindhold.

BILAG D

Substitution

Substitutionseffekten

Når træ erstatter et energitungt materiale (dvs. et materiale, som kræver store mængder fossil energi for sin fremstilling og forarbejdning) betegnes det substitution. Energitunge materialer er f.eks. stål, aluminium, beton og tegl.

Ved substitution af energitunge materialer med træ, spares den CO₂-udledning, som forarbejdningen af disse materialer kræver af fossil energi.

At substitutionseffekten er af afgørende betydning for forståelsen af skovdriftens klimateffekt fremgår af følgende figur, som viser, hvor meget CO₂ der bindes, og hvor meget CO₂ der spares i løbet af en bevoksnings liv:

Man ser dels, at der er CO₂ bundet i den stående skov samt i de træprodukter, som efter hugst anvendes til bygningskonstruktioner, møbler mv. Denne lagereffekt - både i skoven og i de færdige produkter - er vigtig for at reducere atmosfærens CO₂-indhold - se figuren.

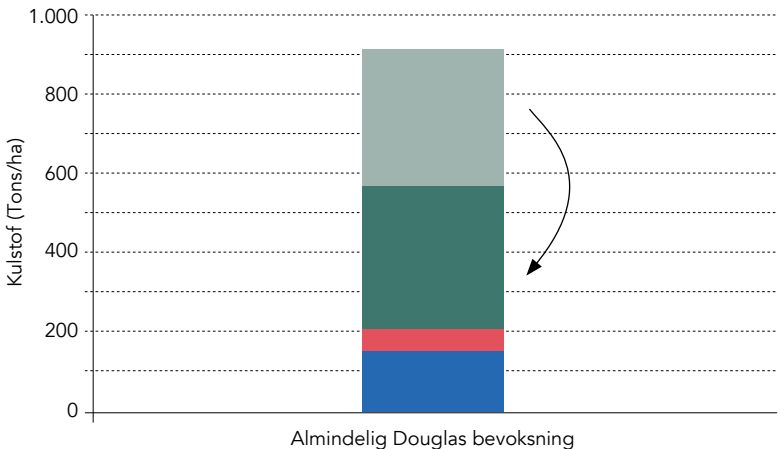
Man ser, at der med dagens teknologi er en relativ stor del af træets totale biomasse, som direkte erstatter fossilt brændsel. Det hænger sammen med, at træet dels består af grene og toppe, dels at træer er kegleformede. Det indebærer, at en betydelig del af træet må skæres fra på savværket, da det ikke direkte kan anvendes strukturbesvaret. I stedet kan det brændes og erstatte fossilt brændsel. Træs substitutionsværdi som brændsel er imidlertid væsentlig lavere, end når det anvendes til materialer. Derfor handler det om at få så stor en del af træet forarbejdet til materialer og dermed opnå en betydelig større substitutionseffekt (CO₂-besparelse).

I takt med at der udvikles nye materialer baseret på flis, bliver brændselsfraktionen (lysegrøn) mindre, og materialefraktionen (mørkegrøn) bliver flere gange større. Hvor stor substitutionseffekten bliver, afhænger af, hvor meget CO₂-besparelse det pågældende produkt medfører.

Der foreligger m.a.o. et stort innovationspotentiale i at udvikle nye produkter, der kan forædle træets ”brændsels-fraktion”. Udviklingen af såkaldte kompositmaterialer (materialer som består af små træstykker, der er presset sammen f. eks. til spånplader) synes at blive af stor betydning i fremtiden. Tilsvarende er man kommet meget langt med at udvikle tekstiler af træfibre. De kan erstatte den miljøbelastende bomuldsproduktion.

På trae.dk kan man løbende følge denne udvikling. Potentialet for industriel udvikling kan blive meget store, hvis de forskningsmæssige landvindinger der gøres, kan omsættes til industrielle produkter.

Substitutionseffekten



- Kulstof i skoven
- Kulstof i træprodukter
- Sparet kulstof ved træprodukt substitution
- Sparet kulstof ved energi substitution

BILAG E

Geologisk lagring eller BioCCS

Hvorfor kan man ikke bare suge CO_2 ud af luften og pumpe den ned i huler i undergrunden, hvis der er for meget af den i atmosfæren? (se også Bilag A Drivhusgasser).

Ideen er ikke dårlig, men desværre er det ikke helt så let, som det lyder. Det første problem er, at luftens indhold af CO_2 er meget lavt - kun 0,031 %. (luften består i øvrigt af 78 % kvælstof, 21 % ilt, 0,93 % argon samt en antal andre gasser i meget lav koncentration - herunder CO_2). Så det bliver uhyre energikrævende at suge CO_2 direkte ud af luften.

Imidlertid er CO_2 -koncentrationen høj i skorstensrøg. Så her kan man omkostningseffektivt suge CO_2 ud af røgen og dermed flytte CO_2 fra atmosfæren til undergrunden.

Det næste problem er, at ikke al undergrund er velegnet. GEUS har imidlertid undersøgt mulighederne for lagring i den danske undergrund og bedømmer, at mulighederne her er særdeles gode, hvis den "indsamlede" CO_2 pumpes ned i dybereliggende lag (*Olsen et al., 2009*).

Endelig kræver det fortsat teknologisk udvikling, før processen kan skaleres op.

Processen går under betegnelsen CCS - dvs. **Carbon Capture & Storage**. Tanken er at balancere CO_2 -udledning fra fossile brændsler.

Hvis vi i stedet kobler CCS-anlægget på skorstene fra biobrændselsanlæg (deraf navnet BioCCS), og suger CO_2 ud af skorstensrøgen herfra, så fjernes CO_2 fra det korte kulstofkredsløb. Det indebærer, at man med BioCCS kan reducere atmosfærens CO_2 -indhold - dvs. inkl. den "historiske" CO_2 og dermed bringe atmosfærens CO_2 -indhold tilbage til tidligere tiders lavere niveau.

Termisk forgasning

I samme retning som BioCCS går termiske forgasning. Udgangspunktet er her biomasse fra f.eks. landbrug, hvoraf der udvikles biogas og restproduktet "koks", som har et højt kulstofindhold. "Koksen" kan spredes på markerne og indgå i humusdannelsen. I et langt perspektiv vil der dog ske en nedbrydning og gendannelse af CO₂.

BILAG F

Hvorfor biodiversitet?

Biodiversitet er et ord, som har nået stor udbredelse blandt miljøfolk, politikere og folk i største almindelighed. Det bruges i mange sammenhænge, uden man altid har gjort sig klart, hvad det egentlig er, og hvornår det anvendes korrekt.

Egentlig dækker det over den variation, der er i naturen, hvilket ikke er særlig præcist. Mest almindeligt anvendes det som betegnelse for den variation eller det antal af arter, der findes. Man kan i den forbindelse tale om den danske biodiversitet og mener hermed de ca. 30.000 arter, der findes i den danske natur. Men man kan også tale om havets biodiversitet, om det åbne landskabs biodiversitet, om skovenes biodiversitet mv. Og her dækker begrebet selvsagt over forskellige biotopers biodiversitet, som ikke uden videre kan sammenlignes med hinanden.

En stor og stigende biodiversitet i skovene kan f.eks. ikke kompensere for en faldende biodiversitet i havet eller i det åbne land. De forskellige økosystemer har hver deres arts-biodiversitet, og derfor må man præcisere, hvad man mener for at undgå misforståelser. Når biodiversiteten er truet i det åbne land, så hjælper det f.eks. ikke at udlægge urørt skov.

Grundlæggende er biodiversiteten en forudsætning for velfungerende økosystemer. Men det betyder ikke, at alle disse arter er en forudsætning for, at økosystemerne kan fungere. De mange arter, som evolutionen har frembragt, er resultat af tilfældighed og ikke af nødvendighed. Der har ikke været et mål med evolutionen.

Selvom velfungerende økosystemer grundlæggende er en forudsætning for, at der kan leve mennesker på jorden, så indebærer det altså ikke, at alle de mange arter - der tilfældigvis findes - er nødvendige.

Interessen for biodiversitet er derfor næppe motiveret af frygten for, at økosystemerne vil bryde sammen, når biodiversiteten bliver mindre. Det gør de ikke.

Interessen for biodiversitet er snarere begrundet i ønsket om at leve med en rig natur med stor mangfoldighed – og herunder mange forskellige arter. Og biodiversiteten opfattes som en indikator på, at vi behandler naturen ansvarligt og at kommende generationer også får en natur, de kan glæde sig over.

Med en verdensbefolkning på vej mod 10 mia. bør man imidlertid være realistisk. Udfordringen er ikke at opretholde en natur, som om der ikke fandtes mennesker. Opgaven er i stedet – under de givne forudsætninger – at opretholde så mange arter som muligt. Men man skal være bevidst om, at det kan være forbundet med store omkostninger at øge biodiversitet.

Her vil urealistiske forudsætninger og mål let kunne lede til fejlagtige beslutninger, som kan indebære, at FN's 17 mål slet ikke nås. Med begrænsede ressourcer til rådighed, vil en jagt på urealistiske mål være kontraproduktiv.

I dyrkede skove kan man – som her – efterlade træer der får lov at dø og rådne op. Det fremmer biodiversiteten.



BILAG G

Forkultur og ammetræer

Nogle træarter starter hurtigt deres vækst efter plantning; det er de såkaldte pionérarter. Men efter få år aftager deres vækst år for år. Andre arter derimod vokser langsomt de første 0-10 år for derefter - når de først er kommet i gang - at vokse meget over en lang årrække.

Denne forskellighed i vækstrytme kan man udnytte ved at blande træarterne, når man enten gentilplanter eller rejser ny skov på landbrugsjord.

Der er to fremgangsmåder:

Forkultur: Her planter man først en pionerart, som vokser meget hurtigt. Det kan være poppel, rødel, birk eller lærk.

Efter et antal år - måske 12-15 år - hugger man nogle af træerne bort (de kan f.eks. anvendes til energitræ), så der kommer lys til jorden. Derefter kan man plante en af de arter, som starter langsomt ind under pionérarten, der langsomt - over en årrække - fjernes.

Underplantningstræarten vil gradvist overtage arealet i takt med, at pionértræarten fjernes, og - når denne er borte - vokse med fuld kraft i en lang årrække.

Da underplantningstræarterne ofte er frostfølsomme og vanskeligt tåler ukrudtskonkurrence, så opnår man desuden ved denne metode, at disse vokser op beskyttet af pionerarten.

Med forkultur slår man altså to fluer med ét smæk. Man får både en 1/ Større og hurtigere produktion på arealet - og 2/ mere sikker (og dermed billig) etablering af den langsomt startende art.

For god ordens skyld skal tilføjes, at det kræver omhyggelig pasning og rettidig omhu at lykkes med en forkultur.

Ammetræplantning: Rettidighed kræves i endnu højere grad med en ammetræplantning. Her planter man pionerart og langtidsart samtidigt.

Pionérarten lægger hurtigt fra land og vil efter få vækstsæsoner kunne beskytte langtidsarten mod frost og ukrudtskonkurrence. Med tiden vil pionerarten/ammetræerne imidlertid kunne skade den langsomt voksende langtidsart.

Derfor fjernes ammetræerne i flere indgreb, og arealet overlades til langtidsarten. Man forsøger i praksis at vente med fjernelsen af pionerarten til den kan give et kommercielt udbytte som energitræ - normalt efter 12-15 år.

Man kan dog blive nødt til at fjerne pionérarten/ammetræarten tidligere for at undgå skader på langtidsarten. Hvis dette ikke sker, fordi man ønsker at få det kommercielle udbytte, kan man stå tilbage med en bevoksning med reduceret langsigtet tilvækst (og dermed CO₂-binding) samt reduceret træ kvalitet.

Mange velmente forsøg med denne metode er slået fejl ved netop at ammetræarten har overtaget arealet. Det kan derfor ikke understreges kraftigt nok, at metoden kræver opsyn og rettidig pleje.

Ammetrækultur på agermark, hvor hurtigtvoksende poppel skal skabe frostbeskyttelse for rødgranerne, der er plantet mellem poppelrækkerne.



BILAG H

Beregningsmodel

I det følgende er vist beregninger af, hvordan skovdrift kan afhjælpe problemet med den stigende mængde CO_2 i atmosfæren ved hjælp af den model, som er opstillet af *Taeroe et al. (2017)*. Beregningernes tidsperspektiv er frem til år 2100 og udgangsåret er 2018. De viste figurer tager udgangspunkt i beregninger udført på træarten douglas-gran på en hektar jord.

Grundmodel

Det begynder med træernes optagelse af CO_2 fra atmosfæren. Ved hjælp af solens energi bindes CO_2 'ens kulstof i træerne - i første runde som energiholdige sukkerforbindelser - samtidig med at der frigives ilt (O_2) til atmosfæren. I de viste figurer ses kulstoflagret angivet. Ønsker man det i stedet angivet som CO_2 -lager, skal der multipliceres med 3,664.

I **første trin** sker følgende: **Sukkerstofferne indlejres** derefter - hovedsagelig som cellulose - i træstammer, grene og rødder i takt med at træet vokser. Mængden af biomasse (og dermed kulstof) vokser derfor successivt. Det ses af Fig. A1, som viser hvordan kulstoflagret øges med alderen (de små hak i kurven viser hvordan der ved hver tynding udtages biomasse i form af gavntræ og energitræ). De tilbageværende træer - som er de kvalitativt bedste - vokser videre for at nå en større og mere værdifuld dimension. Bevoksningen tænkes afviklet ved 85-års alder, dvs. udenfor beregningsperioden.

Dernæst ses på den biomasse, som fjernes i forbindelse med hugsten.

En del heraf føres - oftest som flis - til afbrænding i kraftværker og substituerer dermed fossilt energi.

En anden del transporteres til træindustrien og forarbejdes til træprodukter, og her lagres kulstoffet videre. Træprodukterne levetid er sat til 30 år. Deres kulstoflager fremgår af Fig. A2.

Fig. A1.

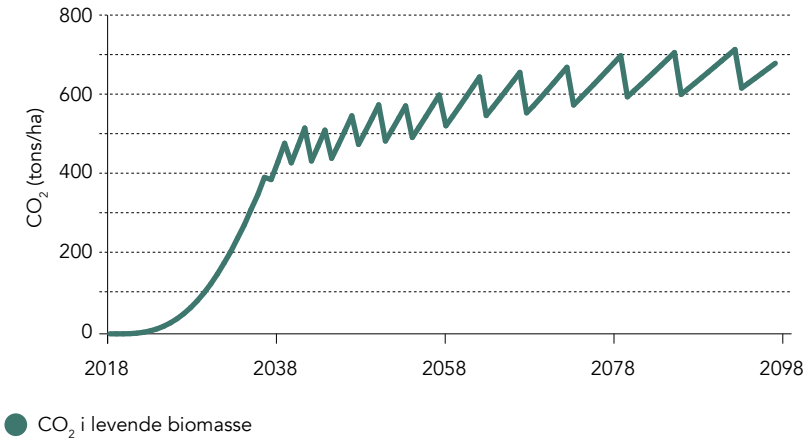
Kulstof i levende biomasse

Fig. A2.

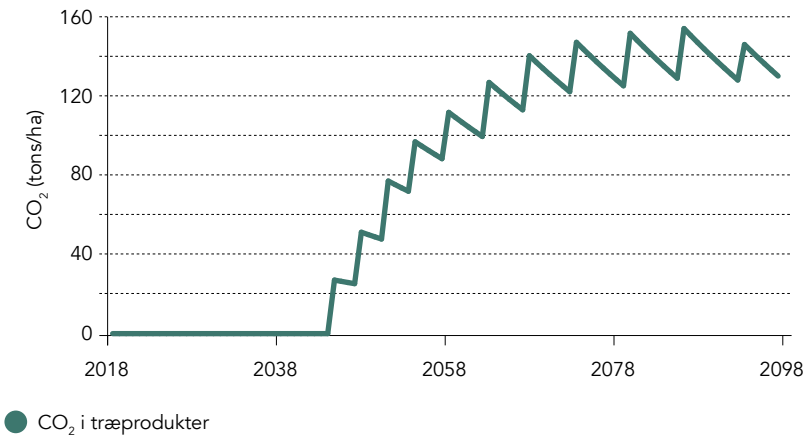
Kulstof lagret i træprodukter

Fig. A1 og A2 viser kulstof-lagrets udvikling i den levende masse respektive de forarbejdede træprodukter. Ved skovdriften bliver der dog altid hugstaffald, stubbe og rødder, som bliver tilbage i skoven – se Fig. A4. (Taerøe & al. 2017)

Træprodukterne substituerer samtidig stål, beton, tegl mm. og medfører dermed en reduceret udledning af CO_2 . Ved de træindustrielle processer bliver et spild (savsmuld, fraskær mm) anvendt til energi, som således substituerer fossil energi.

Når træprodukterne er færdiganvendte, er en del tænkt genanvendt som brændsel, hvor det substituerer fossilt brændsel. En anden del deponeres.

Hver gang træprodukter er færdiganvendt, medfører det et fald i træprodukternes kulstofpulje, se Fig. A2. Hvis det deponeres medfører det en stigning i deponiets kulstofpulje - se Fig. A3. Her vil det successivt rådne op og frigive CO_2 .

Endelig har vi den biomasse som efterlades i forbindelse med skovning i form af hugstaffald, stubbe og rødder - se Fig. A4. Hver gang der skoves, vokser denne pulje, og tilsvarende formindskes den i takt med at puljen rådner og kulstoffet atter vender tilbage til atmosfæren som CO_2 . Der regnes i den forbindelse med en med en halveringstid på 5 år.

Det skal understreges, at der ved forbrændingen af energitræ, spildprodukter og færdiganvendte produkter udvikles CO_2 . Men da man sparer fossilt brændsel indregnes dette i substitutionseffekten.

Alternativt til at anvende energitræ fra skoven er at lade den rådne op. Herved udledes samme mængde CO_2 til atmosfæren, som oprindeligt blev suget ud af atmosfæren. Men det giver hverken varme eller elektricitet og dermed opstår der ikke nogle substitutionseffekter.

Som uddybning af ovenstående skal tillægges, at substitutionsfaktoren for bioenergi ved begyndelsen af perioden er sat til 0,9. Ved slutningen af perioden (dvs. efter 40 år) er den reduceret til 0,4. Dette fald er indlagt for at tage højde for de stadigt reducerede muligheder for substitution, som den successive udfasning af de fossile brændsler medfører.

Substitutionsfaktoren for træ anvendt i trækonstruktioner og materialer er - med udgangspunkt i Sathre & O'Connor (2010) - sat til 2,1.

Fig. A3.

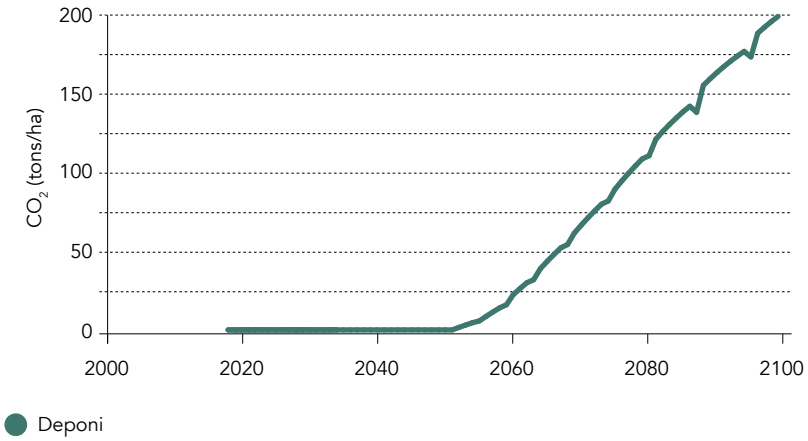
Kulstoflager på lossepladsen

Fig. A4.

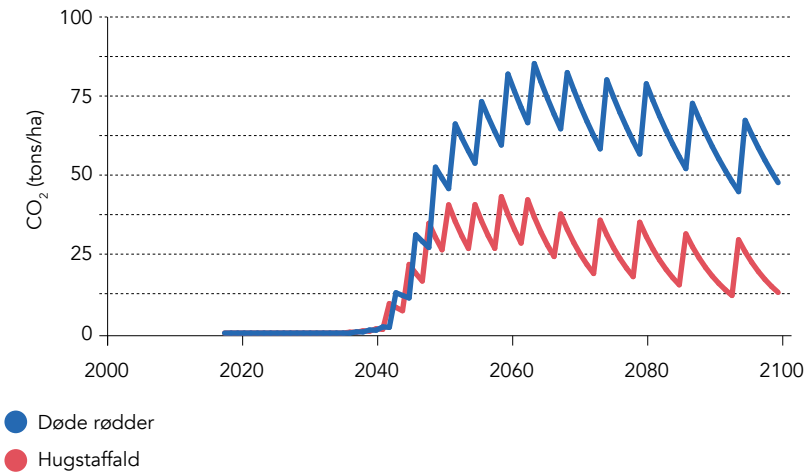
Skovbundens kulstoflager

Fig. A3 og A4. Kulstofpuljernes udvikling i deponi respektive i skovbunden.

Litteraturliste

Buchwald et al., (2018): *Muligheder på Naturstyrelsens arealer for bedre opfyldelse af 2020-mål for truede arter*. Center for Makroøkologi, Evolution og Klima (CMEC), Naturhistorisk Museum, Københavns Universitet.

Carle & Holmgren, (2008): *Wood from planted forests: a global outlook 2005-2030*. For Prod J 58(12): 6-18.

Danmarks nationale Skovprogram, (2018) Miljø- og Fødevarerministeriet.

Ejrnæs, (2019): *Novana rapport 19.02.2019*. Nationalt Center for Miljø og Energi. DCE Aarhus Universitet

Gylling et al, (2012): *+10 mio. tons planen: muligheder for en øget dansk produktion af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier*. Fødevarerøkonomisk Institut, Københavns Universitet.

Energistyrelsen. (2017): *Energistatistik*

Horák et al., (2019): *Green deserts?: Biodiversity patterns in forest plantations*. For Eco & Man 433. 343-348

Ivanova et al., (2017): *Mapping the carbon footprint of EU region*. Environ. Res. Litt. 12

Jürgensen & al., (2014): *Assessment of industrial roundwood production from planted forests*. FAO planted forests and trees working paper series no.48.

Kjærgaard (1991): *Den danske Revolution 1500-1800*. Gyldendal

Klimarådet, (2018): Rapport. *Biomassens betydning for omstillingen. Klimaperspektiver og anbefalinger til regulering af fast biomasse til energiformål*.

Møller (2010): *Den store danske Encyklopædi. Skovbrug*

Nielsen (2012): *Håndbog i skovrejsning. Evaluering af 20 års skovrejsning. Skovdyrkerne.*

Olsen et al., (2009): *CO₂ tilbage til undergrunden - geologisk lagring og genbrug af CO₂ i Danmark.* Geologisk Tidsskrift, 2009, s. 1-45.

Peters, Glen (2018): *The need for negative emissions, emissions scenarios and climate models.* Klimaministeriets konference 13. november 2018

Schall et al., (2018): *The impact of even-aged and uneven-aged forest management on regional biodiversity of multiple taxa in European beech forests.* J Appl Ecol. 2018; 55: 267-278.

Silva et al., (2018). *Production, restoration, mitigation: a new generation of plantations.* New Forests

Taeroe et al. (2017): *Do forests best mitigate CO₂ emission to the atmosphere by setting them aside for maximization of carbon storage or by management for fossil fuel substitution?* J Env Manag. 197: 117-129.

Nord-Larsen T et al (2018). *Skove og plantager 2017: Forest statistics 2017.* Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet Skove og Plantager, 2017. KU. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning.

WWF (2012): *Living forest report.* Kap. 4 mm.
http://wwf.panda.org/our_work/forests/forest_publications_news_and_reports/living_forests_report/

Anvendte forkortelser

CCS / bioCCS:	Carbon Capture Storage. Geologisk lagring af kulstof, hvor udgangspunktet for bioCCS er CO ₂ af organisk oprindelse.
CO₂:	Kuldioxid. Molekyle, som består af to ilt-atomer og et kulstof-atom.
CO₂-e:	Kuldioxid- ækvivalent. Enhed som udtrykker en gas arts drivhuseffekt i forhold til CO ₂ . F.eks. har metan (CH ₄), som er 25 gange CO ₂ 's drivhuseffekt.
FAO:	Food and Agricultural Organization of the United Nations.
FSC:	Forest Stewardship Council. Organisation som forestår certificering af skovdrift.
GJ:	Gigajoule. Energienhed som er lig 10 ⁹ joule = 1 milliard joule.
Ha:	Hektar. Fladeenhed for et areal på 10.000 kvadratmeter. En kvadratkilometer er 100 hektar. En hektar svarer til ca to fodboldbaner.
IEA:	International Energy Agency. Uafhængig organisation, som rådgiver regeringer, industri og borgere i at træffe energibeslutninger.
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change. Er FN's organisation, som beskæftiger sig med sammenhængen mellem videnskab og klimaforandringer.

LULUCF:	Land Use. Land Use Change and Forestry. Regler som beskriver ændringer i kulstofbalance i skov- og jordbrugssektoren.
NGP:	New Generation Plantations. Forum iværksat af WWF for erfaringsudveksling omkring etablering af nye plantede skove for at afhjælpe den stigende efterspørgsel på træ.
PEFC:	Programme for the Endorsment of Forest Certification. Organisation som forestår certificering af skovdrift.
PJ:	Petajoule. Energienhed som er lig 10^{15} joule = 1 billiond joule.
PPM:	Part per million. Angiver koncentrationen af et stof.
WWF:	World Wildlife Fund. International NGO med såvel en international overbygning (WWF-I) som nationale afdelinger.

Forfattere / Fotoliste

Esben Møller Madsen

Forstkandidat 1979

I mere end 30 år skovrider og
direktør for Skåneskogens Utvecklings AB

Anders Tærø Nielsen

Forstkandidat 2011, Ph.D. 2016

Forsker

Palle Madsen

Forstkandidat 1987, Ph.D. 1994

Skovforsker, InNovaSilva

Per Hilbert

Forstkandidat 1980

Tidligere skovrider for Vestjysk skovdyrkerforening
og sekretariatsleder for Skovdyrkerne

Foto

Søren Fodgård: Side 9, 17, 23, 29, 45, 49, 53, 58, 61, 80, 97, 101, 109, 119

Per Hilbert: Omslagsfoto forside, side 6, 13, 39, 51, 76-77, 83, 89, 110, 117

Palle Madsen: Side 47, 86

Henrik Bringsø: Side 59

Borregaard Industrier: Side 100

Lars Nørgård Hansen: Side 75

Stora Enso: Side 95

HedeDanmark: Side 111

Dinesen: omslags bagside



Esben Møller Madsen, Anders Tærø Nielsen, Palle Madsen og Per Hilbert.