DST 1/03

Træbrændselsressourcer fra danske skove prognose 2002

Dansk Skovbrugs Tidsskrift

87. årgang, hæfte 1. Udgivet af Dansk Skovforening

April 2003

Træbrændselsressourcer fra danske skove over 1/2 ha – opgørelse og prognose 2002

Af Thomas Nord-Larsen og Niels Heding

Artiklen gengiver i sin helhed en rapport, som er udarbejdet på Skov & Landskab (FSL) i samarbejde med en styregruppe.

Forord 2
Sammendrag 3

1. Indledning 5
1.1 Træbrændselsressourcerne . . .6
1.2 Potentielle og realiserede træressourcer 6
1.3 Beregningernes og rapportens opbygning 7
2. Danmarks skovareal, status 2000 .8
2.1 Skove og plantager 2000 8
2.2 Driftsklassefordeling 9
2.3 Aldersklassefordeling 10
2.4 Angivelser af produktivitet .10
2.5 Stormfaldet december 1999 .12
3. Fremskrivning af skovarealet . .13
3.1 Arealafviklingsmodeller . . .14
3.2 Konvertering 16
3.3 Skovrejsning 17
3.4 Skovarealet 2000 – 2020 . . .17
4. Tilvækstmodeller 19
4.1 Produktionsoversigter 19
4.1.1. Beregninger uden for produktionsoversigternes gyldighedsområde 20
4.2 Dynamiske tilvækstmodeller 20
4.2.1 Tilvækstmodellen 21
4.2.2 Dyrkningsmodel 22
4.2.3 Fremskrivning efter den dynamiske tilvækstmodel . . .23
5. Omregning til andre aflægningsgrænser 24
5.1 Tilvækstmodellernes vedmasseangivelser 26
5.2 Vedmasse- og stammesidefunktioner 26
5.3 Omsætning af salgbar vedmasse til andre aflægningsgrænser .27
5.4 Beregninger af grenmasser i nål 27
6. De potentielle årlige hugstmængder 28
6.1 Beregning af de potentielle årlige hugstmængder 28
6.1.1 Hovedskovning 28
6.1.2 Udhugning 29
6.1.3 Beregning af de årlige potentielle energimængder . .29
6.1.4 Bevoksningskvotient 30
6.1.5 Ikke udnyttet vedmasse . .31
6.2 Scenarier 31
6.3 Potentielle årlige hugstmængder 32
6.4 Følsomhedsanalyse 35
6.4.1 Hugstbehanding 35
6.4.2 Afdriftsmodellerne 38
7. Beregning af de potentielle årlige træbrændselsressourcer 39
7.1 Potentielle årlige træbrændselsressourcer 39

7.2 Regionale ressourcer 41
7.3 Følsomhedsanalyse 44
7.3.1 Hugstbehanding 44
7.3.2 Afdriftsmodellerne 45
7.3.3 Størrelsen af den ikke udnyttede vedmasse 45
7.3.4 Sammenfatning af følsomhedsanalysen 46
8. Diskussion 47
8.1 De potentielle hugstmængder og træbrændselsressourcer 47
8.2 De potentielle hugstmængder, træbrændselsressourcer og forbruget 49
8.3 Forholdet til den tidligere opgørelse og prognose 51
8.4 Metodevalg 52
8.4.1 Problemer ved den anvendte metode 52
8.4.2 Det pragmatiske alternativ .55
8.4.3 Fremtidige opgørelser af de danske skovressourcer 55
9. Konklusion 55
10. Tak til... 57
11. Kildehenvisninger 58
Bilag 1. Multiple lineære regressioner til beskrivelse af bevoksningstilstanden for rødgran 60
Bilag 2. Ikke udnyttet vedmasse 60
Bilag 3. Samlede hugstmængder ...61
Bilag 4. De potentielle årlige træbrændselsressourcer 62
Bilag 5. Regionale ressourcer 66
Bilag 6. Potentielle energimængder ved afbrænding af træbrændsler 69

Forord

Baggrunden for denne rapport er ønsket om at kvantificere den potentielt tilgængelige ressource af træbrændsler fra de danske skove over 1/2 ha. Målet er derfor at kortlægge den nationale og regionale forsyningssituation i dag og i de kommende 30 år og at udgøre et grundlag for investeringer i udnyttelse af skovenes biomasse.

Rapporten erstatter den tidligere opgørelse og prognose fra 1994, der blev udarbejdet på baggrund af Biomasseaftalen. Revisionen af 1994 opgørelsen skyldes først og fremmest det omfattende stormfald, der ramte Danmark i december 1999 og som grundlæggende ændrede forudsætningerne for beregningerne.

Endvidere er der sket fremskridt inden for forskningen, hvad angår beregningen af vedmassen indeholdt i grene mv. samt ved udviklingen af modeller for træernes vækst. Således forventes det, at denne rapport giver et forbedret skøn over den potentielle træbrændselsressource.

I forbindelse med rapporten er der udarbejdet et arbejdsnotat, som indeholder de anvendte data, parameterestimater for de anvendte modeller samt programkoden anvendt ved beregningerne. Arbejdsnotatet kan rekvireres ved henvendelse til forfatterne.

Projektet har løbende været fulgt af en styregruppe bestående af:

Finn Bertelsen,
Energistyrelsen

Udviklingschef Ebbe Leer,
Hedeselskabet

Forstfuldmægtig Henrik Ballegaard,
Skov og Naturstyrelsen

Administrerende direktør
Henrik Thorlacius-Ussing,
Lindenborg Gods

Lektor Andreas Bergstedt,
Den Kgl. Veterinær- og
Landbohøjskole

Rapporten er finansieret af Energistyrelsens udviklingsprogram for vedvarende energi mv. (J. nr. 51161/00–0075).

Sammendrag

Den danske politik indenfor brugen af biomasse i energiforsyningen har medført en kraftig forøgelse af produktionen af primær energi ud fra skovflis, brænde og træpiller. Samtidig har det omfattende stormfald i december 1999 – hvor der væltede ca. 15.000 ha skov eller ca. 3,6 mio. m^3 – ændret forudsætningerne for produktionen af træ til energiformål. På denne baggrund er det rapportens mål at kortlægge den nationale og regionale forsyningssituation i dag og i fremtiden.

Skovareal og hugst
Rapportens beregninger bygger på Danmarks Statistiks opgørelse af det produktive skovareal i år 2000 og modeller, der beskriver træernes vækst. Nærværende opgørelse og prognose medtager alene den del af træbrændselsressourcen, der kommer fra skove over 1/2 ha.
Ud fra status for det produktive skovareal foretages en fremskrivning af skovarealet til 2010 og 2020 ved hjælp af modeller for afviklingen af modne bevoksninger og periodens forventede skovrejsning.
På baggrund af skovarealet i begyndelsen af hver af de tre perioder 2000–2009, 2010–2019 og 2020–2029 samt modeller for træernes vækst beregnes periodens potentielle hugst som gennemsnitlige årlige hugster. Den beregnede vedmasse omsættes efterfølgende til salgbar vedmasse. Ud fra den potentielle årshugst beregnes slutteligt den potentielt tilgængelige ressource af træbrændsler som den gennemsnitligt årligt tilgængelige vedmasse i hver ti-års periode.

Tre scenarier
Beregningen af de potentielle årlige hugster er i ressourceopgørelsen udført ud fra tre forskellige scenarier, der beskriver en stigende intensitet i udnyttelsen af træbrændselsressourcen. I det enkelte scenarium varieres *den kritiske udhugningsdiameter*, som er den bevoksningsdiameter før tynding, der udgør grænsen mellem hugst af heltræflis og hugst af gavntræ.
– Scenarium 1. Der hugges skovflis af hele træer i tidlige tyndinger i nåle- og løvtræbevoksninger, hvor bevoksningsdiameteren ikke overstiger den *kritiske udhugningsdiameter*.
– Scenarium 2. Som scenarium 1, men ved hovedskovning hugges der yderligere skovflis af den del af stamme- og grenmassen, hvis diameter ikke overstiger en given aflægningsgrænse i både løv og nål.
– Scenarium 3. Som scenarium 2, men der udnyttes også flis fra kombinerede tyndinger. Således aflægges gavntræ op til en given aflægningsgrænse, og herefter udnyttes topenden samt grenene til skovflis.
For alle tre scenarier er det forudsat, at der hugges heltræflis ved afviklingen af arealer med bjergfyr m.v.. Aflægningsgrænsen for nåletræ varieres i beregningerne mellem 8 og 16 cm, mens aflægningsgrænsen for løvtræ er fastlagt til 10

Tabel i. Potentielle træbrændselsressourcer for de tre scenarier over de næste 30 år, mio. m³/år. De viste intervaller viser yderpunkterne for ressourcens størrelse afhængig af den valgte kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen.

	Periode		
Scenarium	*2000–2009*	*2010–2019*	*2020–2029*
1	0,9–1,3	0,9–1,3	1,0–1,3
2	1,1–1,5	1,1–1,5	1,2–1,6
3	1,3–1,7	1,3–1,7	1,4–1,8

cm. I ressourceopgørelsen er aflægningen af brænde endvidere fastlagt til intervallerne 10–20 og 20–30 cm.

Potentiel hugst

Den samlede årlige potentielle *hugst*, dvs. såvel gavntræ som skovflis og brænde, er i indeværende periode beregnet til 2,2–3,1 mio. m³ afhængigt af det valgte scenarium, den kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen. Den potentielle hugstmængde er stigende i de tre perioder og stiger således til 2,6–3,4 mio. m³ i perioden 2020–2029, hovedsageligt som følge af en større hugst af nåletræ.

Den potentielle hugstmængde falder ved stigende aflægningsgrænse, men er stigende med stigende, kritisk udhugningsdiameter. Den stigende intensitet i udnyttelsen af træbrændslerne betyder endelig, at de samlede potentielle hugstmængder er stigende fra scenarium 1 til 3.

Potentiel træbrændselsressource

Den potentielle *træbrændselsressource*, dvs. skovflis og brænde, er opgjort i *tabel i*, opdelt på de tre perioder og de tre scenarier. De viste intervaller angiver yderpunkterne for ressourcens størrelse, afhængig af den kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen.

I modsætning til den samlede hugstmængde falder den potentielle træbrændselsressource svagt i 2. periode i forhold til 1. periode. I 3. periode stiger den potentielle ressource til et niveau en anelse højere end niveauet i 1. periode.

De potentielle ressourcer af træbrændsler varierer betydeligt mellem amterne. Den potentielle ressource er størst i Århus, Ringkøbing, Ribe og Nordjyllands amter, mens den er mindst i København, Bornholm og Roskilde amter.

Af den samlede træbrændselsressource findes 70–75% i det vestlige Danmark (vest for Storebælt). De potentielle energimængder er for scenarium 1 beregnet til 7.576–10.524 TJ, mens de potentielle energimængder for de to øvrige scenarier er hhv. 8.809–12.413 TJ og 10.665–14.157 TJ.

Vurdering af scenarier

Den hidtidige intensitet i udnyttelsen af træbrændselsressourcen vurderes i vid udstrækning at ligne opgørelsens *Scenarium 1*. I dette tilfælde stammer den største del af den samlede ressource af skovflis fra tidlige tyndinger i nåle- og løvtræbevoksninger samt fra afviklingen af arealer med bjergfyr. Den gennemsnitlige kritiske udhugningsdiameter vurderes at være omkring 14–16 cm

1), mens den gennemsnitlige realiserede aflægningsgrænse er omkring 10–12 cm.

Antages det således, at den hidtidige praksis fastholdes også i fremtiden, er de samlede potentielle hugstmængder i indeværende periode 2,5–2,6 mio. m^3/år. De samlede ressourcer af træbrændsel er under denne forudsætning beregnet til 980.000–1.110.000 m^3/år inklusive brænde. Den samlede ressource af træflis alene er af størrelsesordenen 655.000–798.000 m^3/år.

Som en følge af den stadigt stigende efterspørgsel efter træbrændsler er der interesse for at udnytte yderligere dele af den potentielle træbrændselsressource. Det vurderes således, at den fremtidige intensitet i udnyttelsen af træbrændslerne i gennemsnit vil afspejle opgørelsens *Scenarium 2*.

Da en forøgelse af den kritiske udhugningsdiameter betyder en reduktion i udbyttet af de bedre betalte sortimenter, forventes denne ikke at ændres. I modsætning hertil forventes den gennemsnitligt realiserede aflægningsgrænse at blive forøget i begrænset omfang til omkring 12 cm 2).

Under disse forudsætninger er de forventede samlede potentielle hugstmængder i indeværende periode beregnet til 2,7–2,8 mio. m^3/år. De samlede potentielle træbrændselsressourcer (inklusive brænde) er beregnet til 1.148.000–1.277.000 m^3/år, og ressourcen af skovflis alene til 826.000–968.000.

1) Et enkelt af styregruppens medlemmer mente, at den kritiske udhugningsdiameter var omkring 12 cm og ikke som angivet 14–16 cm.

2) Et enkelt af styregruppens medlemmer mente, at den gennemsnitligt realiserede aflægningsgrænse ikke vil blive øget til 12 cm.

Sammenligning med faktisk hugst

Modellerne i prognosen giver en god overensstemmelse mellem de potentielle hugstmængder og den faktisk realiserede hugst, der i gennemsnit har andraget godt 2 mio. m^3 over de sidste ti år. Endvidere viser modellen god overensstemmelse mellem de potentielle og realiserede gavntræressourcer samt mellem de potentielle og realiserede brændemængder.

Sammenligningen med hugsttallene fra Danmarks Statistik viser, at den potentielle ressource af skovflis overstiger de hidtidigt realiserede mængder med en betydelig manko, såfremt praksis følger scenarium 2 eller 3.

1. Indledning

Med handlingsplanen "*Energi 2000*" satte Danmark sig i 1990 det ambitiøse mål, at CO_2-udledningen skulle reduceres med mindst 20% i år 2005 i forhold til 1988 (Energiministeriet, 1990). For at nå målene i Energi 2000, indgik partierne i Folketinget i 1993 den såkaldte "*Biomasseaftale*" om øget brug af biomasse i energiforsyningen. Dermed blev der for alvor sat fokus på biomasse som et overvejende CO_2-neutralt brændsel.

Efterfølgende målsætninger på det energipolitiske område har yderligere forstærket kravet om at begrænse udledningen af drivhusgasser og derved øget interessen for biomasse som brændselsressource (Miljø- og Energiministeriet, 1996, 2000 og 2001).

Den danske politik indenfor brugen af biomasse i energiforsyningen har muliggjort opførelse af en række biomassefyrede kraftvarmeværker – såsom Avedøre 2, Masnedøværket og Enstedværket – samt ombygningen af Herningværket, der kombinerer fyring med træflis og

naturgas. Samlet set er produktionen af primær energi ud fra skovflis, brænde og træpiller steget fra 11.707 TJ i 1988 til 15.742 TJ i 2000 (Energistyrelsen, 2000).
(TJ er energienheden terajoule, og den svarer til ca. 280.000 kWh. Det gennemsnitlige energiforbrug i husholdningerne er 77 GJ, og 1 TJ svarer derfor til energiforbruget i ca. 13 husholdninger. Red. anm. ud fra Energistyrelsen 2000).
Den øgede anvendelse af træ til energiformål har stillet spørgsmålstegn ved, om den danske træressource er tilstrækkelig til at imødekomme behovet (Dansk Skovforening, 2002). Samtidig har det omfattende stormfald i december 1999 – hvor der væltede ca. 15.000 ha skov eller ca. 3,6 mio. m^3 træ – ændret forudsætningerne for produktionen af træ til energiformål.
På denne baggrund er det rapportens mål at kortlægge den nationale og regionale forsyningssituation i dag og i de kommende 30 år og herved forbedre grundlaget for planlægningen af investeringer i udnyttelse af biomasse fra skovene.

1.1 Træbrændselsressourcerne

De potentielle ressourcer af træbrændsler kan siges at udgøre alt træ og træprodukter, der ikke er imprægneret eller overfladebehandlet med miljøfremmede stoffer. Således kan de potentielle ressourcer af træbrændsler beskrives som træ fra skove og andre træbevoksede arealer, resttræ fra savværks- og træindustrien i produktleddet samt brugte og udtjente træprodukter fra konsumentleddet.
Nærværende opgørelse og prognose medtager alene de træbrændsler, der kommer fra skove over 1/2 ha. Arealgrænsen svarer til den, der anvendes ved opgørelsen af Danmarks skovareal (Danmarks Statistik et al., 2002), samt ved internationale opgørelser af skovressourcer. Arealgrænsen kan ud fra et groft skøn siges at udgøre grænsen mellem de forstligt drevne skove og de ikke forstligt drevne.
Prognosen medtager således ikke træbrændsler fra mindre skove, læhegn, parker, vejtræer, kirkegårde, naturarealer, frugtplantager m.v., uanset at denne ressource må formodes at have en ikke ubetydelig størrelse. Endvidere medtager denne rapport ikke træbrændsler fra savværks- og træindustrien samt fra konsumentleddet på trods af at disse ressourcer har en betydelig størrelse.
Imidlertid er den potentielle ressource fra den forarbejdende industri opgjort i rapporten "Træbrændsel i Danmark – potentielle energiressourcer i resttræ fra træindustrien" fra Dansk Teknologisk Institut (Sørensen, 1994).

1.2 Potentielle og realiserede træressourcer

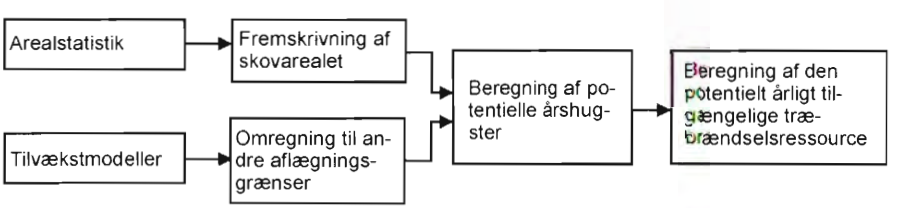
Gennem de seneste par årtier er der blevet udarbejdet en række forskellige prognoser vedrørende det fremtidige udbud af træ og træbrændsler i Danmark (Olesen, 1987; Suadicani, 1990; Lind, 1994; Anonym, 1998). Fælles for dem er, at de øjensynlig overvurderer udbuddet af træ, når man efterfølgende sammenligner med Danmarks Statistiks opgørelser (Meilby og Bergstedt, 1998).
En del af forklaringen er formentlig, at ikke hele hugstmængden optræder i statistikkerne, idet en del bliver afbrændt i egne brændeovne mv. Meilby og Bergstedt (1998) fremfører imidlertid, at en del af forskellen kan skyldes

1) at bevoksningernes gennemsnitlige slutningsgrad og produktionspotentiale overvurderes,
2) at produktionspotentialet i de små skove ikke udnyttes fuldt ud eksempelvis pga. mangel på en professionel, forstlig administration, eller
3) at svigtende priser på især nåletræ gennem de sidste par årtier har medført udskydelse eller udeladelse af hugster, der ville medføre et negativt dækningsbidrag.

De sidste to punkter viser forskellen mellem de potentielle og de realiserede ressourcer. De *potentielle ressourcer* udgør skovenes samlede produktionsformåen og vil alene blive udbudt på markedet, såfremt priserne på træ er tilstrækkeligt høje. De *realiserede ressourcer* er de, der i sidste ende bliver markedsført under de gældende markedsforhold.
Det er vigtigt at gøre sig forskellen mellem den realiserede og potentielle ressource klart, når man skal vurdere rapportens resultater.
Denne undersøgelse koncentrerer sig alene om at opgøre de potentielle ressourcer og opstiller således ikke eksplicit modeller for den udbudte ressource ved forskellige markedsforhold. Dette skyldes bl.a., at sammenhængen mellem priserne på råtræ og udbuddet er svær at analysere, hvilket er en følge af, at skovbevoksninger skal tyndes for at sikre en god kvalitet og højere værdi af den fremtidige bevoksning. Således vil der stadig blive udbudt træ, selvom der ikke kan opnås et positivt dækningsbidrag ved tynding og hugst.
Endvidere påvirkes udbuddet af træbrændsler af prisen på gavntræ såsom tømmer, cellulosetræ, spånpladetræ og emballagetræ, hvorfor sammenhængen mellem pris og udbud bliver kompleks. Da det slutteligt er rapportens mål at undersøge den totale tilgængelige ressource af træbrændsler, er det valgt alene at fokusere på den potentielle ressource.

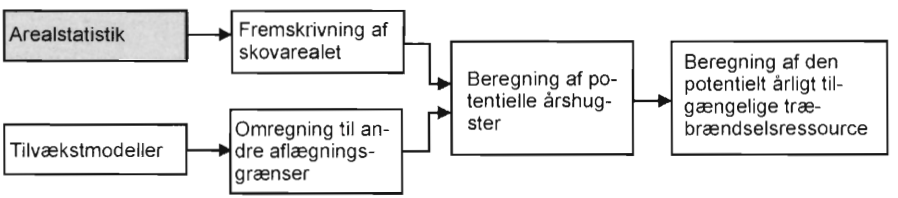
1.3 Beregningernes og rapportens opbygning

Rapportens beregninger bygger grundlæggende på en opgørelse af Danmarks produktive skovareal og på modeller, der beskriver træernes vækst (figur 1). På grundlag af status for det produktive skovareal foretages en fremskrivning af skovarealet ved hjælp af modeller for afvikling af modne bevoksninger og periodens forventede skovrejsning.
Ud fra tilvækstmodellerne beregnes den



Figur 1. Rutediagram der viser opbygningen af rapportens beregninger. Dette diagram vises ved indledningen af hvert kapitel, idet det trin, læseren er nået til i beregningsgangen, er fremhævet.

potentielle årlige hugst som gennemsnitlige årlige hugster over en ti-års periode, som omsættes til sand salgbar vedmasse ved andre aflægningsgrænser end angivet i tilvækstmodellerne. Den potentielle årshugst danner slutteligt grundlag for beregningen af den potentielt tilgængelige træbrændselsressource som gennemsnitlig årligt tilgængelig vedmasse over en ti-års periode.
Rapporten er opbygget efter samme mønster som beregningerne. Således behandler hvert kapitel et af trinene i beregningerne. For at lette læsningen af rapporten indledes hvert kapitel med en gengivelse af figur 1, hvor netop det trin, læseren er nået til, er fremhævet.
Rapporten indeholder en del redegørelser for indsamling og bearbejdning af datamateriale. En del af disse redegørelser er sat med mindre skrift og kan overspringes af læsere som primært er interesserede i resultaterne.



Figur 2. Rutediagram som viser beregninger i kapitel 2.

2. Danmarks skovareal, status 2000

2.1 Skove og plantager 2000

I 2000 udførte Danmarks Statistik i samarbejde med *Skov & Landskab* og Skov- og Naturstyrelsen en skovtælling. Skovtællingen beskriver status for det danske skovareal pr. 1. januar 2000, og resultatet foreligger i form af publikationen "Skove og plantager 2000" (Danmarks Statistik et al., 2002).
Skovtælling 2000 blev gennemført som en spørgeskema baseret totaltælling pr. 1. januar 2000 af samtlige danske skovejendomme med et areal på mindst 0,5 ha. Skovejendomme, der var berørt af stormfaldet i december 1999, blev dog bedt om at opgive status umiddelbart før stormfaldet.
Skovarealet er i skovtællingen fordelt på kommuner, således at ejendomme, der strækker sig over mere end én kommune, har indberettet træartsfordelingen separat for hver kommune. I nærværende ressourceopgørelse er den mindste anvendte enhed dog landets 14 amter.
Det skovbevoksede areal i skovtællingen omfatter alle egentlige skovbevoksninger, det vil sige arealer, der er bevoksede med skov samt landbrugsarealer tilplantet med juletræer eller pyntegrønt.
I tællingen indgår udover arealet dækket med skov også midlertidigt ubevoksede arealer, det vil sige arealer, der kun midlertidigt er ubevoksede efter fældning.

Medregnet til skovarealet er også ubevoksede arealer, som er hjælpearealer for skovdriften såsom skovveje, huse i skovene, brandbælter mv. samt egentligt ubevoksede arealer i skoven såsom heder, moser, søer mv.

Som grundlag for denne opgørelse anvendes det egentlige produktive skovareal, hvilket vil sige skovarealet eksklusiv midlertidigt ubevoksede og ubevoksede arealer. Det antages herved, at det midlertidigt ubevoksede areal er nogenlunde konstant over tid. Denne antagelse forekommer rimelig, idet de midlertidigt ubevoksede arealer ganske vist vil blive tilplantet, men samtidig er der en tilgang af nye midlertidigt ubevoksede arealer, efterhånden som nye bevoksninger hovedskoves.

Danmarks samlede skovareal i "Skove og plantager 2000" udgjorde 486.000 ha. Heraf udgør hjælpearealer til skovdriften 13.000 ha og midlertidigt ubevoksede arealer 5.000 ha. Således er det samlede produktive skovareal 468.000 ha.

I forhold til den tidligere skovtælling fra 1990 (Danmarks Statistik og Skov- og Naturstyrelsen, 1994) er skovarealet steget med 41.000 ha. En del af denne stigning skyldes forbedringer i Danmarks Statistiks registre, der skønsvis har medført en yderligere registrering af 13.000 ha, der ikke var medregnet i den tidligere skovtælling.

På grundlag af oplysninger om skovrejsning i perioden 1990–2000 er det vurderet, at den reelle tilgang til skovarealet som følge af skovrejsning er 28.000 ha, hvilket svarer til en stigning på ca. 6,3%.

2.2 Driftsklassefordeling

I Skove og plantager 2000 er skovarealet opdelt i klasser af træarter, de såkaldte "*driftsklasser*" (tabel 1). Formålet med denne inddeling i klasser i det praktiske skovbrug er at opnå relativt ensartede behandlings-, planlægnings- og analyseenheder med hensyn til vækst og vedproduktion.

I denne rapport er fulgt opdelingen fra Skove og plantager 2000, bortset fra at bjergfyr er udskilt som en selvstændig driftsklasse. Det skyldes at i denne træart hugges stort set ikke gavntræ, men hovedsagelig flis.

Inddelingen i driftsklasser i Skove og plantager 2000 følger generelt inddelingen fra den tidligere skovtælling. Dog var arterne bjergfyr, fransk bjergfyr og contortafyr i den tidligere skovtælling indeholdt i driftsklassen "Bjergfyr mv." (BJF), mens de øvrige fyrrearter var indeholdt i driftsklassen ANÅ.

Dette har betydning for ressourceopgørelsen, idet driftsklassen BJF behandles væsentligt forskelligt fra de øvrige fyrrearter, hvad angår deres andel i træbrændselsressourcerne. Dette skyldes, at der ikke produceres gavntræ i driftsklassen BJF, der ved afdrift i hovedsagen flishugges i modsætning til de øvrige fyrrearter.

Ved at sammenholde skovtællingerne fra 1990 og 2000 skønnes bjergfyrarealet at udgøre lidt over 50% af det samlede fyrreareal på 47.700 ha. Derfor synes det ikke rimeligt at antage en fælles forstlig behandling af hele fyrrearealet.

I stedet er driftsklassen bjergfyr udskilt fra det øvrige fyrreareal ved at fremskrive bjergfyrarealet 10 år fra skovtællingen 1990 og trække dette areal ud af driftsklassen FYR i resultaterne fra Skove og plantager 2000. Herved begås en mindre fejl, idet størrelsen af driftsklassen BJF således ikke er empirisk bestemt, men denne fejl vurderes at være mindre end den fejl, der begås ved at undlade at foretage opdelingen.

Figur 3 viser fordelingen af driftsklasserne i de 14 amter efter denne ændring.

Tabel 1. Inddelingen af træarter i driftsklasser i Skove og plantager 2000.

Driftsklasse		*Forkortelse*	*Træarter*
Løv	Bøg	BØG	bøg
	Eg	EG	eg
	Ask	ASK	ask
	Ær	ÆR	ær
	Andet løv	ALØ	birk, el, elm, lind, kirsebær, poppel, rødeg, avnbøg m.fl.
Nål	Rødgran	RGR	rødgran
	Sitkagran	SGR	sitkagran
	Ædelgran	ÆGR	alm. ædelgran, grandis, langnålet ædelgran
	Nobilis	NOB	nobilis
	Nordmannsgran	NGR	nordmannsgran
	Fyr	FYR	skovfyr, bjergfyr, fransk bjergfyr, contortafyr, østrigsk fyr m.fl.
	Andet nål	ANÅ	lærk, douglasgran, hvidgran, omorika, cypres, thuja m.fl.

2.3 Aldersklassefordeling

Skovarealet er i "Skove og plantager 2000" yderligere fordelt på aldersklasser, som består af 10 årige aldersintervaller inddelt efter anlægsår (1990–99, 1980–1989, 1970–79 etc.). Arealets fordeling på enkelte anlægsår i den enkelte aldersklasse er ukendt, og beregningerne i ressourceopgørelsen er således foretaget ud fra medianen i den enkelte aldersklasse, dvs. alder 5, 10, 15 etc..

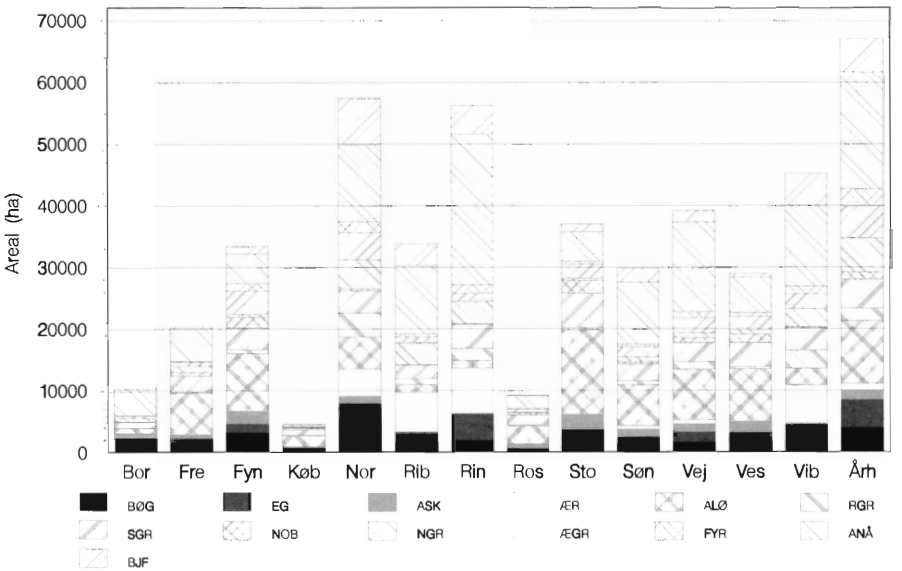
Vækstmodellerne anvendt i ressourceopgørelsen tager normalt udgangspunkt i bevoksningsalderen regnet fra frø, hvilket ikke er overensstemmende med "Skove og plantager 2000". Alder fra frø beregnes derfor som aldersklassens median plus det antal år, der går fra såning i planteskolen til udplantning i skoven. Der regnes her med 2 år for løvtræer og 4 år for nåletræer.

For yderligere gennemgang af skovarealets fordeling til geografisk beliggenhed, drifts- og aldersklasser henvises til "Skove og plantager 2000".

2.4 Angivelser af produktivitet

I "Skove og plantager 2000" er træarternes produktivitet angivet som den arealvægtede gennemsnitlige produktionsklasse (PK) i den enkelte aldersklasse, opdelt på amter.

Produktionsklassen angiver den gennemsnitlige årlige produktion – udtrykt i m^3/ha – som maksimalt kan opnås over en omdrift. Eksempelvis svarer PK 14 til en gennemsnitlig tilvækst i sand, salgbar vedmasse på 14 m^3/ha/år – ved en given aflægningsgrænse og ved optimal omdriftsalder.



Figur 3. Driftsklassefordelingen i de 14 amter efter opsplitning af driftsklassen FYR i FYR og BJF.

I denne ressourceopgørelse ses der bort fra eventuelle ændringer i PK over tid som følge af forværret/forbedret skovtilstand. Således regnes der med en uændret PK for den enkelte drifts- og aldersklasse ved fremskrivninger over tid.

Ved skovtællingen i 2000 skulle PK indberettes for driftsklasserne BØG, EG, ASK, ÆR, RGR, SGR og ÆGR. I de tilfælde, hvor der ikke er angivet en PK-værdi for en drifts- og aldersklasse, er PK-værdien fra den foregående aldersklasse anvendt i stedet.

For driftsklasserne ALØ, NGR, NOB, FYR og ANÅ blev der ikke indhentet oplysninger fra skovejerne om PK-værdier. For disse driftsklasser er PK-værdierne baseret på Skov- og Naturstyrelsens opgørelser af gennemsnitlige PK-værdier fordelt på regionerne: Gamle skovegne øst (Københavns, Frederiksborg, Roskilde, Vestsjællands, Storstrøms og Bornholms Amter), Gamle skovegne vest (Fyns, Sønderjyllands og Århus Amter), Hedeskove (Vejle og Ringkøbing Amter) og Klitskove (Ribe, Viborg og Nordjyllands Amter). For yderligere gennemgang af ansættelsen af PK ud fra Skov- og Naturstyrelsens opgørelser henvises til Danmarks Statistik et al. (2002).

I lighed med den tidligere ressourceopgørelse (Lind, 1994) fastsættes amtsvis gennemsnitlig PK for driftsklassen BJF udfra Skov- og Naturstyrelsens opgørelser som den arealvægtede PK-værdi for driftsklassen BJF for de ovennævnte regioner. Herved ses bort fra, at der kan være sket en stigning i PK som følge af, at de dårligst producerende bevoksninger er fjernet i mellemtiden o.lign. Endvidere ses bort fra, at de bedre producerende arter contortafyr og fransk bjergfyr i driftsklassen BJF formentligt ville bidrage til at øge den gennemsnitlige PK for driftsklassen.

2.5 Stormfaldet december 1999

Orkanen den 3. december 1999 var den stærkeste storm i Danmark i meteorologisk historie og medførte omfattende ødelæggelser af de danske skove.
Særligt omfattende var skaderne i det sydlige Jylland, der med 2,3 mio. m^3 tegnede sig for 65% af stormfaldet. Stormfaldet på Fyn og i det sydlige Sjælland tegnede sig for henholdsvis 11% og 12% af det samlede stormfald. I det sydlige Jylland var 95% af det samlede stormfald nåletræ, mens nåletræarterne udgjorde 80% af det samlede stormfald på Fyn og i det sydlige Sjælland.
Ved Skovtællingen 2000 blev spørgeskemaerne udsendt til skovejerne kort tid efter stormfaldet. Det stod da klart, at det for mange ejere ikke ville være muligt at opgive status for 1. januar 2000, da det ikke var muligt at opgøre skaderne inden for en overskuelig tidshorisont.

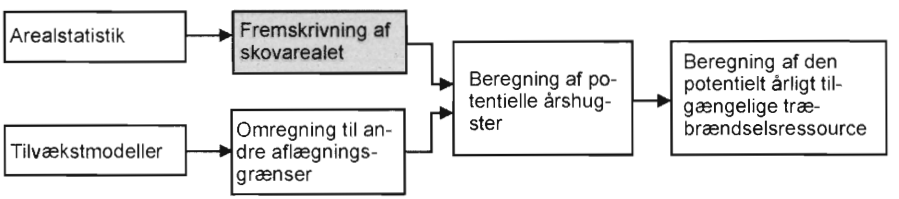
I stedet blev skovejere ramt af stormfald bedt om at opgøre status umiddelbart før stormfaldet. I forhold til denne ressourceopgørelse er dette naturligvis uheldigt, da stormfaldet regionalt har afgørende betydning for størrelsen af træbrændselsressourcen. Derfor er der foretaget et skøn for stormfaldets fordeling på amter og på aldersklasser og driftsklasser.
For at korrigere tallene fra skovtællingen med det stormfældede areal blev den samlede stormfældede mængde fordelt til amter på baggrund af Enevoldsen (2000) og Anonym (2002). I denne fordeling er "Det sydlige Jylland" afgrænset til Sønderjyllands, Ribe og Vejle Amter, "Rest Jylland" afgrænset til Ringkøbing og Århus Amter, "Fyn" til Fyns Amt, "Sydlige Sjælland" til Vestsjællands og Storstrøms Amter og "Øvrige Sjælland" til Frederiksborg og Roskilde Amter.
Den stormfældede mængde af løv- og nåletræarterne i hvert amt er fremkommet ved at gange mængderne angivet i tabel 2 med den amtsvise andel af stormfaldet i hver region

Tabel 2. Det samlede stormfald i december 1999 fordelt til regioner og træarter/træartsgrupper, m^3 og % (Enevoldsen, 2000).

Samlet stormfald			*Sydlige Jylland*	*Rest Jylland*	*Fyn*	*Sydlige Sjælland*	*Øvrige Sjælland*	*Hele landet*
Mængde (m^3)	Løv		121.000	3.100	80.600	98.400	30.000	334.000
	Nål		2.217.000	291.000	328.000	340.000	109.000	3.285.000
Træarts-fordeling (%)	Løv	BØG	97	73	80	91	87	90
		EG	1	2	12	5	9	4
		ALØ	2	26	7	4	4	6
	Nål	RGR/SGR	96	87	86	90	91	91
		DGR/LÆR	1	6	7	3	3	3
		ANÅ	3	7	6	7	6	6

(Anonym, 2002). Stormfaldet er videre fordelt til træarter ud fra opgørelserne af træartsfordelingen vist i tabel 2. Endelig er stormfaldet fordelt til aldersklasser på baggrund af en opgørelse af det samlede stormfald på statsskovdistrikterne (Skov- og Naturstyrelsen, 2002). På baggrund af fordelingen af stormfaldet til amter, drifts- og aldersklasser er det stormfældede areal efterfølgende beregnet som den volumenvægtede andel af skovarealet i en given drifts- og aldersklasse. Beregningen af det volumenvægtede stormfældede areal medførte et samlet stormfald på 14.749 ha, hvilket svarer godt overens med de ca. 15.000 ha, der bliver nævnt af Enevoldsen (2000).

Det skal her understreges, at metoden til beregning af stormfaldsarealet alene giver et skøn for fordelingen af stormfaldet til drifts- og aldersklasser. Samtidig er den samlede opgørelse af de stormfældede mængder behæftet med megen usikkerhed. Samlet set er vurderingen af det stormfældede areal således usikker om end nødvendig for de efterfølgende beregninger.



Figur 4. Rutediagram som viser beregninger i kapitel 3.

3. Fremskrivning af skovarealet

Hugstberegningen, der danner grundlag for ressourceopgørelsen, sker i den første ti-års periode med udgangspunkt i skovarealets status i 2000.

En prognose for den potentielt tilgængelige træbrændselsressource videre ud i fremtiden kræver en fremskrivning af skovarealet. Traditionelt vil en sådan fremskrivning ske ved at fastlægge et *omdriftskriterium* for de enkelte driftsklasser – det vil sige fastsætte den bevoksningsalder, ved hvilken der foretages hovedskovning.

Efterfølgende regner man med, at bevoksninger ældre end den angivne omdriftsalder afvikles i den efterfølgende periode. Således foretages der alene udhugninger i bevoksninger yngre end den angivne omdriftsalder, og enhver bevoksning, der ikke hovedskoves, vil være at finde i den efterfølgende aldersklasse i den næstkommende periode.

Imidlertid er denne model langt fra den forstlige virkelighed. En del arealer bliver skovet før den fastlagte omdriftsalder som følge af sygdom, stormfald, skovbrand, tørke, forsumpning mv.. Samtidigt overholdes en del bevoksninger længere end den sædvanlige omdriftsalder pga. hensyn til nabobevoksninger eller som følge af publikumshensyn.

Det synes således ikke rimeligt at fastsætte en omdriftsalder for en hel driftsklasse nationalt eller regionalt, da beslutningen om hovedskovning langt fra ligger i så faste rammer, som en fast omdriftsalder ville antyde.

3.1 Arealafviklingsmodeller

I ressourceopgørelsen er der udviklet modeller for *afdriftssandsynligheden*. Det vil sige modeller, der beskriver sandsynligheden for, at en bevoksning i en given driftsklasse efter en ti-års periode er hovedskovet. Det er ligeledes fastsat hvornår afviklingen af bevoksninger kan starte.

Modellen er udarbejdet på baggrund af de to på hinanden følgende skovtællinger, 1990 og 2000. Da der er ti år mellem de to tællinger, burde arealet i en given aldersklasse i 1990 ideelt set være at finde i den efterfølgende aldersklasse i år 2000 på nær den andel, der er blevet hovedskovet i mellemtiden. Samtidigt skulle det hovedskovede areal være at finde i den yngste aldersklasse i samme eller en anden driftsklasse.

Således kan afdriftssandsynligheden i den enkelte drifts- og aldersklasse findes som (1):

$$p(afdrift) = \frac{areal_{1990} - areal_{2000}}{areal_{1990}} \qquad (1)$$

Afdriftssandsynligheden må forventes at være tæt ved 0 i de unge aldre og må forventes at stige med stigende alder. Endvidere forventes det, at jo hurtigere en bevoksning vokser, jo tidligere vil den blive afdriftsmoden. Således forventes det, at afdriftssandsynligheden vil stige hurtigere ved stigende produktionsklasser.

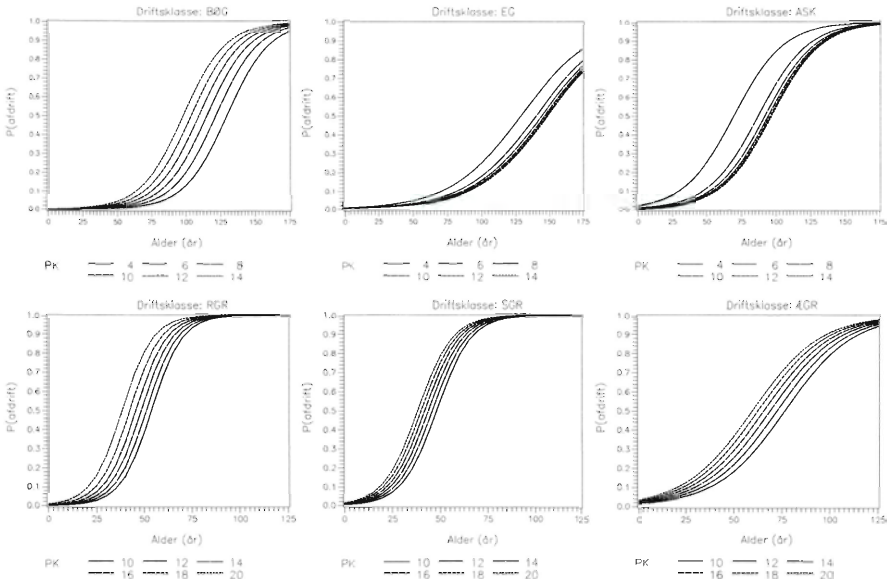
På denne baggrund blev den akkumulerede sandsynlighed for, at et areal er afdrevet, forsøgt modelleret ud fra et logistisk udtryk (2), hvor *p(afdrift)* er den andel af arealet, der er afdrevet inden alderen T for produktionsklassen PK og hvor $\beta_0 - \beta_2$ er modellens parametre.

$$p(afdrift) = \frac{1}{1+(\beta_0 + \beta_1 \cdot (1/PK)) \cdot e^{-\beta_2 \cdot T}} \qquad (2)$$

Den valgte model bærer væsentlige ligheder med den anvendt af Meilby (1996). Den blev valgt, da den er overordentlig fleksibel, og da dens sigmoide (S-formede) form synes at give en fornuftig beskrivelse af fordelingsfunktionen for afdrifter. Analysen af afdriftssandsynligheden for de forskellige driftsklasser er imidlertid behæftet med en række problemer:

1. Skovtællingerne er behæftet med en vis usikkerhed. Således er der i Skovtælling 2000 fundet 13.000 ha, som ikke var med i den forgående skovtælling. Dette fører til en mindre afdriftssandsynlighed end reelt er tilfældet. I tilfælde hvor *p(afdrift)* bliver mindre end 0 som følge af, at arealet i en given aldersklasse er vokset fra 1990 til 2000, er observationen fjernet fra datasættet.
2. Der kan opstå nettoforskydninger af arealer mellem driftsklasser, hvor hovedtræarten borthugges i en blandingsbevoksning eksempelvis, hvor overstandere af bøg fjernes for at give plads til en undervækst af ær.
3. Arealdata er ikke altid fuldt sammenlignelige skovtællingerne imellem. Eksempelvis er inddelingen ændret fra 1990 til 2000, idet arealet med bjergfyr ikke længere er selvstændigt udskilt, men er en del af driftsklassen FYR.
4. Værdier mindre end 0 for *p(afdrift)* i de helt unge aldersklasser er udtryk for en nettotilplantning, eller at selvforyngede arealer eksempelvis under bøg i løbet af perioden har skiftet arealmæssig status fra foryngelse til hovedtræart.

På trods af modellens svagheder giver analysen af aldersklasseudviklingen en indikation af afdriftssandsynligheden og dens afhængighed af alder og PK.



Figur 5. Den akkumulerede afdriftssandsynlighed for forskellige driftsklasser og PK.

Modellens parametre blev estimeret ved Gauss-Newton iteration, og resultatet er vist i figur 5 for de seks driftsklasser BØG, EG, ASK, RGR, SGR og ÆGR. Således ses det, at bevoksningerne som ventet afdrives hurtigere for de højeste produktionsklasser for de fleste driftsklasser, at afviklingstakten stiger med stigende alder, samt at nåletræarterne afdrives hurtigere end løvtræarterne.

Som følge af de ovenfor beskrevne problemer gav modellen imidlertid ikke fornuftige estimater for alle driftsklasserne, hvorfor arealafviklingsmodeller for ALØ, NGR, NOB, FYR, ANÅ og BJF ikke kunne findes på ovenfor beskrevne måde. Det blev derfor valgt at lade afviklingen for ALØ og ANÅ følge afviklingen for hhv. ÆR og ÆGR.

For FYR følger afviklingen en mellemting mellem RGR og ÆGR, idet størsteparten af denne driftsklasse er skovfyr, som antages at have en langsommere afvikling end rødgran, men en hurtigere afvikling end ædelgran. Endelig er afviklingstakten for BJF, NOB og NGR fastlagt efter afviklingstakten beskrevet af Lind (1994).

Da den matematiske funktion, der beskriver afdriftssandsynligheden, ikke kan antage værdien 0 for de yngste aldersklasser, er aldersklassen, hvori hovedskovning tidligst kan påbegyndes, endvidere fastlagt i modellen. Parameterestimater og afviklingsstarten for arealafviklingsmodellen er vist i tabel 3.

Afviklingsstarten er differentieret på regioner, således at afviklingsstarten i de vestlige egne af landet falder senere end i de østlige egne. Således omfatter region 0 Ribe, Ringkøbing, Viborg og Nordjyllands Amter, region 2 omfatter Storstrøms Amt, mens region 1 omfatter de øvrige amter.

Tabel 3. Afviklingsmodellens parametre og afviklingsstarten for de enkelte driftsklasser i ressourceopgørelsen.

Driftsklasse	β_0	β_1	β_2	*Afviklingsstart (region)*		
				0	*1*	*2*
BØG	-370,7834	9473,0017	0,0597	90	80	70
EG	64,8302	-84,7190	0,0303	120	110	100
ASK	201,6577	-666,4862	0,0567	60	50	40
ÆR	29,1421	44,7930	0,0427	60	50	40
ALØ	29,1421	44,7930	0,0427	50	40	30
RGR	-531,4614	12937,8018	0,1239	50	40	30
SGR	-174,8721	4867,6015	0,1198	50	40	30
NGR	92,5424	1	0,2301	5	5	5
NOB	173021,0121	1	0,2657	40	40	40
ÆGR	-9,3377	726,5105	0,0590	60	50	40
FYR	-270,3996	6832,1561	0,0915	50	40	40
ANÅ	-9,3377	726,5105	0,0590	50	40	30
BJF	116449,5854	1	0,2565	50	40	30

3.2 Konvertering

Konvertering betyder, at et areal tilplantes med en anden træart end den hidtidige efter hovedskovning.

Det er i ressourceopgørelsen valgt at lade konverteringsgraden være 0 for alle træarter undtagen BJF. Dette betyder, at det areal, der tilgår den enkelte driftsklasse fra konvertering i andre driftsklasser, er lige så stort som det areal der fragår driftsklassen ved konvertering.

For BJF er konverteringsgraden i lighed med den tidligere ressourceopgørelse (Lind, 1994) fastsat til 0,9, idet mange ældre og aldrende bjergfyrarealer ønskes konverteret til produktiv skov, naturarealer eller mere publikumsvenlig skov.

Når konverteringsgraden for BJF ikke er 1 afspejler dette, at den meget robuste bjergfyr p.g.a. værnskovseffekten ønskes bevaret eller etableret i visse egne af landet. I beregningerne fordeles det konverterede areal til aldersklasse 0 i de øvrige driftsklasser proportionalt med disse driftsklassers andel af det samlede areal i det enkelte amt.

Det rimelige i at antage en konverteringsgrad på 0 for alle andre arter end BJF kan naturligvis overvejes. Der har i de senere år været en stor interesse for konvertering til naturnært skovbrug, hvilket har øget interessen for konvertering til løvtræ. Denne interesse er ikke blevet mindre ved en række ordninger, der har støttet en sådan konvertering. Således viser Skovtælling 2000 en kraftig stigning i arealer med løvtræ, hvorimod arealet med nåletræ udviser en vigende tendens.

At det i ressourceopgørelsen alligevel er valgt at se bort fra denne tendens skyldes for det første, at størrelsen af konverte-

ringen er svær at fastsætte på baggrund af skovtællingerne. Dette skyldes, at repræsentationen af skovejendomme ikke er den samme i de på hinanden følgende skovtællinger.
Dernæst er det et spørgsmål, hvor meget konverteringen vil betyde for de potentielt tilgængelige træbrændselsressourcer inden for prognosens tidshorisont på 30 år.

3.3 Skovrejsning

Folketinget besluttede i 1989, at det danske skovareal skal fordobles i løbet af de kommende 80–100 år. Målet er fremover at plante 4–5.000 hektar ny skov om året, hvoraf halvdelen skal være statsskove og halvdelen private skove.

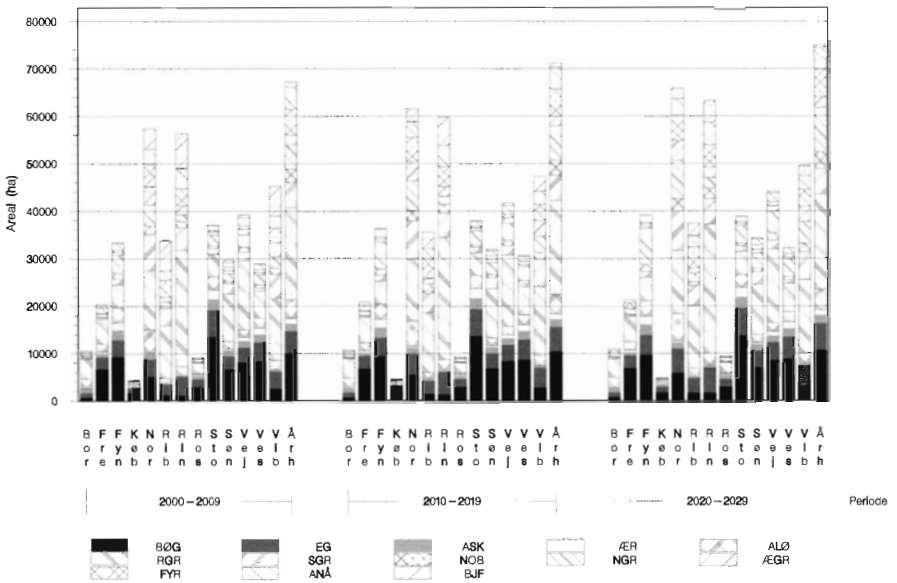
Foranlediget af dette ambitiøse mål ydes private lodsejere et tilskud til at etablere skoven, samt et tilskud til at kompensere for mistede landbrugsindtægter. Den samlede skovrejsning i perioden 1990–1999 var på ca. 27.500 ha (tabel 4), selvom omfanget af skovrejsningen er opgivet med nogen usikkerhed.
Skovrejsningen er i ressourceopgørelsen forudsat at fortsætte med uændret takt i forhold til opgørelsen i tabel 4 og med den samme fordeling mellem driftsklasserne.

3.4 Skovarealet 2000 – 2020

I ressourceopgørelsen fremskrives skovarealet fra 2000 til 2010 ved at gange arealet i den enkelte driftsklasse med sandsynligheden for, at arealet hoved-

Tabel 4. Skovrejsning i perioden 1990–1999 fordelt på amter og træarter, hektar (Danmarks Statistik et al., 2002).

	Løvtræ					*Nåletræ*							
	Bøg	*Eg*	*Ask*	*Ær*	*ALØ*	*RGR*	*SGR*	*NOB*	*NGR*	*ÆGR*	*FYR*	*ANÅ*	***I alt***
Københavns Amt	33	95	8	-	18	14	2	-	27	-	1	18	215
Frederiksborg Amt	81	45	17	3	64	49	-	11	223	1	5	10	509
Roskilde Amt	6	16	3	-	2	12	2	5	115	-	-	6	166
Vestsjællands Amt	233	340	34	5	34	123	5	67	771	10	33	31	1684
Storstrøms Amt	64	103	27	2	29	33	2	15	599	5	23	10	911
Bornholms Amt	15	16	8	1	36	15	2	3	152	-	8	8	263
Fyns Amt	209	341	64	2	101	61	8	132	1893	11	13	25	2861
Sønderjyllands Amt	197	342	29	5	102	244	126	179	783	46	99	117	2268
Ribe Amt	131	328	39	25	199	383	67	99	440	26	151	82	1970
Vejle Amt	154	315	32	16	118	466	28	192	957	21	76	81	2457
Ringkøbing Amt	198	611	56	39	245	718	240	428	354	115	408	190	3602
Århus Amt	291	426	80	25	135	259	31	392	2087	41	103	93	3962
Viborg Amt	73	219	19	2	71	597	64	199	904	19	141	54	2363
Nordjyllands Amt	261	681	81	36	320	195	215	360	1775	40	257	85	4306
I alt	**1945**	**3877**	**497**	**160**	**1475**	**3170**	**791**	**2080**	**11079**	**334**	**1318**	**810**	**27536**

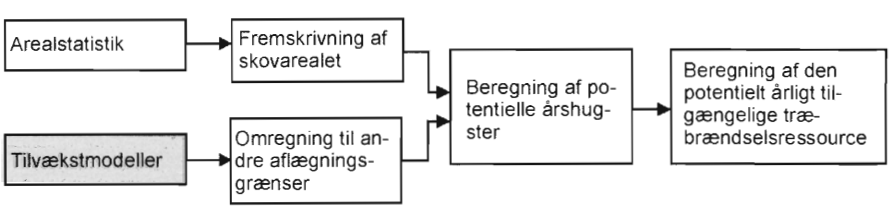


Figur 6. Driftsklassefordelingen for de enkelte amter efter fremskrivning af skovarealet.

skoves i perioden. Det herved beregnede hovedskovningsareal henføres derefter til aldersklassen 0–10 år. Til arealet i aldersklasse 0–10 år lægges yderligere det beregnede skovrejsningsareal samt bidraget til driftsklassen fra konvertering af arealer med bjergfyr.

Den videre fremskrivning fra 2010 til 2020 gøres på tilsvarende måde blot med udgangspunkt i status for 2010.

Udviklingen i skovareal, fordelt på driftsklasser og amter er vist i figur 6. Det ses, at skovarealet er stadigt stigende som følge af den fortsatte skovrejsning. Endvidere ses det, at skovarealet stiger mest i Ringkøbing, Århus og Viborg Amter, og disse amter forventes også i fremtiden at stå for den største del af skovrejsningen. Endelig ses, at skovarealet vokser mest for løvtræarterne.



Figur 7. Rutediagram som viser beregninger i kapitel 4.

4. Tilvækstmodeller

Som grundlag for vedmasseberegninger anvendes en række tilvækstmodeller for de almindeligste skovtræarter i Danmark. Modellerne omfatter 1) produktionsoversigter og 2) dynamiske tilvækstmodeller. I det følgende gennemgås modellerne og deres forudsætninger.

4.1 Produktionsoversigter

I ressourceopgørelsen anvendes for hovedparten af driftsklasserne (alle undtagen RGR) matematisk formulerede produktionsoversigter til at beregne de potentielle årshugster. Dette medfører en række beregningstekniske lettelser.

De matematisk formulerede produktionsoversigter er udviklet af Skov- og Naturstyrelsen (Skov- og Naturstyrelsen, 1976) som drifts- og planlægningsredskab. De adskiller sig på flere punkter fra originalmaterialet – som oprindelig er publiceret på tabelform:

1. Der er foretaget en omregning af de sædvanlige bonitetsbetegnelser til produktionsklasser.
2. Produktionsoversigternes inddeling i boniteter er omsat til produktionsklasser i spring på to klasser mellem lige angivelser af produktionsklassen (PK 6, 8, 10 osv.).
3. Der er efter skøn foretaget ekstrapoleringer fra originalmaterialet for at opnå et større gyldighedsområde for de matematisk formulerede produktionsoversigter.

Med de matematisk formulerede produktionsoversigter beregnes bevoksningshøjden (H_g), bevoksningsdiameteren (D_g), den akkumulerede vedmasseproduktion (P) og bevoksningens sande, salgbare masse (V) – alle som funktion af alderen fra frø (T).

Vedmassefaktorerne beregnes alle ud fra det logistiske udtryk (3).

$$f(T) = \frac{1}{\beta_0 + \beta_1 \cdot e^{-\beta_2 \cdot T}} + \beta_3 \qquad (3)$$

hvor β_0, β_1, β_2 og β_3 er modellens træarts- og vedmassefaktorspecifikke parametre og T er alderen fra frø.

I ressourceopgørelsen er anvendt den produktionsoversigt, der formodes at passe bedst på den pågældende driftsklasse (tabel 5). Produktionsoversigterne er udvalgt efter følgende kriterier:

– For driftsklasserne BØG, EG, ASK, ÆR, NOB og ÆGR er det valgt at bruge produktionsoversigterne, som gælder for hovedtræarten i de enkelte driftsklasser. Der eksisterer for disse kun en og samme kendte produktionsoversigt.

– For driftsklassen ALØ er det valgt at bruge produktionsoversigten for ask (Møller og Nielsen, 1959). Driftsklassen omfatter arter som birk, rødel, rødeg, poppel mv., som antages at have nogenlunde samme tilvækstforløb som ask.

– Driftsklassen ANÅ formodes hovedsageligt at bestå af arter som douglasgran, lærk, cypres og thuja. Det er for denne driftsklasse valgt at bruge produktionsoversigten for rødgran (Møller, 1933), idet gyldighedsområdet for oversigterne for lærk (Andersen, 1950) og douglasgran (Karlberg, 1961) er begrænsede.

– Driftsklassen FYR antages overvejende at bestå af skovfyr. Derfor anvendes produktionsoversigten udviklet af Morville (1948) for skovfyr.

– For driftsklassen NGR benyttes produktionsoversigten for ÆGR, idet tilvæksten formodes at ligne hinanden for disse to europæiske ædelgranarter.

Tabel 5. Oprindelsen af de matematisk formulerede produktionsoversigter anvendt i ressourceopgørelsen.

Driftsklasse	*Produktionsoversigt for*	*Oprindelse*
BØG	Bøg	Møller (1933)
EG	Eg	Møller (1933)
ASK	Ask	Møller og Nielsen (1959)
ÆR	Ær	Kjølby (1958)
ALØ	Ask	Møller og Nielsen (1959)
SGR	Sitkagran	1) Henriksen (1958)
		2) Skov- og Naturstyrelsen (1976)
NOB	Nobilis	Elingård-Larsen og Jensen (1985)
NGR	Ædelgran	Henriksen (1957)
ÆGR	Ædelgran	Henriksen (1957)
FYR	Skovfyr	Morville (1948)
ANÅ	Rødgran	Møller (1933)
BJF	Bjergfyr	Skov- og Naturstyrelsen (1976)

– For driftsklassen BJF er anvendt produktionsoversigten for bjergfyr i klitområder udviklet af Skov- og Naturstyrelsen (1976).

4.1.1. Beregninger uden for produktionsoversigternes gyldighedsområde

Beregningerne i ressourceopgørelsen er i mange tilfælde foretaget ud over modellernes gyldighedsområde for også at omfatte ældre og yngre aldersklasser samt produktionsklasser uden for produktionsoversigternes gyldighedsområde.

I de tilfælde, hvor beregningen er foretaget på aldersklasser yngre end den mindste alder omfattet af produktionsoversigten, er den pågældende vedmassefaktor (D_g, H_g, P eller V) fundet ved lineær interpolation mellem 0 og værdien beregnet ved produktionsoversigtens mindste alder.

I tilfælde, hvor beregningen er foretaget på aldersklasser større end produktionsoversigtens maksimale alder, er vedmassefaktorernes værdi bestemt ved at fastsætte bevoksningsalderen til produktionsoversigtens maksimumalder, vel vidende at der hermed begås en fejl. Fejlen er dog lille, da arealet med disse bevoksninger er meget begrænset.

Ved beregningerne er der interpoleret mellem modellens produktionsklasser. I de tilfælde, hvor produktionsklassen for den enkelte driftsklasse ligger uden for intervallet omfattet af produktionsoversigten, er beregningen foretaget for den maksimale/minimale produktionsklasse for produktionsoversigten.

For driftsklasserne NOB og NGR er de beregnede potentielle årshugster reduceret med 50%. Det skønnes at den anvendte produktionsoversigt for ædelgran overdriver tilvæksten for NOB og NGR og derved den salgbare vedmasse. Det skyldes, at de fleste af disse bevoksninger klippes og derfor har betydeligt lavere vedmasse end jævnaldrende bevoksninger af ædelgran.

4.2 Dynamiske tilvækstmodeller

De produktionsoversigter, der er beskre-

vet i det foregående, er nyttige værktøjer, som har været brugt i skovbrugsforskning og -planlægning i det meste af et århundrede. Imidlertid er produktionsoversigterne principielt alene gyldige i det omfang, den forstlige behandling af bevoksningerne ikke afviger fra den behandling, som er anvendt i de bevoksninger, der ligger til grund for produktionsoversigten.

Den forstlige behandling må forventes at variere over tid, eftersom efterspørgslen efter skovens produkter ændres. Derfor giver produktionsoversigterne, der blev udviklet for 50–70 år siden, muligvis ikke altid et helt korrekt billede af bevoksningernes nuværende produktion.

Som en følge af produktionsoversigternes begrænsede gyldighed er der blevet udviklet dynamiske tilvækstmodeller for arterne eg og rødgran for danske forhold (Johannsen, 1999; Leary, 1999 a, b). Disse tilvækstmodeller udmærker sig ved at udgøre et fleksibelt værktøj til fremskrivning af bevoksningstilstanden samt ved beregning af den potentielt tilgængelige træbrændselsressource.

I ressourceopgørelsen er alene anvendt den dynamiske tilvækstmodel for rødgran. Det skyldes projektets tidsmæssige begrænsninger, samt at de største ressourcer findes her. I ressourceopgørelsen er anvendt en foreløbig version af den dynamiske tilvækstmodel, der er indført i Skov- og Naturstyrelsens planlægningsværktøjer.

4.2.1 Tilvækstmodellen

Den dynamiske tilvækstmodel for rødgran (Leary, 1999 a, b) er udformet som differensligninger, der fremskriver bevoksningstilstanden et år ad gangen på baggrund af tilstanden det foregående år og en parameter (α_0), der beskriver vækstforholdene. Parameteren α_0 findes udfra højdevæksten af de 100 tykkeste træer per ha efter differensligningen (4)

$$\frac{\Delta H_{100}}{\Delta T} = \alpha_0 \cdot H_{100} \cdot e^{-b \cdot H_{100}} \qquad (4)$$

– hvor b er fastsat til 0,137. I ressourceopgørelsen er parameteren α_0 fundet på baggrund af de tidligere beskrevne logistiske funktioner, idet disse er brugt til at beskrive højdevæksten for de enkelte produktionsklasser.

Ved estimering af værdier for α_0, der modsvarer produktionsklasserne, anvendes højdetilvæksten for rødgran efter Møller (1933) for Københavns, Frederiksborg, Vestsjællands, Roskilde, Bornholm, Fyns, Sønderjyllands, Vejle og Århus amter, samt hvor PK overstiger 12. Højdetilvæksten for rødgran efter Magnussen (1983) anvendes for Storstrøms Amt, og endelig anvendes højdetilvæksten efter West-Nielsen (1950) for Ribe, Ringkøbing, Viborg og Nordjyllands Amter.

Da produktionsoversigterne beregner middelgrundfladetræets højde er produktionsoversigtens højde ved beregningen af α_0 omsat til H_{100} ud fra formel (5)

$$H_{100} = \left[\frac{D_g \cdot (H_g - 13)^{-1/3}}{0{,}673 \cdot \left(3{,}885 \cdot D_g^{0{,}408} + D_g\right)} \right]^{-\left(\frac{1}{0{,}28}\right)} + 13 \qquad (5)$$

– hvor højderne (H_g og H_{100}) er angivet i decimeter og diameteren (D_g) er angivet i mm.

På baggrund af den fundne α_0-værdi beregnes diametertilvæksten for grundflademiddeltræet ud fra formel (6) (Leary, 1999 a, b)

$$\frac{\Delta D_g}{\Delta T} = \alpha_0 \cdot D_g^{\alpha_1} \cdot e^{-\alpha_2 D_g^2 \cdot N} \qquad (6)$$

– hvor N er stamtallet og α_1 og α_2 er parametre, der er fastsat til hhv. 0,5463 og 0,000347.

4.2.2 Dyrkningsmodel

De dynamiske tilvækstfunktioner er kendetegnet ved at være fleksible værktøjer, idet de er i stand til at beskrive bevoksningsudviklingen ved forskellige skovdyrkningssystemer. Imidlertid gør dette det også nødvendigt at fastlægge et dyrkningssystem for driftsklassen, idet dyrkningssystemet ideelt set skal afspejle den forstlige praksis i forskellige egne af landet.

Forstlig praksis for rødgran

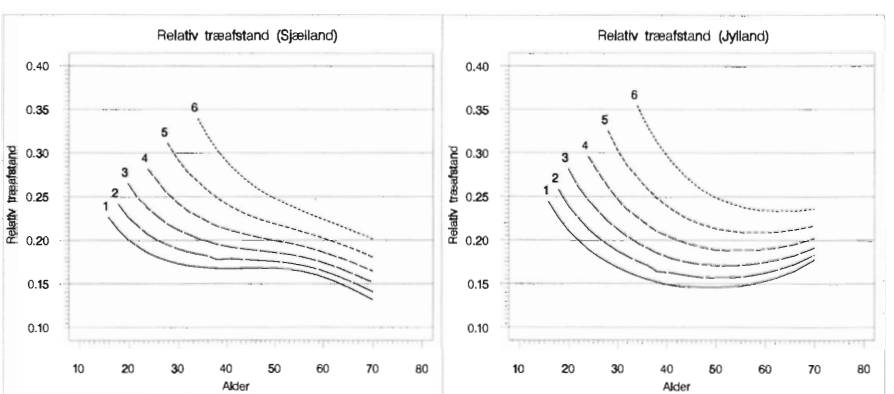
Meilby (1996) evaluerede den forstlige praksis for rødgran ud fra taksationsdata indsamlet af forststuderende ved Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole fra 630 bevoksninger fordelt på 32 private skovejendomme på Sjælland (14), Falster (2), Samsø (1) og Jylland (15).

På baggrund af en analyse af dette materiale, kendte produktionsoversigter og data vedrørende kulturudgifterne konkluderede Meilby (1996), at tyndingspraksis har ændret sig væsentligt gennem tiden. Således er tyndingsstyrken gået fra at være temmelig svag (B-C-grad) omkring århundredeskiftet til at være betydeligt stærkere. Meget tyder også på, at en aftagende hugst med stigende alder er blevet almindeligt (D → B-grad). Materialet tyder på, at hugststyrken øges med aftagende produktionsklasse, og at de første hugstindgreb sættes ind ved 6–9 meters højde. Slutteligt finder Meilby (1996), at plantetallet er reduceret betydeligt siden midten af det forrige århundrede, fra ca. 6.000 omkring 1960 til ca. 3.000–3.500 i dag.

Stamtalsudvikling

På grundlag af det omfattende taksationsmateriale har Meilby (1996) opstillet multiple lineære regressioner til beskrivelse af stamtal, grundflade og volumen for Jylland og Sjælland (Bilag 1). Det er i ressourceopgørelsen valgt at anvende disse modeller som udgangspunkt ved fastsættelsen af dyrkningssystemet for den dynamiske tilvækstmodel. Dette er sket ved at indsætte modellen for stamtalsafviklingen udviklet af Meilby (1996) for hhv. Sjælland og Jylland i udtrykket for den relative træafstand ($RTA = \sqrt{10.000 \cdot N^{-1} \cdot H_g^{-1}}$). Herved beskrives den faktiske udvikling i den relative træafstand over tid som en funktion af alder (T) og bevoksningshøjde (H_g).

Figur 8. Relativ træafstand som funktion af bevoksningsalder for rødgran. Den relative træafstand er beregnet på baggrund af sammenhængen mellem alder og højde for boniteterne 1–6 efter Møller (1933).



På baggrund af højdevæksten for rødgran (Møller, 1933) er stamtalsudviklingen og efterfølgende den relative træafstand beregnet ud fra resultaterne fra Meilby (1996) for boniteterne 1–6 (figur 8).

Det ses af eksemplet, at den relative træafstand aftager, efterhånden som bevoksningerne vokser, og at den relative træafstand aftager hurtigere for de bedre boniteter. For Sjælland aftager den relative træafstand gennem hele det viste aldersspektrum. Dette stemmer overens med det faktum, at tyndingsstyrken aftager med stigende alder for at mindske diametertilvæksten og derved opnå højere kvalitet af tømmeret og forøget stabiliteten af bevoksningen.

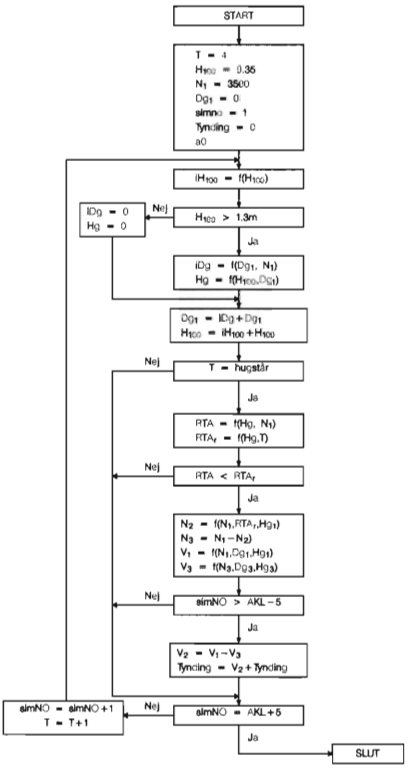
For Jylland aftager den relative træafstand ved stigende alder indtil 50–60 års alderen, hvor den begynder at stige. Dette synes at stemme overens med, at ældre bevoksninger på dårligere boniteter er relativt hårdere huggede for at opnå en vis diametertilvækst og derved hurtigere hugstmodenhed. Endvidere kan stigningen i relativ træafstand tolkes som begyndende bevoksningsopløsning, som ofte ses i ældre bevoksninger af rødgran. Således synes den valgte model at tegne et rimeligt billede af den forstlige praksis ved dyrkning af rødgran.

Imidlertid er der ikke bevoksninger repræsenteret i modellens yderpunkter, hvorfor modellen kan give urealistisk høje eller lave værdier ved ekstrapolering ud over modellens gyldighedsområde. Det er derfor i ressourceopgørelsen valgt at lade den relative træafstand antage et maksimum af 0,24 (hvilket svarer til D-hugst) og et minimum af 0,14 (hvilket svarer til B-hugst).

4.2.3 Fremskrivning efter den dynamiske tilvækstmodel

Fremskrivningen af bevoksningsdata påbegyndes ved at give modellen en række startværdier.

I eksemplet i figur 9 er alderen fra frø (T) sat til 4 år, hvilket svarer til plantealderen ved



Figur 9. Principskitse over fremskrivningen af bevoksningsvariable med dynamiske tilvækstmodeller.

udplantning. H_{100} er fastsat til 35 cm, stamtallet (N_1) er sat til 3.500, og bevoksningsdiameteren (D_{g1}) er fastsat til 1 cm. Suffiks 1, 2 og 3 refererer til hhv. før tynding, tynding og efter tynding.

Fremskrivningen påbegyndes ved at beregne diameter- og højdetilvæksten og fremskrive bevoksningshøjde og -diameter til det efterfølgende år. Derefter foretages en evaluering af, hvorvidt der skal foretages tynding (T = hugstår), således at tyndingsmellemrummene kan fastlægges efter ønske.

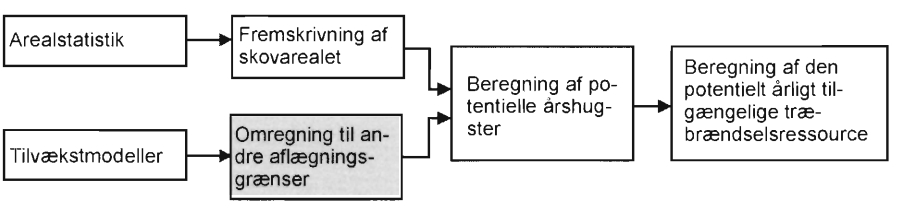
Det evalueres efterfølgende, om bevoksningens relative træafstand (RTA_r) er mindre end den ønskede (RTA_r) og derved, om der kan foretages tynding. For at opnå en udglatning af hugsterne foretages i ressourceopgørelsen tynding hvert år, fra det tidspunkt hvor RTA_r overstiger RTA. Som angivet i udtryk (7) beregnes stamtallet i tyndingen (N_2) ud fra den ønskede relative træafstand og stamtallet før tynding (N_1).

$$N_2 = N_1 - \frac{10.000}{(RTA_r \cdot H_g)^2} \qquad (7)$$

Bevoksningsdiameteren efter tynding afviger i reglen fra diameteren før tynding som følge af, at de udhuggede træer er større eller mindre end de blivende. Forholdet mellem bevoksningsdiameteren før og efter tynding afhænger udover hugstmåden (dvs. om der bliver hugget "fra oven" eller "fra neden") også af hugststyrken.
I ressourceopgørelsen er diameteren efter tynding bestemt efter udtryk (8), hvor β er udhugningsforholdet og fastsat til 0,8. Dette giver et forhold mellem bevoksningsdiameteren efter og før tynding (udhugningsforhold), der er aftagende mod 1 med stigende alder, da hugststyrken udtrykt som forholdet mellem antallet af udhuggede træer og stamtallet før tynding normalt aftager over tid. I ressourceopgørelsen er udhugningsforholdet i de første tyndinger, hvor der hugges flis, fastsat til 1, idet der i disse tyndinger udlægges spor mv. og udhugningsforholdet derfor i reglen ligger meget tæt på 1.

$$D_{g3} = D_{g1} + D_{g1} \cdot \left[\frac{N_2}{N_1} \cdot \beta^2 - \frac{N_2}{N_1} + 1 \right]^{-1/2} - 1 \qquad (8)$$

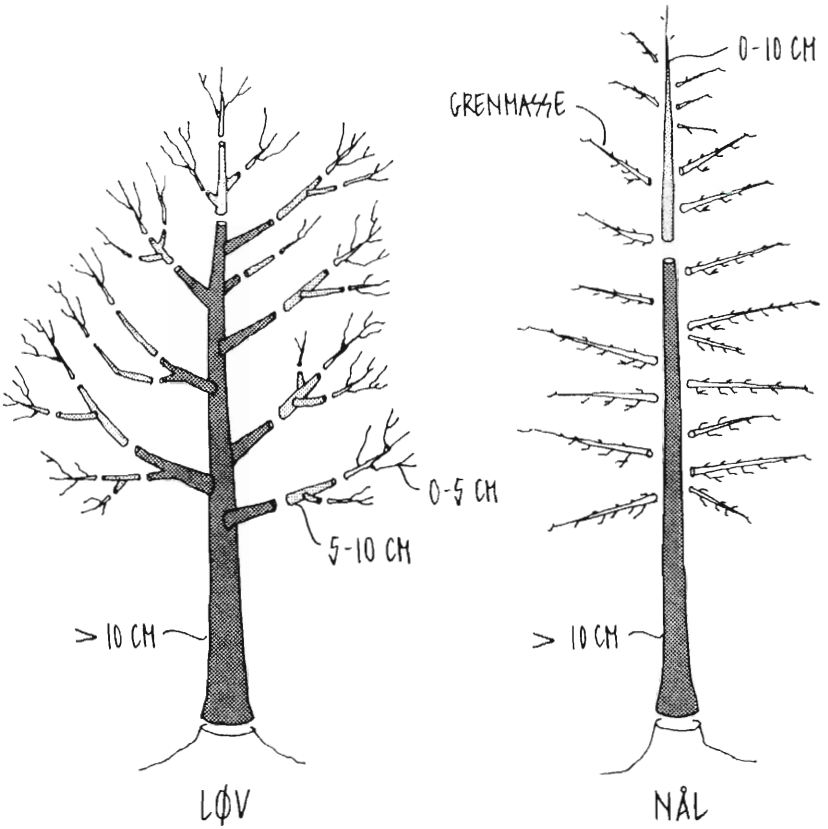
Ud fra bevoksningsdiameteren og stamtallet før og efter tynding beregnes grundfladen før og efter tynding og derved også den udhuggede grundflade. Diameteren af udhugningstræerne beregnes ud fra stamtallet og grundfladen i tyndingen. Endelig beregnes vedmassen før og efter tynding samt i tyndingen ud fra grundflade-middeltræmetoden ved anvendelse af vedmassefunktionerne opstillet af Madsen og Heusèrr (1993).
I ressourceopgørelsen beregnes den samlede udhuggede mængde over en ti-års periode ved at akkumulere tyndingsudbytterne i variablen "Tynding" for hvert af årene i perioden, hvor der gennemføres tynding. Tyndingsdiameteren findes ved indgang for periodens median.



Figur 10. Rutediagram som viser beregninger i kapitel 5.

5. Omregning til andre aflægningsgrænser

Aflægningsgrænsen betegner den endefladediameter, der teoretisk adskiller den del af den udhuggede vedmasse som anvendes, fra den del der ikke anvendes og efterlades i skoven (figur 11).
For løvtræ gælder det, at aflægningsgrænsen traditionelt omfatter grenene. Den anvendte del af vedmassen omfatter



Figur 11. Illustration af begrebet "aflægningsgrænse". Aflægningsgrænsen for løvtræ inkluderer grenene, mens aflægningsgrænsen for nåletræ alene omfatter stammen (gengivet efter Lind, 1994).

således den portion af grenmassen, som har en diameter større end aflægningsgrænsen.

For nåletræ omfatter den anvendte del af vedmassen traditionelt alene den del af vedmassen indeholdt i stammen, hvis diameter er større end aflægningsgrænsen.

I og med, at en væsentlig del af de trædele, der tidligere blev efterladt i bevoksningerne, i dag anvendes ved produktionen af flis, kan anvendelsen af aflægningsgrænsen være kilde til nogen forvirring og misforståelse. I denne opgørelse og prognose anvendes aflægningsgrænsen til at specificere aflægningsintervaller efter effekternes endefladediametre. Disse diametre danner grundlag for den senere adskillelse af træbrændselseffekter og gavntræeffekter, dvs. effekter, der overgår til videre industriel forarbejdning.

I det efterfølgende betegnes det samlede trævolumen for løvtræerne, altså det samlede volumen af træets overjordiske dele, som v_b, mens den samlede stammemasse betegnes v.
Den sande, salgbare vedmasse ved en given aflægningsgrænse angives med aflægningsgrænsen som suffix. Således betegnes den sande salgbare vedmasse ved aflægningsgrænsen 5 cm for nåletræ som v_5, mens den sande, salgbare vedmasse for løvtræ betegnes v_{5b}.

5.1 Tilvækstmodellernes vedmasseangivelser

Angivelsen af vedmassens størrelse varierer mellem de forskellige tilvækstmodeller.
Således benytter produktionsoversigterne for løvtræerne samt nobilis og skovfyr sand, salgbar vedmasse over 5 cm. Produktionsoversigterne for rødgran, sitkagran og ædelgran anvender vedmassen "ved bedste afsætning", hvilket vil sige den totale stammemasse minus 3½ pct.
For bjergfyr er vedmassen opgivet som totalmasse inklusiv hele grenmassen. Årsagen til denne usædvanlige vedmasseangivelse skyldes, at modellerne er udviklet på baggrund af heltræudnyttelse i forbindelse med flishugst på Skov- og Naturstyrelsens bjergfyrarealer (Skov- og Naturstyrelsen, 1976).
Endelig er vedmasserne beregnet ud fra den dynamiske tilvækstmodel for rødgran angivet som total stammemasse, hvilket vil sige massen indeholdt i stammen mellem jordoverfladen og topknoppen.

5.2 Vedmasse- og stammesidefunktioner

Ved omregningen til andre aflægningsgrænser anvendes en række vedmasse- og stammesidefunktioner.
For rødgran (Madsen og Heuserr, 1993), sitkagran, japansk lærk, alm. ædelgran, grandis, bøg, eg og ask (Madsen, 1985; Madsen, 1987; Tarp-Johansen et al., 1997; Petersen, upubl; Tarp-Johansen og Petersen, upubl.).
Vedmassefunktionerne er logaritmiske funktioner med træets diameter og højde, bevoksningsdiameteren, aflægningsgrænsen samt for rødgran bevoksningshøjde og bevoksningsalder som input variable. I ressourceopgørelsen anvendes middeltræmetoden ved beregningerne, hvilket vil sige, at vedmasse- og stammesidefunktionerne anvendes på bevoksningsniveau med indgang for tilvækstmodellernes grundfladevægtede bevoksningsdiametre og -højder.
Vedmassefunktionerne for de nævnte nåletræarter beregner den totale stammemasse samt vedmassen ved aflægningsgrænserne 0, 5, 7 og 10 cm. Endvidere kan den salgbare vedmasse beregnes ved en vilkårlig aflægningsgrænse ved brug af de overensstemmende stammesidefunktioner gennem en iterativ proces designet af Madsen (1985).
Den totale vedmasse samt den salgbare vedmasse ved aflægningsgrænserne 5, 7 og 10 cm beregnes for de nævnte løvtræarter ud fra vedmassefunktionerne udviklet af Madsen (1985 og 1987). Endvidere beregnes stammemassen ved aflægningsgrænsen 0 cm samt stammemassen ved en vilkårlig aflægningsgrænse ud fra vedmasse- og stammesidefunktionerne (Tarp-Johansen et al., 1997; Petersen, upubl.; Tarp-Johansen og Petersen, upubl.).
For de driftsklasser, hvor der for hovedtræarten ikke er udarbejdet vedmasse- og/eller stammesidefunktioner, er det valgt at anvende vedmassefunktionerne for lignende træarter:
– For driftsklassen ÆR anvendes vedmasse- og stammesidefunktionerne for bøg, da disse arter ligner hinanden af form.
– For driftsklassen ALØ anvendes vedmasse- og stammesidefunktionerne for ask, idet pro-

duktionsoversigterne for denne art i forvejen anvendes ved beregningen af tilvæksten for ALØ.

– For driftsklassen NOB anvendes vedmasse- og stammesidefunktionerne for grandis, da disse nordamerikanske arter minder noget om hinanden mht. stammeform.

– For driftsklassen NGR anvendes vedmasse- og stammesidefunktionerne for alm. ædelgran, idet produktionsoversigterne for denne art i forvejen anvendes ved beregningen af tilvæksten, samt fordi disse træarter minder om hinanden mht. stammeform.

– For driftsklassen FYR anvendes vedmasse- og stammesidefunktionerne for lærk, idet denne træart i form synes at være den, der mest ligner skovfyr – som antages at være hovedtræarten i denne driftsklasse.

– For driftsklassen ANÅ anvendes vedmasse- og stammesidefunktionerne for lærk, idet det antages, at en meget stor del af driftsklassen er bevokset med denne art.

Slutteligt skal det nævnes, at opdelingen af vedmassen i aflægningsintervaller for driftsklassen BJF ikke er nødvendig, da hele vedmassen for denne art forudsættes aflagt som flis, hvilket gør tilvækstmodellens angivelser direkte anvendelige.

5.3 Omsætning af salgbar vedmasse til andre aflægningsgrænser

I ressourceopgørelsen er vedmassen for nåletræarterne undtagen for driftsklassen BJF i første omgang omsat til total stammemasse, mens vedmassen for løvtræarterne er omsat til total vedmasse.

For sitkagran og ædelgran er dette gjort ved at gange vedmassen med 100/96,5, da produktionsoversigternes vedmasser som nævnt er beregnet som total stammemasse minus 3,5 pct.. For de øvrige nåletræarter samt for løvtræarterne er omsætningen til total vedmasse gjort ved multiplikation med forholdet mellem den totale vedmasse og den sande, salgbare vedmasse ved aflægningsgrænsen 5 cm dvs. hhv. v/v_5 og v_b/v_{5b}.

Omsætningen af den totale vedmasse til vedmassen ved en given aflægningsgrænse er videre gjort ud fra forholdet mellem enkelttræ-vedmasserne ved forskellige aflægningsgrænser. Eksempelvis beregnes den sande, salgbare vedmasse over 10 cm for nåletræ, som forholdet mellem den sande, salgbare vedmasse over 10 cm og den beregnede totale stammemasse (v_{10}/v) multipliceret med den beregnede hugst. I lighed hermed beregnes den sande, salgbare vedmasse for løvtræarterne som den beregnede hugst multipliceret med forholdet mellem den sande, salgbare vedmasse over 10 cm og den totale vedmasse (v_{10b}/v_b).

5.4 Beregninger af grenmasser i nål

De sædvanlige vedmasseangivelser for nåletræarterne er som nævnt ovenfor eksklusive grenmassen, hvilket formentlig skyldes, at grenmassen kun sjældent har været udnyttet kommercielt. Imidlertid er vedmassen i grenene aktuel ved opgørelse af træbrændsler, da grenene udgør et væsentligt potentiale i forbindelse med heltræflisning i tidlige tyndinger og ved udnyttelsen af hugstaffald ved renafdrift m.v..

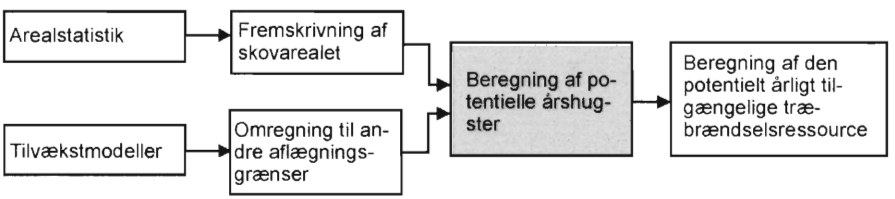
I ressourceopgørelsen er grenmassen beregnet ud fra en model der beskriver forholdet mellem træets samlede biomasse og stammens biomasse for rødgran som funktion af træets diameter og højde. Modellen er udviklet på baggrund af 220 træer fra 7 hugst-, planteafstands-, gødnings- og flishugstforsøg rundt om i Danmark.

Modellen beskriver forholdet mellem træets samlede biomasse (DW_{total}) og biomassen indeholdt i stammen (DW_{stamme}) for rødgran (Møller, 2002). Modellen vises i udtryk (9)

$$ln\left[\frac{DW_{total}}{DW_{stamme}}\right] =$$

$$1{,}5029+0{,}2961 \cdot ln(D_g) - 0{,}7343 \cdot ln(H_g) \quad (9)$$

I ressourceopgørelsen anvendes (9) til at beregne forholdet mellem træets totale vedmasse og stammemassen udtrykt i kubikmeter, idet det antages, at vægtfylden af træets dele (stamme, grene og nåle) er ens. Grenene har imidlertid en større rumtæthed end stammen, men også en større andel af bark og nåle med en lavere rumtæthed. Det er således svært at sige noget om den gennemsnitlige densitet af biomassen indeholdt i kronen, der i øvrigt formentlig vil variere afhængig af dyrkningsforhold, dyrkningspraksis, aflægningsgrænsen og bevoksningsalderen. Det er på denne baggrund valgt at gøre ovennævnte antagelse, uagtet at der herved begås en fejl, der dog anses for at være af mindre betydning.



Figur 12. Rutediagram som viser beregninger i kapitel 6.

6. De potentielle årlige hugstmængder

De potentielle årlige hugster er beregnet som gennemsnitlige årlige hugstmængder af både træbrændsler og gavntræ i de tre ti-års perioder 2000–2009, 2010–2019 og 2020–2029.
Beregningerne er således foretaget med udgangspunkt i arealstatus opdelt på amter, driftsklasser og aldersklasser i hhv. 2000, 2010 og 2020. I alle tre perioder er der anvendt PK-værdierne fra skovtællingen i 2000.

6.1 Beregning af de potentielle årlige hugstmængder

Beregningen af hugsten opdeles i hovedskovning (HS) og udhugning (UH), opdelt på amter og driftsklasser.

6.1.1 Hovedskovning

Det amtsvise hovedskovningsareal i hver driftsklasse beregnes ud fra afviklingsmodellerne, således at den hovedskovede andel af en given aldersklasse beregnes ved sandsynligheden for, at bevoksningen er hovedskovet primo og ultimo perioden.
Hovedskovningsmængden beregnes efterfølgende for alle driftsklasser med undtagelse af RGR efter nedenstående udtryk (10)

$$V_{hovedskovning} = \left[V_{primo} + \frac{P_{ultimo} - P_{primo}}{2}\right] \cdot \left[1 - \frac{S_{ultimo}}{S_{primo}}\right] \quad (10)$$

– hvor V er salgbar vedmasse, P er akkumuleret tilvækst, s er sandsynligheden for, at bevoksningen har overlevet frem til et givet tidspunkt, og primo og ultimo er aldersklassens median ved hhv. status og status plus 10 år. Som det fremgår af (10), antages det herved, at hovedskovning gennemsnitligt foretages midt i perioden.

For driftsklassen RGR beregnes hovedskovningsmassen ud fra den stående vedmasse midt i perioden, der findes ved fremskrivningen af bevoksningsvariablerne ud fra den dynamiske tilvækstmodel. Herved erstattes indholdet i parentesen i (10) blot med den beregnede stående vedmasse midt i perioden.

6.1.2 Udhugning

Det amtsvise udhugningsareal i hver driftsklasse findes ud fra fremskrivningen af skovarealet som beskrevet ovenfor. For alle driftsklasserne bortset fra RGR beregnes udhugningsmassen efter udtryk (11).

$$V_{udhugning} = V_{primo} + \left(P_{ultimo} - P_{primo}\right) - V_{ultimo} \quad (11)$$

For driftsklassen RGR beregnes udhugningsmassen ud fra den dynamiske tilvækstmodel som beskrevet i afsnit 4.2 ovenfor. Som nævnt beregnes den samlede udhugningsmasse i perioden ved at akkumulere den årligt udhuggede vedmasse i perioden, idet tyndinger i modellen foretages hvert år.

Herved afviger anvendelsen af modellen fra virkeligheden, idet tyndinger i reglen foretages med flere års mellemrum. Denne forenkling er imidlertid gjort for at udglatte hugsterne over tid og har ikke betydning for den udhuggede mængdes størrelse.

6.1.3 Beregning af de årlige potentielle energimængder

De beregnede vedmasser er i opgørelsen omregnet til årlige potentielle energimængder.

Omregningen er grundlæggende foretaget for hver enkelt træart, idet hugstmængderne først er omsat fra kubikmeter fast masse til tons tørstof. Rumtætheden er for de fleste træarter fastsat udfra opgivelserne i Statens Forstlige Forsøgsvæsen (1990) (tabel 6).

Tabel 6. Rumtætheden for de enkelte driftsklasser anvendt i prognosen (Statens Forstlige Forsøgsvæsen, 1990).

Driftsklasse	*Træart*	*Rumtæthed*
Løv Bøg	Bøg	580
Eg	Eg	570
Ask	Ask	570
Ær	Ær	500
Andet løv	Birk	540
Nål Rødgran	Rødgran	*se tekst
Sitkagran	Rødgran	*se tekst
Ædelgran	Rødgran	*se tekst
Nobilis	Rødgran	*se tekst
Nordmannsgran	Rødgran	*se tekst
Fyr	Fyr	430
Andet nål	Lærk	430

For rødgran, sitkagran og ædelgranarterne er rumtætheden højst variabel alt efter, hvor hurtigt træerne har vokset. På denne baggrund er rumtætheden for disse arter beregnet udfra den gennemsnitlige årringsbredde i brysthøjde [mm] (Bergstedt og Jørgensen, 1997):

$$Rumtæthed = 257 + \frac{556}{årringsbredde + 2} \quad (12)$$

Ved beregningen af de potentielle energimængder er den nedre brændværdi anvendt, idet der er forudsat et vandindhold på 40% for nåletræarterne og 35% for løvtræarterne. Den nedre brændværdi for hhv. nåletræ og løvtræ er beregnet udfra (13) og (14) idet f angiver vandindholdet og M den samlede vedmasse (incl. vand) udtrykt i kg:

$$H_{nåletræ} = M \cdot (19{,}2 - 21{,}642 \cdot f) \quad (13)$$

$$H_{løvtræ} = M \cdot (19{,}0 - 21{,}442 \cdot f) \quad (14)$$

6.1.4 Bevoksningskvotient

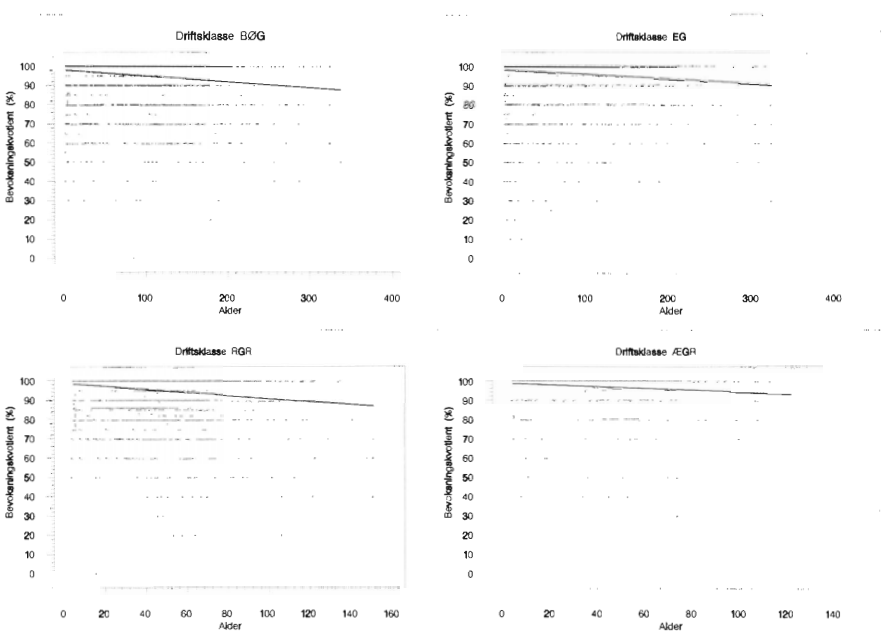
Udgangspunktet for beregningerne er, at bevoksningerne er fuldt sluttede. Virkeligheden er imidlertid en anden, da der ofte forekommer huller i bevoksningerne som følge af sygdom, insektangreb, stormfald, frost mv.

Forskellen mellem det faktisk produktive areal og det samlede bevoksningsareal medfører, at den samlede hugst i ressourceopgørelsen skønnes for højt, medmindre man inddrager reduktionen i det produktive areal. Forskellen mellem arealet af den faktisk produktive bevoksning og det samlede bevoksningsareal udtrykkes i *bevoksningskvotienten*, der traditionelt fastsættes til 0.9.

I forbindelse med ressourceopgørelsen er der foretaget en analyse af bevoksningskvotientens størrelse på Skov- og Naturstyrelsens arealer (figur 13).

Analysen er baseret på 29.537 observationer. Den viste som ventet, at bevoksningskvotienten er afhængig af drifts- og aldersklassen samt af vækstforholdene udtrykt ved produktionsklassen. Således aftager bevoksningskvotienten fra omkring 1 i unge bevoksninger til 0,85–0,95 for ældre bevoksninger. Bevoksningskvotienten falder med stigende alder mere for løvtræarterne end for nåletræarterne.

Figur 13. Bevoksningskvotient for udvalgte driftsklasser vist som funktion af bevoksningernes alder. Den fuldt optrukne linie i diagrammet viser skønnet for bevoksningskvotienten.



På trods af analysens resultater blev det i lighed med tidligere undersøgelser besluttet at reducere de beregnede vedmasser som beskrevet ovenfor med en bevoksningskvotient på 0,9 for alle drifts- og aldersklasser. Denne beslutning blev taget fordi:

– Bevoksningskvotienten må antages at være større i statsskovene end i de mindre private skove uden professionel forstlig administration. Det skyldes den større dyrkningsintensitet i statsskovene.

– I bevoksningskvotienten indgår ikke spor i bevoksningerne og mindre produktive bevoksningsrande mv. Således kan den reelle bevoksningskvotient forventes at være noget lavere end opgjort. Dette vil være særligt tydeligt i mindre skove, hvor bevoksningsrandenes andel er forholdsvis større.

6.1.5 Ikke udnyttet vedmasse

Ved hugst i skovbevoksninger udnyttes næsten aldrig hele det fældede volumen. Dels er det ikke alt træet, der kan anvendes pga. råd i den nedre del af stammen eller andre skader, dels er det ikke hele den fældede masse, der i sidste ende kommer ud af bevoksningen af den ene eller anden årsag. Denne del af den fældede vedmasse betegnes *den ikke udnyttede vedmasse*.

Det er svært at fastsætte størrelsen af den ikke udnyttede vedmasse, fordi den afhænger af bevoksningens karakter og sundhed, den anvendte skovningsteknik, hvilke effekter der aflægges osv.. Der findes dog erfaringstal for den ikke udnyttede vedmasses størrelse. Denne er hovedsageligt afhængig af diameteren af de udhuggede træer, idet de nævnte faktorer alle afhænger af træernes størrelse.

I ressourceopgørelsen er den ikke udnyttede vedmasse fastlagt efter opgørelsen af Dansk Skovforening et al. (2000), se bilag 2. I denne opgørelse er de fremkomne vedmasser reduceret med den ikke udnyttede vedmasse, idet der er interpoleret mellem værdierne i bilag 2. Herunder er den ikke udnyttede vedmasse ved skovning af heltræer til flis fastsat til 0. Ved sådanne tyndinger efterlades kun meget lidt i bevoksningerne, da skadede og rådne træer kan medtages i flis-sortimentet.

Ved hugst af flis efter renafdrift af nåle- og løvtræbevoksninger samt ved kombinerede tyndinger er udnyttelsesgraden af grene og topender skønnet til hhv. 0,50 og 0,75. Disse tal stemmer med finske undersøgelser, hvor den samlede udnyttelsesgrad var mellem 60 og 75% for frisk hugstaffald (Nurmi, 1994). For fortørret hugstaffald vil udnyttelsesgraden være noget mindre, da nålene og en del kviste falder af.

6.2 Scenarier

Beregningen af de potentielle årlige hugster er i ressourceopgørelsen udført på tre forskellige scenarier, der beskriver en stigende intensitet i udnyttelsen af træbrændsler.

I det enkelte scenarium varieres *den kritiske udhugningsdiameter*, som er den bevoksningsdiameter før tynding, der udgør grænsen mellem hugst af heltræflis og hugst af gavntræ (tømmer, spånpladetræ, cellulosetræ, savværkskævler mv.).

Således hugges alene heltræflis i bevoksninger under den kritiske udhugningsdiameter, mens der aflægges gavntræ samt evt. brænde eller flis i bevoksninger med en bevoksningsdiameter over den kritiske udhugningsdiameter, afhængig af det valgte scenarium.

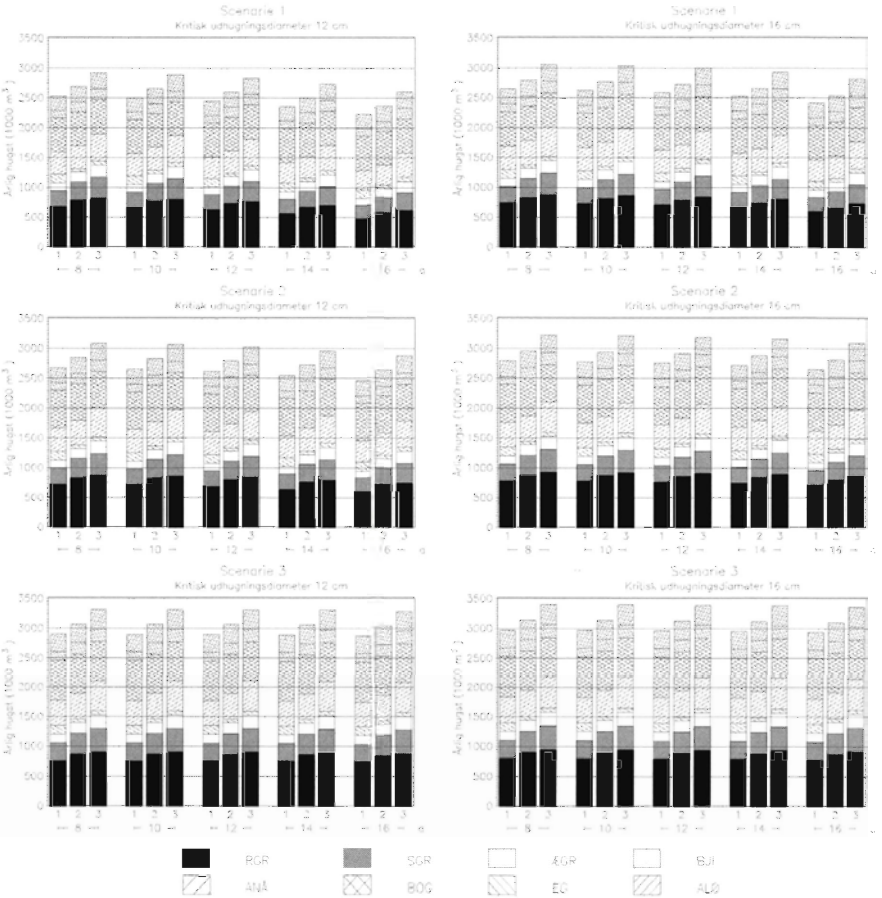
Foto 1. I rapporten anvendes tre hugstscenarier, der betegner en stadig forøget udnyttelse af de dårlige trækvaliteter til flis. Her er en illustration af scenarium 1: Der hugges skovflis af hele træer i tidlige tyndinger i løv og nål. Foto: Ebbe Leer.

Scenarium 1. Der hugges skovflis af hele træer i tidlige tyndinger i nåle- og løvtræbevoksninger, hvor diameteren ikke overstiger den kritiske udhugningsdiameter.
Scenarium 2. Som Scenarium 1. Ved hovedskovning af nåletræbevoksninger aflægges desuden skovflis af den del af stammemassen, hvis diameter er mindre end aflægningsgrænsen. Ved hovedskovning af løvtræbevoksninger aflægges desuden skovflis af grenmassen og af gren- og stammemassen under 10 cm.
Scenarium 3. Som scenarium 2. Herudover udnyttes flis fra kombinerede tyndinger, således at der aflægges gavntræ ned til aflægningsgrænsen i nåletræ og ned til 10 cm i løvtræ. Herefter udnyttes topenden samt grenene til skovflis.
Aflægningsgrænsen for nåletræarterne varieres i beregningerne mellem 8 og 16 cm, mens den for løvtræarterne er fastlagt til 10 cm. I ressourceopgørelsen er aflægningen af løvtræbrænde endvidere fastlagt til aflægningsintervallerne 10–20 cm og 20–30 cm.
Fastsættelsen af aflægningsgrænsen for løvtræ udgør en forenkling af virkeligheden, da der forekommer stor variation i den faktiske aflægningsgrænse. Aflægningsgrænsen kan således i egne med et godt marked for selvskover- og sankebrænde nærme sig 5 cm, mens den faktiske aflægningsgrænse ved maskinskovning af løvtræer kan være betydeligt højere. For alle scenarier er det forudsat, at der hugges heltræflis ved afviklingen af arealer med driftsklassen BJF.
Som nævnt i afsnit 6.1.5 er den ikke udnyttede vedmasse afhængig af den anvendte skovningsteknik. Således må det forventes, at med stigende intensitet i udnyttelsen af træbrændsler vil en stigende andel af den vedmasse som hidtil ikke er udnyttet blive hugget til flis eller brænde. Det skyldes, at skadet eller råddent træ vil blive hugget til flis i stedet for at blive efterladt i bevoksningen.
Derfor vil den ikke udnyttede vedmasse være faldende fra scenarium 1 til scenarium 3. Det er imidlertid i ressourceopgørelsen valgt ikke at lade størrelsen af den ikke udnyttede vedmasse variere med det valgte scenarium, fordi størrelsen af ændringerne ikke er kendt. Dette medfører formentlig en mindre underestimering af træbrændselsressourcen.

6.3 Potentielle årlige hugstmængder

De potentielle driftsklassevise årlige hugstmængder af træbrændsler og gavntræ er vist i figur 14 for de tre scenarier og for en kritisk udhugningsdiameter på hhv. 12 og 16 cm.
De potentielle hugstmængder er vist for de tre perioder 2000–2009 (1), 2010–2019 (2) og 2020–2029 (3) og for aflægningsgrænser (a) mellem 8 og 16 cm. For at lette overskueligheden af figuren er driftsklasserne i nogle tilfælde lagt sammen.
Den årlige potentielle hugst i indeværende periode er beregnet til 2,2–3,0

Foto 2. Her vises scenarium to. Det svarer til scenarium 1, men ved renafdrift af nåletræ aflægges også en del af grenene og toppen til flis. Foto: Søren Fodgaard.



Figur 14. Potentielle årlige hugstmængder for de tre perioder 2000–2009, 2010–2019 og 2020–2029, opdelt på driftsklasser samt en kritisk udhugningsdiameter på 12 og 16 cm. De tre perioder er i figuren nummereret 1, 2 og 3, og de potentielle hugstmængder er vist for aflægningsgrænser (a) fra 8 til 16 cm. Læg mærke til, at driftsklasserne i nogle tilfælde er lagt sammen for at forbedre figurens overskuelighed.

mio. m³ afhængigt af det valgte scenarium, den kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen (bilag 3).
Den potentielle hugstmængde er stigende i de tre perioder og stiger således til 2,6–3,4 mio. m³ i perioden 2020–2029, hovedsageligt som følge af en stigende hugst af nåletræ.

Den potentielle hugstmængde falder ved stigende aflægningsgrænse som en naturlig følge af, at en mindre del af træet bliver udnyttet. Aflægningsgrænsen har størst betydning for de potentielle hugstmængder for scenarium 1. Det skyldes, at den del af vedmassen, der ligger over aflægningsgrænsen udnyttes ved hugst af træflis med stigende intensitet i de to øvrige scenarier. Sidstnævnte betyder også, at de potentielle hugstmængder er stigende fra scenarium 1 til 3.
En forhøjelse af den kritiske udhugningsdiameter betyder, at en større andel af træerne bliver udnyttet som heltræflis. Derfor er den samlede potentielle hugstmængde stigende med stigende kritisk udhugningsdiameter.
I figur 14 og i bilag 3 er for fuldstændighedens skyld vist alle kombinationer af scenarium, kritisk udhugningsdiameter 14 og 16 cm og aflægningsgrænse. Det er imidlertid ikke alle disse kombinationer, der forekommer i virkeligheden.
Således er kombinationen af en stor kritisk udhugningsdiameter og en lille aflægningsgrænse næppe realistisk, fordi en stor kritisk udhugningsdiameter i reglen skyldes dårlige priser på gavntræet, og det vil medføre en større aflægningsgrænse. Modsat vil gode priser på gavntræet medføre en sænkning af såvel den kritiske udhugningsdiameter som aflægningsgrænsen.
I lighed med ovenstående vil dårlige priser på gavntræ sammenlignet med træbrændsler medføre en forskydning fra det lavere scenarium mod et højere. Dette er blot udtryk for skovejernes større incitament til at producere træbrændsler i stedet for gavntræ.
Det må således forventes, at en lille kritisk udhugningsdiameter vil følges af en lille aflægningsgrænse og af en intensitet i udnyttelsen der svarer til scenarium 1. Modsat vil en stor kritisk udhugningsdiameter følges af en stor aflægningsgrænse og en forskydning imod scenarium 2 og 3.
Størrelsen af den kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen diskuteres mere indgående i afsnit 8.1.

6.4 Følsomhedsanalyse

Resultatet viser alene den potentielle hugstmængde i det omfang forudsætningerne i de anvendte modeller er opfyldt. Der er især nogen usikkerhed ved beregningerne med hensyn til den anvendte dyrkningspraksis. Dette skyldes, at der med undtagelse af førnævnte undersøgelse af rødgrandyrkningen i Danmark (Meilby 1996) ikke er udført større undersøgelser af den faktiske dyrkningspraksis, og at dyrkningspraksis må formodes at ændre sig over tid.
Derfor er det i forbindelse med ressourceopgørelsen undersøgt følsomheden overfor ændringer i hugststyrken og afdriftsmodellerne.

6.4.1 Hugstbehanding

Hugststyrken har betydning for de potentielle årshugster på to forskellige måder:
– Hugststyrken påvirker, hvor meget der hugges i en given aldersklasse i den enkelte periode.
– Hugststyrken påvirker de senere tyndinger og hovedskovningsudbyttet, fordi hugsten har indflydelse på størrelsen af den stående vedmasse.

Betydning for samlet hugst
Eksempelvis vil en *svag hugst (B-hugst)* betyde, at der i de unge bevoksninger hugges forholdsvis lidt, men den svage

hugst vil også betyde, at der er store opsparede vedmasser ved afdrift af bevoksningerne.
For at illustrere betydningen af den anvendte hugstbehandling for størrelsen af de potentielle årshugster, blev beregningerne gennemført for hugstbehandlinger svarende til hhv. B, C og D hugst for rødgran (relativ træafstand hhv. 0.14,

Foto 3 (til venstre). Her vises scenarium 3. Det svarer til scenarium 2, men derudover udnyttes toppe og grene til flis i de kombinerede tyndinger, hvor der aflægges gavntræ af rodenden.

Foto 4 (herunder). I alle tre scenarier udnyttes træet fra rydning og sanering i bjergfyr og lignende fyrrearter til flis. Foto udlånt af Hedeselskabet (Claus Haagensen/Chili).

0.16 og 0.22). Det er i beregningerne ikke muligt at ændre hugstbehandlingen for de øvrige arter, da modellen for disse bygger på tilvækstoversigterne, der forudsætter en bestemt hugstbehandling.

Analysen viste, at hugststyrken for rødgran havde en vis effekt på det samlede resultat. Størst var afvigelsen ved anvendelse af en svag hugsstyrke og mindst ved anvendelse af stærk hugststyrke, der minder mest om den anvendte dyrkningsmodel.

Afvigelsens størrelse afhænger af den anvendte hugststyrke, af det betragtede scenarium, aflægningsgrænsen og den kritiske udhugningsdiameter.

Den totale afvigelse fra standardmodellen ved B-hugst er mellem -12 og +10%, således at der blev fundet en reduktion i den samlede hugstmængde i den første periode ved en lav kritisk udhugningsdiameter og høj aflægningsgrænse i forhold til standardmodellen. Modsat medfører den svage hugst en forøgelse af de samlede hugstmængder i de efterfølgende perioder samt ved en høj kritisk udhugningsdiameter.

Da det som nævnt i det ovenstående ikke er alle kombinationer af kritisk udhugningsdiameter og aflægningsgrænse, der er realistiske, vurderes den sandsynlige afvigelse at ligge i området mellem -2 og +11%.

Resultaterne tyder på, at en svagere hugst gennemgående vil lede til en øget hugst. Dette skyldes to forskellige forhold:

– En svagere hugst fører i modellen til, at der er opsparet større vedmasser i skovene ved periodens begyndelse og derved til et større hugstpotentiale.

– En svagere hugst fører i modellen til, at træerne vokser langsommere og derfor senere vokser ud over den kritiske udhugningsdiameter. Dette leder til, at en større andel af træerne udnyttes til heltræflis, og den større andel af grene og topender medfører en forøgelse af det samlede hugstudbytte.

Ved den middelstærke *C-hugst* var den sandsynlige afvigelse fra standardmodellen mellem -1 og +5%, og afvigelsen fulgte samme mønster som beskrevet for B-hugsten.

Ved den stærke *D-hugst* var afvigelserne fra standardmodellen mellem -4 og +2%. Modsat de to andre hugststyrker medfører den stærke hugst generelt en reduktion i den samlede hugst med undtagelse af scenarium 3 ved en høj kritisk udhugningsdiameter.

Resultaterne viser, at de observerede afvigelser fra standardmodellen er mindst for den stærke hugst, der minder mest om standardmodellen. Den svage hugst leder til større hovedskovningsmasser, som igen fører til et øget samlet hugstudbytte.

Den svage hugst kombineret med en høj aflægningsgrænse vil dog medføre en samlet reduktion i hugstudbyttet for scenarium 1 og 2. Det skyldes, at kombinationen af en større andel af mindre træer og den høje aflægningsgrænse medfører, at store mængder af gavntræ efterlades i skovbunden.

Betydning for hugsten af rødgran

At den samlede afvigelse ikke er større skal ses i lyset af, at det alene var hugststyrken for driftsklassen RGR, der blev ændret. Således er afvigelserne for denne driftsklasse isoleret betragtet betydeligt større.

For hhv. B-, C- og D-hugst var afvigelserne således hhv. -46 til +35%, -17 til +22% og -9 til +11%, idet afvigelserne fra standardmodellen følger det ovenfor beskrevne mønster.

Betragtes alene afvigelserne for sandsynlige kombinationer af kritisk udhugningsdiameter og aflægningsgrænser er afvigelsen fra standard modellen ved svag hugst mellem -6 og +32 %, mens afvigelsen er mellem -2 og +19% for den middelstærke og mellem -9 og +6% for den stærke hugst.
For rødgran er hugstmodellen fastlagt efter faktiske observationer fra et stort antal prøveflader. Det må derfor forventes, at modellen giver et rimeligt billede af den faktiske ressource, selvom afvigelsen fra tyndingsmodellen lokalt kan være store.
Hvor stor en fejl, der begås for de øvrige træarter ved at anvende produktionsoversigternes hugstbehandling, er svært at sige. Det må dog forventes, at afvigelserne mellem den faktiske hugst og produktionsoversigterne er mindre for disse arter og afvigelserne derfor mindre.

Sammenfatning
Sammenfattende viser følsomhedsanalysen for de fleste kombinationer af kritisk udhugningsdiameter og aflægningsgrænse, at en svagere hugst alt andet lige vil give et større udbytte af træbrændsler.
En generel forøgelse af tyndingsstyrken er næppe mulig, da dette vil medføre forringelser af veddets kvalitet og en reduktion i tilvæksten. Derfor er opgørelsens resultater sandsynligvis udtryk for et konservativt skøn 3).

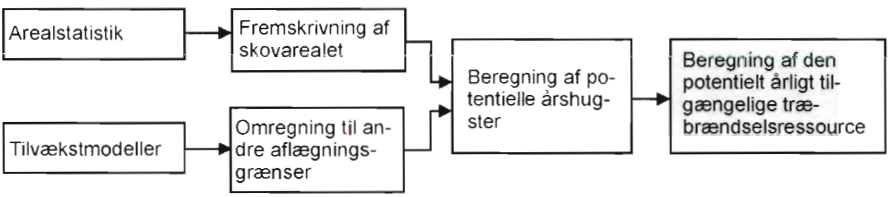
6.4.2 Afdriftsmodellerne

De anvendte afdriftsmodeller har først og fremmest betydning for størrelsen af de potentielle årshugster, fordi de har betydning for størrelsen af det samlede hovedskovningsareal.
Således har afdriftsmodellerne størst betydning for den potentielle træbrændselsressource for scenarierne 2 og 3, der indrager udnyttelsen af hugstaffald. Imidlertid har afdriftsmodellerne også betydning for mængden af træbrændsler i scenarium 1, idet de tilgængelige brændselsressourcer i 2010–2019 og 2020–2029 er påvirket af hovedskovningsarealets størrelse i 2000–2009.

Ændring af omdriftsalderen
For at illustrere afdriftsmodellernes betydning for de potentielle årlige hugstmængder blev parameteren β_2 i afviklingsmodellerne (tabel 3) justeret hhv. op og ned med 10 %. Dette betød for nåletræarterne med korte omdrifter en ændring i omdriftsalderen med ± 5 år, mens det for løvtræarterne medførte en ændring i omdriftsalderen på ± 10 år.
Analysen viste, at en *forkortelse* af omdriftsalderen generelt ledte til større hugstudbytter i den første periode. Forøgelsen af hugstudbyttet er afhængig af det valgte scenarium, den kritiske udhugningsdiameter og den valgte aflægningsgrænse og er i størrelsesordenen 7 – 9%.
I de senere perioder er *forøgelsen* af hugstudbyttet mindre. Særligt i den tredje ti-års periode er denne tendens tydelig, således at forøgelsen af hugstudbyttet var på 0 – 1%. Dette er en naturlig følge af, at de bevoksninger, der blev hovedskovet i den første og anden periode, ikke bidrager til hugstudbyttet i den sidste periode med et mindre udbytte til følge.
En forøgelse af omdriftsalderen fører til en generel sænkning af hugstudbyttet i

3) Et enkelt af styregruppens medlemmer så ikke nogen hindring for, at tyndingsstyrken kan øges generelt fra det nuværende niveau.

den første periode på 7 – 10%. Sænkningen bliver mindre i de efterfølgende år, eftersom de bevoksninger, der ikke tidligere var hugstmodne, bliver det i løbet af de efterfølgende perioder og derved bidrager til en større hugst. Således er reduktionen i det totale hugstudbytte i tredje periode kun 2 – 3%.



Figur 15. Rutediagram som viser beregninger i kapitel 7.

7. Beregning af de potentielle årlige ressourcer af træbrændsler

De potentielle årligt tilgængelige træbrændselsressourcer beregnes på baggrund af de potentielle årlige hugstmængder udledt i forrige afsnit, modellerne for beregning af den salgbare vedmasse ved en given aflægningsgrænse og modeller for den del af vedmassen, der er indeholdt i grene og kviste jf. kapitel 4.

De potentielle årshugster opdeles således i

gavntræ – de sortimenter, der undergår en større eller mindre grad af forarbejdning, og

træbrændsler i form af rundt brænde og træflis, der er kendetegnet ved lille dimension af råtræet, og som ikke undergår værdiforøgende videreforarbejdning.

7.1 Potentielle årlige træbrændselsressourcer

De årlige potentielle mængder af træbrændsler er beregnet for de tre scenarier beskrevet i afsnit 6.2, ved forskellige værdier for den kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen. De potentielle mængder af træbrændsler afhænger af det valgte scenarium samt af den kritiske udhugningsdiameter (figur 16).

I scenarium 1 er mængden ikke afhængig af aflægningsgrænsen, da der her aflægges flis af hele træer og aflægningsgrænsen derfor ikke øver nogen indflydelse på resultatet. For de øvrige scenarier afhænger mængden også af den valgte aflægningsgrænse.

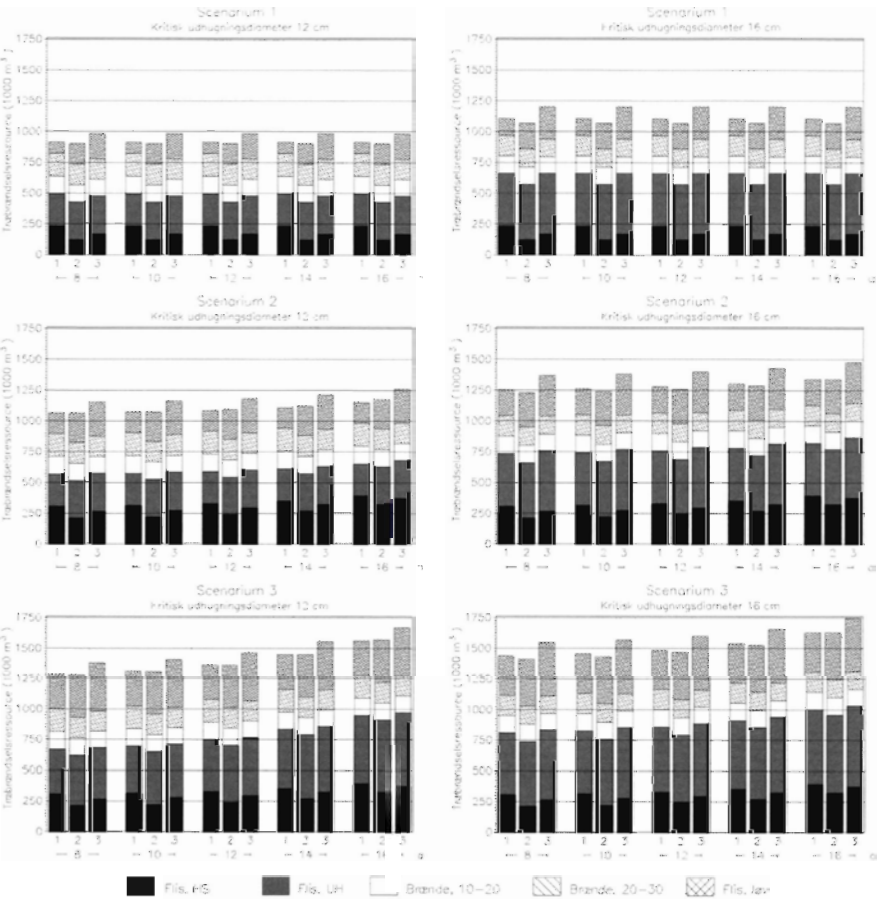
Hugst og energimængder

For scenarium 1 er yderpunkterne for den potentielle mængde af træbrændsler opgjort til 915.000–1.286.000 m^3/år i indeværende periode, afhængig af den kritiske udhugningsdiameter. Udtrykt i energimængder svarer dette til 7.576–10.524 TJ/år.

For scenarium 2 er yderpunkterne opgjort til 1.063.000–1.494.000 m^3/år eller 8.809–12.413 TJ/år.

For scenarium 3 er yderpunkterne opgjort til 1.287.000–1.714.000 m^3/år eller 10.665–14.157 TJ/år.

Bilag 4 viser de potentielle træbrændselsressourcer i m^3/år, og bilag 6 i energi (TJ). Som nævnt i det foregående (afsnit 6.3) er det ikke alle kombinationer af kritisk



Figur 16. Potentielle årlige træbrændselsressourcer fordelt på nåletræskovflis fra hovedskovninger og udhugninger (hhv. Flis, HS og Flis, UH), løvtræ brænde i aflægningsintervallerne 10–20 cm og 20–30 cm (hhv. Brænde, 10–20 og Brænde, 20–30) samt løvtræskovflis (Flis, løv). Opgørelsen er opdelt i de tre perioder 2000–2009, 2010–2019 og 2020–2029 samt en kritisk udhugningsdiameter på 12 og 16 cm. De tre perioder er i figuren nummereret 1, 2 og 3, og de potentielle hugstmængder er vist for aflægningsgrænser (a) fra 8 til 16 cm.

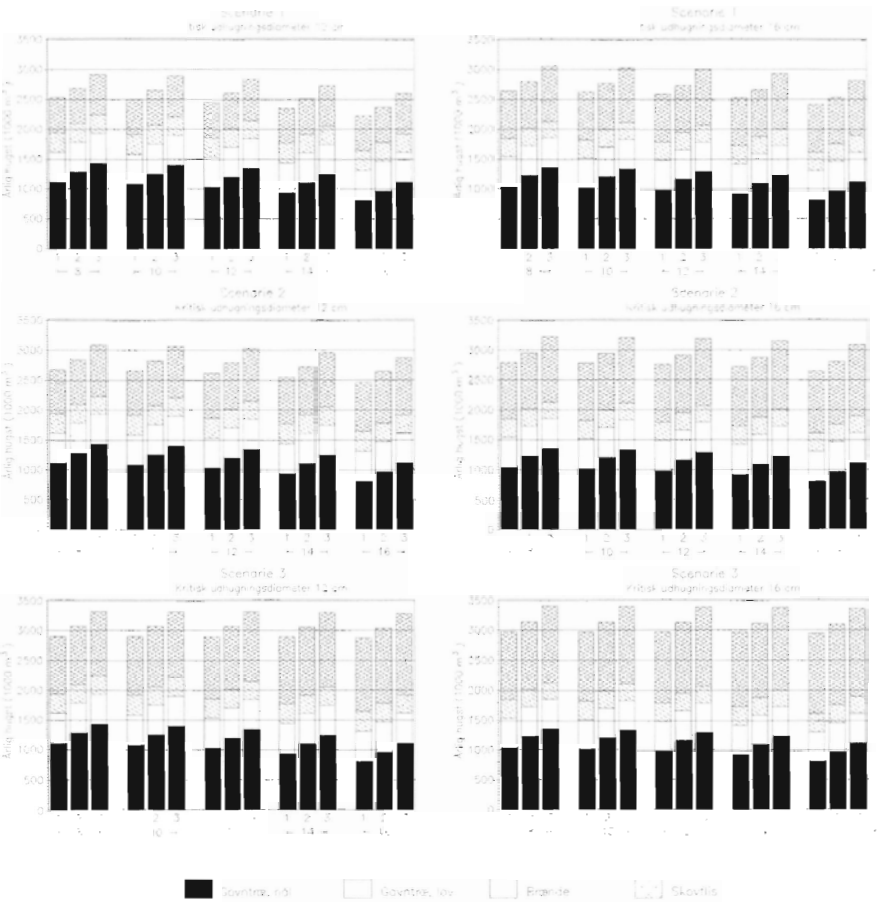
udhugningsdiameter og aflægningsgrænse, der er realistiske. Størrelsen af den kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen nu og i fremtiden diskuteres mere indgående i afsnit 8.1.
I forhold til scenarium 1 medfører scenarium 2 en forøgelse af den potentielle træbrændselsressource på 11–26%, mens scenarium 3 medfører en forøgelse på 23–71%, afhængig af den kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen.
I modsætning til den samlede hugstmængde falder de potentielle træbrændselsressourcer svagt i 2. periode i forhold til 1. periode. I 3. periode stiger den potentielle ressource til et niveau en anelse højere end niveauet i første periode. Det observerede fald er især et resultat af den omfattende konvertering af arealer med bjergfyr; det medfører, at bidraget fra hovedskovningen af bjergfyrarealer mindskes over tid.

Mængder af skovflis
De samlede ressourcer af skovflis er for scenarium 1 i indeværende periode opgjort til 585.000–999.000 m^3/år, afhængig af den kritiske udhugningsdiameter. For de to øvrige perioder er ressourcens størrelse opgjort til hhv. 590.000–988.000 m^3/år og 686.000–1.068.000 m^3/år, afhængig af den kritiske udhugningsdiameter og størrelsen af aflægningsgrænsen.
Ressourcen af skovflis påvirkes betydeligt af det valgte scenarium. Således er ressourcen af skovflis for scenarium 2 14–46% større end for scenarium 1. Og scenarium 3 medfører en forøgelse på 30–114% afhængig af den kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen.

Andel af gavntræ
Valget af kritisk udhugningsdiameter og aflægningsgrænse har betydning for fordelingen af vedmassen til gavntræ og træbrændsler (figur 17).
Ved en stigende aflægningsgrænse er mængden af gavntræ faldende, mens mængden af træbrændsler i scenarierne 2 og 3 stiger. Ligeledes medfører en forøgelse af den kritiske udhugningsdiameter en reduktion i mængden af gavntræ, selvom reduktionen er begrænset.
Det bemærkes, at mængden af gavntræ er uafhængig af det valgte scenarium, idet scenariet alene har betydning for intensiteten i udnyttelsen af træbrændsler ud over aflægningsgrænsen.

7.2 Regionale ressourcer

De regionale ressourcer af træbrændsler er opgjort amtsvis (bilag 5). Da skovflis og brænde i mange tilfælde transporteres over amtsgrænserne, skal denne inddeling ikke tages som udtryk for størrelsen af den tilgængelige ressource indenfor et givet amt, men alene som en praktisk inddeling af landet.
De potentielle mængder af træbrændsler er meget forskellige fra amt til amt. Dette er en naturlig følge af, at skovarealet er meget forskelligt amterne imellem, men skyldes også forskelle i sammensætningen af drifts- og aldersklasser mellem amterne.
Den potentielle ressource er størst i Århus (Årh), Ringkøbing (Rin), Ribe (Rib) og Nordjyllands (Nor) amter, mens den er mindst i København (Køb), Bornholm (Bor) og Roskilde (Ros) amter.
Det ses endvidere, at løvtræ udgør en forholdsvis stor del af den potentielle træbrændselsressource i Storstrøms amt

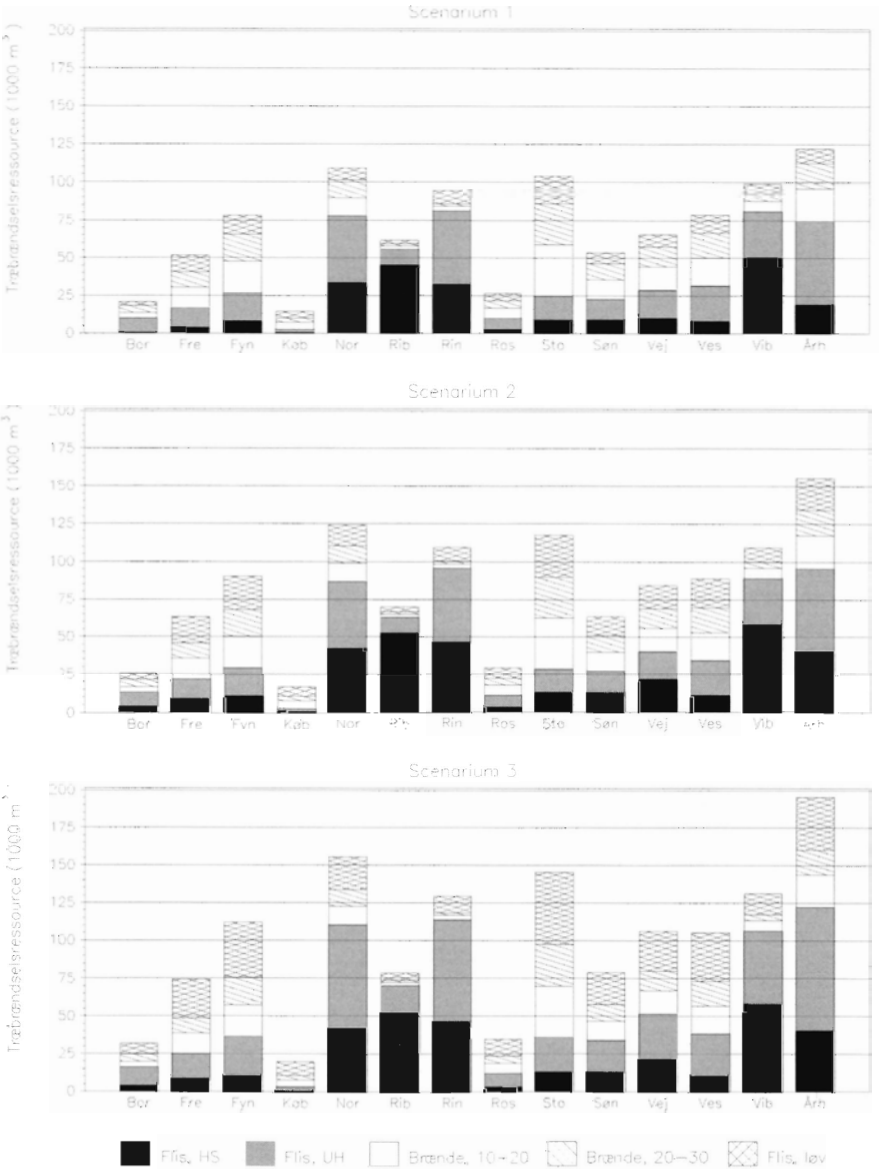


Figur 17. Fordelingen af hugstmængderne til gavntræ og træbrændsler.

(Sto), mens andelen af løvtræbrændsel er lille i Ringkøbing, Nordjylland og Ribe amter (figur 18).

De små afstande og den gode infrastruktur i Danmark gør, at træflis og brænde transporteres over store dele af landet. Transport over Storebælt medfører imidlertid en fordyring, der i praksis udgør en barriere for transporten af træbrændsler. Landet kan derfor opdeles i to regioner: øst for Storebælt og vest for Storebælt, selvom afstandene eksempelvis i Jylland også kan udgøre en barriere for transporten af flis.

Den samlede træbrændselsressource i indeværende periode for de to regioner



Figur 18. Den amtsvise potentielle træbrændselsressource i indeværende periode. I det viste eksempel er den kritiske udhugningsdiameter fastsat til 14 cm og aflægningsgrænsen til 12 cm.

Tabel 7. Den samlede træbrændselsressource i m³ fordelt på de to regioner: øst for Storebælt og vest for Storebælt. Ressourcen er beregnet for aflægningsgrænserne 10 og 14 cm samt for en kritisk udhugningsdiameter (KUD) på 12–18 cm for de tre scenarier.

Scenarium	*Aflægning, cm*	*10*				*14*			
	KUD, cm	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*
1	ØST	264932	295157	308313	342462	264932	295157	308313	342462
	VEST	649905	683098	798961	943289	649905	683098	798961	943289
2	ØST	309070	339295	352451	386600	314641	344866	358022	392171
	VEST	761727	794920	910784	1047130	793653	826847	942710	1070891
3	ØST	385685	405481	413901	439973	410855	422162	428610	449721
	VEST	928257	950738	1040128	1157475	1040301	1052060	1109862	1205024

er opgjort i tabel 7. Det ses, at den største del af træbrændslerne findes vest for Storebælt, hvilket skyldes det større skovareal og den højere andel af nåletræ.

7.3 Følsomhedsanalyse

I lighed med opgørelsen af de samlede hugstmængder er beregningen af ressourcer af træbrændsler følsom overfor ændringer i modellens forudsætninger. Der er i forbindelse med ressourceopgørelsen udført en følsomhedsanalyse i lighed med den, der er udført for den samlede hugstmængde.

7.3.1 Hugstbehanding

Hugstbehandlingen påvirker i særlig grad størrelsen af træbrændselsressourcen. Dette skyldes, at ændringer i tyndingsstyrken og tyndingstidspunktet medfører forskydninger mellem de forskellige sortimenter.

Gennemføres der eksempelvis en svag hugst, vil tyndingsudbytterne af heltræer til skovflis mindskes i den enkelte tynding, mens hovedskovningsudbytterne af tømmer eller løvtrækæver vil blive større. En sænkning af tyndingsstyrken betyder imidlertid også en lavere diametertilvækst, hvilket medfører, at bevoksningerne når den kritiske udhugningsdiameter på et senere tidspunkt.

Dette betyder, at der er en modsatrettet tendens til, at en større andel af tyndingsudbyttet udgøres af små træer, og at en mindre tyndingsstyrke derfor medfører et større udbytte af træbrændsler. Modsat vil tidlige og stærke indgreb i bevoksningerne lede til en forøgelse af hugsten af skovflis i den enkelte tynding, selvom træerne hurtigere vokser sig større end den kritiske udhugningsdiameter. Stærk tynding kan derfor samlet set lede til et lavere udbytte af træbrændsler.

Betydning af hugststyrke

Følsomhedsanalysen viser, at hugststyrken øver overordentlig stor indflydelse på størrelsen af træbrændselsressourcen. I forhold til standardmodellen medfører svag hugst (B-hugst) en reduktion i

mængden af træbrændsler på op til 7% i de tre perioder for scenarium 1 ved en kritisk udhugningsdiameter på 12 cm. Ved de øvrige kritiske udhugningsdiametre medfører den svage hugst en forøgelse af den samlede ressource på 7–38% som følge af en større andel af små træer.

Betragtes ændringen for driftsklassen RGR – idet det alene er for denne driftsklasse, at betydningen af en ændret tyndingsstyrke kan beregnes – medfører den svage hugst en forøgelse af den potentielle træbrændselsressource på op til 162%.

Ændring af tyndingsstyrken til middelstærk (C-hugst) og stærk hugst (D-hugst) medfører i lighed med det foregående også ændringer i den samlede mængde træbrændsler. Ændringerne er dog mindre betydende for den stærke hugst, idet hugststyrken her minder mere om den hugststyrke, som tilvækstberegningerne i ressourceopgørelsen bygger på.

For de øvrige scenarier påvirker hugststyrken også mængderne. Således resulterer den svage hugst i en ændring af den samlede ressource på mellem -5 og +32% for scenarium 2 og mellem -3 og +28% for scenarium 3.

Betragtes alene hugststyrkens betydning for den potentielle træbrændselsressource fra driftsklassen RGR, så medførte den svage hugst en forøgelse af ressourcen på op til 118%. Mængderne ændres i mindre grad for C- og D-hugsten, idet hugststyrken her minder mere om den hugststyrke, som tilvækstberegningerne bygger på.

7.3.2 Afdriftsmodellerne

Afdriftsmodellerne øver særligt indflydelse på mængden af træbrændsler ved deres indflydelse på mængden af hugstaffald efter hovedskovning. Således vil tidligere hovedskovning betyde en større mængde brænde samt flis af hugstaffald for scenarium 2 og 3.

Afdriftsmodellerne øver endvidere en mindre indflydelse på mængden af heltræflis i de senere perioder, idet en øget hovedskovning i den første periode vil medføre et større antal unge bevoksninger i de efterfølgende perioder. Da ændringer i afdriftsmodellerne i hovedsagen afspejles i mængden af træbrændsler fra hovedskovning, må det forventes, at afdriftsmodellerne øver særligt indflydelse på træbrændselsressourcen for scenarierne 2 og 3, hvor hugstaffaldet efter hovedskovning udnyttes.

En forkortelse af omdriftsalderen, som beskrevet i afsnit 6.4, medfører en forøgelse af træbrændselsressourcen på 0–3% for scenarium 1 i de tre perioder, mens det betyder en forøgelse af den samlede ressource på 2–7% for scenarierne 2 og 3.

Modsat betød en forøgelse af omdriftsalderen en reduktion i den samlede træbrændselsressource på 0–4% for scenarium 1, mens reduktionen var på 3–8% for de to andre scenarier. Følsomhedsanalysen viste endvidere, at en forkortelse af omdriftsalderen har større betydning for ressourcen ved en større aflægningsgrænse, samt at effekten er størst i den første periode.

7.3.3 Størrelsen af den ikke udnyttede vedmasse

Ved beregningen af træbrændselsressourcen er mængden af skovflis fra hugstaffald efter renafdrifter og senere tyndinger reduceret for grene og topender med hhv. 50 og 25%, idet det forventes, at ikke alt hugstaffald fra hovedskovninger kan udnyttes. Da denne reduktion

Tabel 8. Den samlede træbrændselsressource, 1000 m³, ved fastsættelse af den ikke udnyttede vedmasse til 0 for grene og topender.

Scenarium	Aflægning, cm	Periode 1				Periode 2				Periode 3			
		Kritisk udhugningsdiameter, cm											
		12	14	16	18	12	14	16	18	12	14	16	18
2	8	1158	1221	1351	1517	1171	1236	1338	1520	1272	1352	1489	1607
	10	1169	1232	1361	1525	1185	1250	1352	1532	1286	1366	1502	1619
	12	1187	1251	1380	1540	1209	1274	1375	1550	1309	1389	1526	1640
	14	1219	1282	1411	1564	1249	1314	1416	1582	1348	1428	1565	1674
	16	1274	1337	1466	1605	1321	1386	1488	1634	1414	1495	1631	1731
3	8	1518	1553	1637	1763	1527	1563	1627	1771	1638	1681	1769	1857
	10	1553	1584	1660	1780	1565	1596	1654	1790	1677	1714	1794	1878
	12	1621	1640	1701	1808	1635	1655	1701	1823	1749	1774	1838	1913
	14	1736	1741	1773	1856	1752	1757	1782	1878	1869	1877	1911	1971
	16	1886	1891	1894	1936	1913	1918	1920	1969	2023	2031	2034	2065

imidlertid alene bygger på et skøn, er der udført en følsomhedsanalyse, hvor størrelsen af den ikke udnyttede vedmasse for grene og topender er sat til 0%. Analysen viste, at ændringen af den ikke udnyttede vedmasse for grene og topender medførte en betydelig forøgelse af den samlede mængde af træbrændsler (tabel 8). For scenarium 2 var den samlede forøgelse således på 7–14% i forhold til standardmodellen, mens forøgelsen var på 12–23% for scenarium 3 afhængig af den kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen.

7.3.4 Sammenfatning af følsomhedsanalysen

Samlet set viser følsomhedsanalysen, at tyndingsstyrken kan have en betydelig indflydelse på størrelsen af den potentielle træbrændselsressource. På trods af at det alene er muligt at lave beregninger for driftsklassen RGR, medførte en ændret hugstbehandling af den vigtigste træart betydelige ændringer i den samlede ressource.

Hvorvidt ændringer i hugstbehandlingen for de øvrige arter leder til lignende ændringer i træbrændselsressourcen er uvist, men resultatet viser tydeligt betydningen af at fastsætte en dyrkningsmodel, der ligner praksis. Endvidere viser følsomhedsanalysen den betydning ændringer i praksis kan få for den potentielle ressource af træbrændsler.

Følsomhedsanalysen viste for de fleste kombinationer af kritisk udhugningsdiameter og aflægningsgrænse, at en svagere hugst alt andet lige vil give et større udbytte af træbrændsler. Da det næppe er sandsynligt, at tyndingsstyrken øges i fremtiden, er resultaterne sandsynligvis

et konservativt skøn for den potentielle ressource.
Det bemærkes endvidere, at dyrkningsmodellen for den mest betydende træart (rødgran) bygger på en undersøgelse af den faktisk førte hugstbehandling. Resultatet må derfor antages i højere grad at afspejle de faktiske ressourcer, end de hidtidige undersøgelser.
Træbrændselsressourcen er mindre følsom overfor ændringer i tidspunktet for hovedskovningen samt ændringer i den ikke udnyttede vedmasse af topender og grene. På dette punkt var der dog afvigelser fra standardmodellen på op til 20% af det samlede resultat.

8. Diskussion

8.1 De potentielle hugstmængder og træbrændselsressourcer

I en snæver økonomisk tankegang vil skovejerne søge at maksimere overskuddet ved den enkelte skovningsoperation. Det sker ved at aflægge hugsten i det sortimentsmix, der giver det største dækningsbidrag under hensyntagen til administrative, driftstekniske, afsætningsmæssige og biologiske forhold.
Hugstens fordeling til de enkelte sortimenter er bestemt af kravene til dimension og kvalitet for det enkelte sortiment, prisen på råtræ og dens variation mellem de forskellige sortimenter, omkostningerne ved oparbejdning af det enkelte sortiment, samt dækningsbidraget ved den enkelte skovningsoperation. Derfor vil ændringer i prisen på de dårligst betalte gavntræsortimenter (cellulosetræ, spånpladetræ, emballagetræ mv.) afspejles i udbuddet af skovflis.
Gunstige afsætningsforhold for industritræet vil drive såvel den kritiske udhugningsdiameter som aflægningsgrænsen ned, og det vil reducere mængden af skovflis. Modsat vil stigende priser på skovflis som følge af en øget efterspørgsel øge den kritiske udhugningsdiameter og i visse situationer tillige aflægningsgrænsen og derved medføre en forøgelse af den potentielle træbrændselsressource.

Aflægningsgrænser i praksis
For *løvtræ* har gavntræet gennem en lang periode været aflagt af vedmassen over 20 cm bortset fra en ubetydelig hugst af cellulostræ. Træbrændselsressourcen i løvtræ har således traditionelt været aflagt af vedmassen i intervallet 0–20 cm.
I tætbefolkede områder, hvor efterspørgslen efter brænde er endnu større, aflægges i mange tilfælde alene savværkskævler, mens der aflægges brænde af resten. I disse tilfælde kan aflægningsgrænsen for gavntræet være over 30 cm.
For *nåletræ* aflægges tømmer overvejende af vedmassen over 15 cm, selvom tømmer kan aflægges ned til en aflægningsgrænse på 10–12 cm 4).
For de øvrige gavntræsortimenter varierer aflægningsgrænsen betydeligt. Således kan cellulose- og spånpladetræ aflægges ned til en grænse på 7 cm, selvom disse industritræ sortimenter i praksis aflægges i intervallet 10–20 cm. På denne baggrund aflægges træbrændsler i praksis af vedmassen mellem 0 og 10 cm. I mange tilfælde aflægges træbrændslet i nåletræ dog af væsentligt større dimensioner. Dette sker eksempelvis hvis man skover bevoksninger, der er hårdt angrebet af råd og/eller skrælleskader, eller

4) Et enkelt af styregruppens medlemmer gav udtryk for at tømmersortimenterne også i betydelig grad aflægges af vedmassen under 15 cm.

hvis høje omkostninger til oparbejdning af gavntræ betyder, at dækningsbidraget ved skovning af flis bliver større. Således er aflægningsgrænsen for gavntræ i praksis formentlig 10–12 cm og måske endnu højere.
Den gennemsnitlige kritiske udhugningsdiameter vurderes for nåletræ at ligge omkring 14–16 cm, der udgør grænsen for, hvornår der kan produceres betydende mængder korttømmer ved gennemhugning af bevoksningerne.

Potentiel hugst ved hidtidig praksis
Den hidtidige intensitet i udnyttelsen af træbrændselsressourcen ligner i vid udstrækning Scenarium 1. I dette scenarie stammer den største del af den samlede ressource af skovflis fra tidlige tyndinger i nåle- og løvtræbevoksninger samt fra afviklingen af arealer med bjergfyr.
Antages det således, at den hidtidige praksis fastholdes også i fremtiden, vurderes den samlede potentielle hugst i *indeværende periode* at være af størrelsesordenen 2,5–2,6 mio. m^3/år. Dette gælder under forudsætning af at den kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen er som gennemgået ovenfor.
Den samlede potentielle ressource af træbrændsler er 980.000–1.110.000 m^3/år.
Den samlede ressource af træflis er 655.000–798.000 m^3/år.
Under forudsætning af uændret praksis stiger de potentielle hugstmængder i de *efterfølgende to ti-års perioder* til 2,7–2,8 mio. og 2,9–3,0 mio. m^3/år.
Den samlede brændselsressource i de to perioder er 966.000–1.067.000 og 1.066.000–1.202.000 m^3/år.
Den samlede ressource af skovflis er 663.000–774.000 m^3/år og 774.000–922.000 m^3/år.
Det er i opgørelsen forudsat, at der hugges løvtræflis under den kritiske udhugningsdiameter, som er enslydende for løv- og nåletræ. Dette er formentlig ikke tilfældet p.t., fordi brænde er bedre betalt end skovflis, og det kan føre til en mindre overestimering af ressourcen af skovflis.
Modsat vil den reelle kritiske udhugningsdiameter formentlig være en anelse højere i dag, fordi der ofte hugges heltræflis af større træer i driftsklasserne ÆGR og ANÅ, ligesom bevoksninger angrebet af råd og/eller skrællet af kronvildt i mange tilfælde hugges til flis, selvom de har opnået en størrelse, hvor der normalt ville blive aflagt tømmer.
Det er endvidere antaget, at hele løvtræressourcen mellem 20 og 30 cm aflægges som brænde. Da der p.t. kan aflægges træ til parketgulve ned til en diameter på 22 cm, vil en del af denne mængde formentlig aflægges som gavntræ. Modsat vil der også mange steder blive aflagt brænde af vedmassen over 30 cm, fordi nettoprisen på brændet overstiger nettoprisen for de billigste gavntræsortimenter.

Potentiel hugst ved stigende efterspørgsel
Som følge af stigende efterspørgsel efter træbrændsler er der en stigende interesse for at udnytte yderligere dele af den potentielle træbrændselsressource. Det vurderes derfor, at den fremtidige intensitet i udnyttelsen af træbrændsler vil stige.
Den mest rentable måde at udvide den hidtidige produktion af træbrændsler synes – i lighed med praksis i vore nabolande – at være at udnytte hugstaffaldet fra hovedskovninger, subsidiært at udnytte hugstaffald fra senere tyndinger. Det vurderes således, at den fremtidige intensitet i udnyttelsen af træ-

brændslerne vil afspejle Scenarium 2.
Da en forøgelse af den kritiske udhugningsdiameter vil betyde en reduktion i udbyttet af de bedre betalte sortimenter, forventes denne ikke at ændres. I modsætning hertil forventes den realiserede aflægningsgrænse at blive forøget i begrænset omfang, idet det i visse tilfælde vil kunne betale sig for skovejeren at undlade aflægning af cellulosetræ o.lign. og alene aflægge flis af topenden i stedet for at operere med flere sortimenter.
Under disse forudsætninger er de samlede potentielle hugstmængder i indeværende periode beregnet til 2,7–2,8 mio. m³/år.
Den samlede potentielle ressource af træbrændsler er 1.148.000–1.277.000 m³/år.
Ressourcen af skovflis er 826.000–968.000 m³/år.
I de efterfølgende to ti-års perioder stiger de samlede hugstmængder til 2,8–2,9 mio. m³/år og 3,1–3,2 mio. m³/år.
Den samlede træbrændselsressource bliver i 2. og 3. periode 1.155.000–1.257.000 m³/år og 1.262.000–1.398.000 m³/år.
Ressourcen af skovflis bliver i de to perioder på 852.000–964.000 m³/år og 971.000–1.119.000 m³/år.

8.2 De potentielle hugstmængder, træbrændselsressourcer og forbruget

I forbindelse med den seneste skovtælling (Danmarks Statistik et al., 2002) blev den årlige tilvækst i de danske skove beregnet til 4,9 mio. m³.
Forskellen mellem denne tilvækst og prognosens (meget lavere) beregnede værdier for de potentielle hugstmængder skyldes grundlæggende, at der over en kortere observationsperiode ofte vil være forskel mellem tilvækst og hugst. Således synes aldersklassefordelingen for nogle træarter at medføre, at der finder en betydelig vedmasseopsparing sted (Johannsen et al., 2002b). Dette ses også af det stigende hugstpotentiale i prognosens tre ti-års perioder.
Sammenholdes de potentielle hugstmængder med hugstopgørelsen fra Danmarks Statistik (2002) (tabel 9), ses det, at de potentielle mængder ligger noget over den nuværende hugst. Forskellen er forventelig, idet den viser forskellen

Tabel 9. Årlig hugst i Danmark fordelt på sortimenter i perioden 1992–2001, 100 m³ (tal fra Danmarks Statistik).

Årstal		*1992*	*1993*	*1994*	*1995*	*1996*	*1997*	*1998*	*1999*	*2000*	*2001*	*Gennemsnit*
Løvtræ	Gavntræ	4392	4092	4117	4157	3702	3552	3251	3211	3840	2275	3659
	Brænde	2654	2823	2808	2835	3002	2862	2556	2470	2460	2653	2712
	Skovflis	85	60	68	70	110	72	112	94	102	134	91
Nåletræ	Gavntræ	9910	8273	8848	9495	8787	8370	8384	8376	25885	8798	10513
	Brænde	986	1252	1131	1155	1244	1331	1071	1109	1745	1600	1262
	Skovflis	1128	1278	1552	1546	1918	1988	1730	1891	2684	2470	1819
I alt		19155	17778	18524	19258	18763	18175	17104	17151	36716	17930	20055

mellem de potentielle ressourcer, der opgøres i prognosen og de realiserede mængder, der opgøres af Danmarks Statistik.

Hvor stor forskellen er mellem de potentielle og de realiserede mængder, afhænger af hvilket scenarium, der giver det bedste billede af den nuværende forstlige praksis.

Hvis det antages, at den nuværende praksis i hovedsagen omfatter hugst af heltræflis ved tidlige tyndinger i nåletræbevokninger, samt fra afviklingen af arealerne med bjergfyr som beskrevet i afsnit 6.2, så svarer intensiteten i udnyttelsen af træbrændselsressourcen til scenarium 1. Den gennemsnitlige kritiske udhugningsdiameter ligger formentlig mellem 14 og 16 cm, og den realiserede aflægningsgrænse mellem 10 og 12 cm. Under disse forudsætninger er den potentielle hugst i indeværende periode i størrelsesordenen 2,5–2,6 mio. m^3. Således synes der at være et spænd på ca. 600.000 m^3 mellem prognosen og de realiserede hugstmængder (sammenligningen er foretaget med udgangspunkt i gennemsnittet for de sidste 10 års hugst opgjort af Danmarks Statistik).

Ved tolkningen af resultatet er det imidlertid vigtigt at gøre sig følgende forhold klart:

– Der har gennem en årrække ikke været tilstrækkelig afsætning til at realisere hugstpotentialet for såvel gavntræ som flis (hugsten i slutningen af 80'erne og starten af 90'erne, hvor priserne var bedre, var på over 2 mio. m^3).

– Da der er tale om den *potentielle* ressource, tager beregningen ikke hensyn til, at særligt de mange små skovejere i mange tilfælde undlader at skove bevoksningerne. Det skyldes at omkostningen ved skovningen bliver for stor i forhold til den vedmasse, der kan hentes ud af de små bevoksninger.

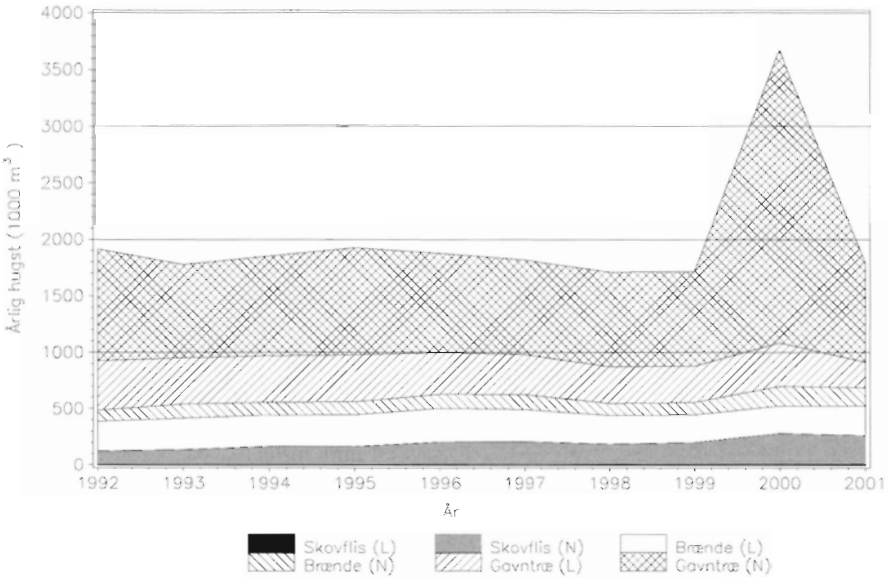
– Hugsten opgjort af Danmarks Statistik omfatter alene den del af hugsten, der bliver oplyst af skovejerne og derfor ofte alene den del, der bliver markedsført. Særligt for hugsten af brænde gælder, at en stor del anvendes i egne brændeovne og derfor ikke figurerer i statistikken.

– Prognosens beregning af den potentielle hugst af gavntræ (cirka 1,6 mio. m^3/år) adskiller sig ikke påfaldende meget fra gennemsnittet af det seneste ti-års hugst ifølge Danmarks statistik (1,4 mio. m^3/år).

Ovennævnte forhold betyder, at den realiserede ressource er noget større, end det fremgår af hugsttallene fra Danmarks Statistik, særligt hvis markedet for nåletræ forbedres i forhold til det nuværende. Endvidere betyder disse forhold, at forskellen mellem den faktisk realiserede hugst og de potentielle mængder beregnet i prognosen formentlig er mindre, end tallene umiddelbart antyder. Det er dog svært at sætte tal på størrelsen af afvigelsen mellem de to.

Hugsten af træbrændsler i de danske skove har været stigende gennem det sidste årti (figur 19). Den årlige hugst af skovflis var således godt 259.700 m^3 i 2001, mens hugsten af brænde var 425.900 m^3. Ifølge opgørelsen og prognosen er det samlede potentiale for produktionen af skovflis i alle tre scenarier betydeligt større end denne mængde.

Modsat overstiger den hidtidige produktion af brænde den opgjorte potentielle hugst med cirka 75.000 m^3/år. Dette skal ses i lyset af, at modellen forudsætter, at løvtræet i lighed med nåletræet



Figur 19. Den årlige danske hugst og dens fordeling til sortimenter i perioden 1990–1999 for hhv. løvtræarterne (L) og nåletræarterne (N).

udnyttes til heltræflis under den kritiske udhugningsdiameter. Dette afviger fra den hidtidige praksis, idet hovedparten af denne ressource er blevet til brænde.
En beregning af brændemængdens størrelse, såfremt der også hugges brænde i bevoksninger under den kritiske udhugningsdiameter viser, at den potentielle mængde overstiger den nuværende produktion, om end beregningen tyder på, at den potentielle ressource er så godt som udnyttet.
Sammenfattende viser opgørelsen og prognosen en god overensstemmelse mellem de potentielle hugstmængder og den faktisk realiserede hugst opgjort af Danmarks Statistik. Endvidere viser modellen god overensstemmelse mellem de potentielle og realiserede gavntræressourcer samt mellem de potentielle og realiserede brændemængder.
Slutteligt viser en sammenligning, at den potentielle ressource af skovflis overstiger de hidtidigt realiserede mængder med en betydelig manko, såfremt praksis følger prognosens scenarium 2 eller 3.

8.3 Forholdet til den tidligere opgørelse og prognose

Fremgangsmåden ved beregningerne i denne rapport er i mange tilfælde identiske med den tidligere opgørelse og prognose (Lind, 1994). Der er imidlertid en række forskelle i måden, hvorpå resultaterne er præsenteret.
I den tidligere opgørelse og prognose opererer Lind (1994) med to scenarier for den fremtidige potentielle træbrændselsressource – Scenarium

Tabel 10. Procentisk udnyttelse af forskellige vedmasse segmenter ved hovedskovning og udhugning for de to scenarier 1 og 2 (efter Lind, 1994).

Nåletræ, pct. Udnyttelse	*Scenarium 1* (*Stor træbrændselsressource*)	*Scenarium 2* (*Forventelig træbrændselsressource*)
Hovedskovning, vedmasse 0–10 cm	50	50
Hovedskovning, vedmasse 10–15 cm	50	0
Hovedskovning, grenmasse	50	50
Hovedskovning, Bjergfyr m.v.	100	100
Kritisk udhugningdiameter, D_X	16 cm	12 cm
Tidlig udhugning, vedmasse over 0 cm ($D_{UH}<D_X$)	70/90*	70/90*
Tidlig udhugning, grenmasse ($D_{UH}<D_X$)	70/90*	70/90*
Senere udhugning, vedmasse 0–10 cm ($D_{UH}\geq D_X$)	80	10
Senere udhugning, vedmasse 10–15 cm ($D_{UH}\geq D_X$)	80	10
Senere udhugning, grenmasse ($D_{UH}\geq D_X$)	80	10

1 (*Stor træbrændselsressource*) og Scenarium 2 (*Forventelig træbrændselsressource*).

I de to scenarier varieres andelen af træ, der udnyttes fra forskellige segmenter af vedmassen (tabel 10). Således tager Lind (1994) ikke stilling til aflægningsgrænsens betydning for størrelsen af den potentielle træbrændselsressource, idet aflægningsgrænsen indeholdes i den procentiske udnyttelse af det enkelte segment. Ligeledes tager Lind (1994) ikke stilling til forskellige former for udnyttelse, men betragter alene resultatet af en stigende udnyttelsesintensitet på udnyttelsesprocenten for de forskellige segmenter.

Forskellene mellem de to opgørelser gør en sammenligning af resultaterne vanskelig. Der kan dog drages enkelte konklusioner. I lighed med den tidligere opgørelse (Lind, 1994) viser denne rapport, at der er en betydelig uudnyttet ressource af træ, som kan anvendes til afbrænding.

I indeværende periode (2000–2009) finder Lind (1994) således, at der er en potentiel ressource på 813.000–1.220.000 m³/år afhængig af det valgte scenarium. Således er den beregnede ressource ifølge Lind (1994) 260.000 – 667.000 m³/år større end det daværende forbrug.

Lind (1994) finder endvidere i lighed med den nærværende undersøgelse, at ressourcen er stigende over tid. Således opgøres den potentielt til 879.000–1.251.000 m³/år i perioden 2010–2019.

Resultaterne fra Lind (1994) svarer omtrentligt til de opgjorte mængder i indeværende periode i Scenarium 2 i den nærværende opgørelse og prognose. Således svarer resultaterne fra Lind (1994) til en middel-intensiv udnyttelse af de potentielle træbrændselsressourcer.

8.4 Metodevalg

8.4.1 Problemer ved den anvendte metode

Metoden i denne opgørelse er på nær en række mindre ændringer identisk med den tidligere opgørelse og prognose fra 1994 (Lind, 1994). Imidlertid viser erfaringerne fra denne og andre hugstprog-

noser, at metoder, der søger at bestemme hugstens størrelse ud fra skovarealets størrelse og modeller for tilvæksten, kan lede til for høje skøn (Bergstedt og Meilby, 1998).
Forskellen mellem prognoserne og de faktisk realiserede hugstmængder kan i nogen udstrækning forklares udfra usikkerheden i opgørelsen af hugstmængderne fra Danmarks Statistik, som beskrevet i afnist 8.2. Forskellene kan dog også i nogen udstrækning skyldes forhold, der vedrører beregningerne og beregningsgrundlaget.

Bevoksningstilstand og hugstbehandling
Som beskrevet i det foregående har hugstbehandlingen betydning for hugstmængden samt for fremskrivningen af skovarealet. Dette kan være et problem i forhold til ressourceopgørelsen. Eksempelvis finder Meilby og Bergstedt (1998), at den nuværende hugstbehandling af rødgran afviger betydeligt fra tilvækstoversigten (Møller, 1933), og at der næppe i dag er nogen, som anvender en hugstpraksis, der ligner tilvækstoversigtens.
Netop for rødgran, som er den største bidragyder til træbrændselsressourcerne, hviler den foreliggende prognose dog på et veldokumenteret grundlag. Imidlertid er udgangssituationen mindre godt belyst for de øvrige træarter, ligesom det for de fleste arter ikke er muligt at ændre hugstbehandlingen i modellen, i det omfang grundlaget for beregningerne er de normale produktionsoversigter. Dette er dog alene et problem i det omfang den faktiske hugstbehandling afviger betydeligt fra hugstbehandlingen, der ligger til grund for den anvendte produktionsoversigt.
Dansk skovbrug er i disse år inde i en omstillingsproces mod mere naturnære driftsformer. Denne omstilling medfører en større andel af løvtræer og uensaldrende blandingsbevoksninger, der muligvis vil kunne påvirke ressourcerne af især skovflis. Det er dog indtrykket at disse ændringer foregår relativt langsomt og derfor ikke vil få større betydning for de potentielle træbrændselsressourcer i prognoseperioden.

Bonitet
Produktiviteten af skovarealet er i Skovtællingen (Danmarks Statistik et al., 2002) opgjort på amter, driftsklasser og aldersklasser. Imidlertid fremfører Bergstedt og Meilby (1998), at det er tvivlsomt i hvilket omfang, der kan fæstes lid til skovejerens opgivelse af boniteter. De mener, at boniteten formentlig ofte opgives som et skøn og ikke på grundlag af egentlige målinger, og hvis der endelig ligger målinger til grund for den opgivne bonitet, er denne som regel bestemt på grundlag af få træers højde.
I øvrigt er det et generelt problem at ved fastsættelsen af højdeboniteten, at sammenhængen mellem højden og vedmasseproduktionen varierer betydeligt mellem lokaliteter, uagtet at de har samme højdebonitet.
Der er imidlertid ingen tvivl om, at bonitetsopgivelserne for størstedelen af det danske skovareal hviler på oplysninger fra skovplanlægningen, det vil sige på reelle målinger. Det forekommer derfor rimeligt at fæste lid til disse.
Det kan dog være et problem at målingen af højdeboniteten ofte foretages inde i midten af bevoksningerne. Da en betydelig del af det danske skovareal udgøres af indre og ydre randzoner i bevoksningerne, der har en ringere produktivitet end resten af bevoksningen,

kan dette medføre en overestimering af den samlede produktivitet.

Omdriftsalder

Ved beregningen af hovedskovningsvedmasserne samt ved fremskrivningen af skovarealet er det en forudsætning, at den gennemsnitlige omdriftsalder er kendt for forskellige egne af landet. Der findes imidlertid ikke en egentlig opgørelse af omdriftsalderens størrelse for danske skovbevoksninger, selvom omdriftstidspunktet kan beregnes som vist i afsnit 3.1.

Bergstedt og Meilby (1998) fremfører imidlertid, at omdriftsalderen alene vedrører den *hidtidige* behandling, og at det ikke er muligt at forudsige, hvordan afdriftstidspunktet vil ændre sig i fremtiden. Endvidere er det vigtigt at gøre sig klart, at omdriftsalderen pludseligt kan ændre sig betydeligt i forbindelse med omfattende stormfald, som det der ramte Danmark i 1999, og herved grundlæggende ændre forudsætningerne for beregningerne.

Salgbar vedmasse

I ressourceopgørelsen er den salgbare vedmasse reduceret med andelen af ikke udnyttet vedmasse (afsnit 6.1.5). Den ikke udnyttede vedmasse omfatter glemte effekter i skoven, svært skadet træ i form af rodtriller angrebet af rodfordærver eller andre svampe, stammer med omfattende skader efter skrælning af kronvildt eller døde og tørre træer efter angreb af skadelige insekter mv.

Imidlertid er det vanskeligt at fastsætte den ikke udnyttede vedmasse objektivt, særligt fordi den varierer betydeligt fra den ene bevoksning til den næste. Bergstedt og Meilby (1998) fremfører endvidere, at den ikke udnyttede vedmasse kan variere med afsætningsforholdene over tid samt med udbredelsen af eksempelvis rodfordærver.

For opgørelsen af de potentielle træbrændselsressourcer har andelen af stærkt skadet træ særlig stor betydning, idet denne ressource i mange tilfælde anvendes til hugst af skovflis eller brænde. Bevoksninger som er stærkt angrebne af rodfordærver vil eksempelvis i mange tilfælde blive hugget til heltræflis på trods af, at bevoksningen ellers har opnået en størrelse, hvor træet kunne anvendes til tømmer mv..

Det er imidlertid overordentlig svært at fastslå, hvad stærkt skadede bevoksninger betyder for størrelsen af træbrændselsressourcen, da der ikke foreligger undersøgelser af omfanget af skadede bevoksninger, eller af i hvilken grad den skadede træ udnyttes som træbrændsel.

Der skal således blot her erindres om, at en betydelig del af træbrændselsressourcen ikke er medtaget i denne opgørelse, nemlig den del af vedmassen, der pga. af skader ikke markedsføres som tømmer, men hugges til flis eller brænde på trods af, at træerne har opnået en størrelse, hvor de kunne sælges som tømmer.

De små skove

De små skove under 50 ha udgør cirka 30 procent af det samlede skovareal og adskiller sig fra de større skove, idet de ikke udgør hele ejerens levebrød og derfor dyrkes anderledes end de større skove. På baggrund af Landbrugsstatistikken (Danmarks Statistik, 2002) vides det, at den markedsførte hugst fra de små skovejendomme er væsentlig mindre end fra de store. (I 2001 var den gennemsnitlige hugst fra skove <50 ha 1,77 m^3/ha, mens den gennemsnitlige hugst fra skove over 250 ha var 4,94 m^3/ha).

Dette kan dels skyldes en lavere tilvækst i overensstemmelse med det tidligere nævnte omkring randvirkninger, eller det er en følge af en mindre aktiv pleje af skovbevoksningerne.
Det er også muligt, at en del af årsagen er, at en større andel af træ fra de små ejendomme anvendes af ejeren selv. Skovningsomkostningerne er ofte uforholdsmæssigt store i de små skove, således at en del af de potentielle hugstmasser ikke markedsføres.
Forskellene på de små og store skovejendomme har samlet set betydning for såvel den reelle træressource som for fordelingen af ressourcen til sortimenter. Da der i ressourceopgørelsen ikke er differentieret mellem skovejendommene mht. deres størrelse, synes det klart, at der optræder en usikkerhed pga. af forskellene i behandlingsmønster.

8.4.2 Det pragmatiske alternativ

På baggrund af den usikkerhed, der er knyttet til prognoser af denne type, fremfører Bergstedt og Meilby (1998), at en simpel fremskrivning af Danmarks Statistiks opgørelse af den samlede hugst kan udgøre et fornuftigt alternativ til de mere komplicerede beregninger. En sådan fremskrivning, på baggrund af modeller udviklet af Meilby (1996), synes at give en fornuftig beskrivelse af hugstmængderne i en overskuelig fremtid, selvom modellen ikke er i stand til at tage højde for de årlige udsving i det samlede hugstudbytte.
I denne rapport er det alligevel valgt at benytte en anden tilgang til problemstillingerne, fordi den pragmatiske metode kun har gyldighed i det omfang priserne – og derved den hidtidige hugst- og aflægningspraksis – bibeholdes. Den store interesse for biomasse fra skovene som en vedvarende energikilde ændrer imidlertid netop nu forudsætningerne for produktionen af træbrændsler. Som det ses i afsnit 8.2, har produktionen af træ til energiformål været stigende gennem det sidste årti – en stigning, som den pragmatiske metode ikke vil kunne tage hensyn til.

8.4.3 Fremtidige opgørelser af de danske skovressourcer

I skrivende stund gennemfører *Skov & Landskab (FSL)* en ny skovstatistik baseret på et stort antal stikprøvemålinger over hele Danmark (Johannsen, et al., 2002a).
Den ny skovstatistik indeholder egentlige målinger af skovtilstanden i det enkelte stikprøvepunkt og giver derfor et bedre grundlag for at beskrive udgangspunktet for senere prognoser samt for at fastsætte hugstbehandlingen, omdriftsalderen og produktiviteten for de danske skove. Således vil den ny skovstatistik give et endnu bedre udgangspunkt for en ny beregning af skovressourcernes størrelse. Den nye skovstatistik foreligger dog tidligst i 2007.

9. Konklusion

Hugstmængder
Den årlige potentielle hugst i indeværende periode er beregnet til 2,2–3,0 mio. m^3 afhængigt af det valgte scenarium, den kritiske udhugningsdiameter og aflægningsgrænsen.
Den samlede potentielle hugstmængde af gavntræ og energitræ er stigende i de tre tiårs perioder (2000–2009, 2010–2019 og 2020–2029). I 3. periode er den således steget til 2,6–3,4 mio. m^3, hovedsageligt som følge af en stigende hugst af nåletræ.
Den potentielle hugstmængde falder ved stigende aflægningsgrænse som en naturlig følge af, at en mindre del af træet bliver udnyttet. Derimod er den samlede potentielle hugstmængde sti-

gende med stigende kritisk udhugningsdiameter.

Træbrændselsressourcer
Betragtes yderpunkterne for de beregnede ressourcer af træbrændsler er den samlede mængde i indeværende periode for scenarium 1 opgjort til 915.000–1.286.000 m³/år, afhængig af den kritiske udhugningsdiameter, mens den samlede ressource for scenarium 2 og 3 er hhv. 1.063.000–1.494.000 og 1.287.000–1.714.000 m³/år. (Scenarierne er beskrevet i afsnit 6.2, red.).
I modsætning til den samlede hugstmængde falder den potentielle træbrændselsressource svagt i 2. periode i forhold til 1. periode. I 3. periode stiger ressourcen til en anelse over mængden i 1. periode.
Den samlede ressource af skovflis er i indeværende periode for scenarium 1 opgjort til 585.000–999.000 m³/år.
For de to øvrige perioder er ressourcen opgjort til hhv. 590.000–988.000 m³/år og 686.000–1.068.000 m³/år, afhængigt af kritisk udhugningsdiameter og aflægningsgrænse.

Træbrændsel fordelt på amter
De potentielle mængder af træbrændsler varierer betydeligt mellem amterne. Den potentielle ressource er størst i Århus, Ringkøbing, Ribe og Nordjyllands amter, mens den er mindst i København, Bornholm og Roskilde amter.
Løvtræ udgør en forholdsvis stor del af den potentielle ressource i Storstrøms amt, mens andelen af løvtræbrændsel er lille i Ringkøbing, Nordjylland og Ribe amter. Af den samlede mængde træbrændsler findes 70–75% i det vestlige Danmark (vest for Storebælt).

Hidtidig praksis
Den hidtidige intensitet i udnyttelsen af træbrændsler vurderes i vid udstrækning at ligne opgørelsens Scenarium 1. Her stammer det meste af den samlede ressource af skovflis fra tidlige tyndinger i nåle- og løvtræbevoksninger samt fra afviklingen af arealer med bjergfyr. Den gennemsnitlige kritiske udhugningsdiameter vurderes at være omkring 14–16 cm 5), mens den gennemsnitlige realiserede aflægningsgrænse er omkring 10–12 cm.
Antages det således, at den hidtidige praksis fastholdes også i fremtiden, er de samlede potentielle hugstmængder i indeværende periode 2,5–2,6 mio. m³/år. Den samlede mængde træbrændsler under denne forudsætning er beregnet til 980.000–1.110.000 m³/år, mens den samlede ressource af træflis er af størrelsesordenen 655.000–798.000 m³/år.

Stigende udnyttelse
Som en følge af den p.t. stigende efterspørgsel efter træbrændsler er der interesse for at udnytte yderligere dele af den potentielle træbrændselsressource. Det vurderes således, at den fremtidige intensitet i udnyttelsen af træbrændslerne vil afspejle opgørelsens Scenarium 2, idet det samtidigt forventes, at Scenarium 3 vil blive praksis sine steder.
Da en forøgelse af den kritiske udhugningsdiameter vil betyde en reduktion i udbyttet af de bedre betalte korttømmer sortimenter, forventes denne ikke at ændres. I modsætning hertil forventes

5) Et enkelt af styregruppens medlemmer mente, at den kritiske udhugningsdiameter var omkring 12 cm og ikke som angivet 14–16 cm.

den realiserede aflægningsgrænse at blive forøget i begrænset omfang til omkring 12 cm 6).
Under disse forudsætninger er de forventede samlede potentielle hugstmængder i indeværende periode beregnet til 2,7–2,8 mio. m^3/år. Den samlede potentielle træbrændselsressource er beregnet til 1.148.000–1.277.000 m^3/år, og ressourcen af skovflis til 826.000–968.000 m^3/år.

Sammenligning med statistikker
Modellerne i prognosen giver en god overensstemmelse mellem de potentielle hugstmængder og den faktisk realiserede hugst opgjort af Danmarks Statistik. Endvidere viser modellen god overensstemmelse mellem de potentielle og realiserede gavntræressourcer samt mellem de potentielle og realiserede brændemængder.
Sammenligningen med hugsttallene fra Danmarks Statistik viser, at den potentielle ressource af skovflis overstiger de hidtidigt realiserede mængder med en betydelig manko såfremt praksis følger prognosens scenarium 2 eller 3.

10. Tak til...

I forbindelse med projektet har en lang række personer og institutioner bidraget aktivt til rapportens tilblivelse. Vi vil gerne benytte denne lejlighed til at takke alle involverede for deres indsats. Først og fremmest vil vi gerne fremhæve styregruppens indsats og engagement ved vore møder. Styregruppens store viden og indsats har bidraget væsentligt til det foreliggende resultat.
Vi vil også takke Kim Dralle (Skov- og Naturstyrelsen), Vivian Kvist Johannsen (*Skov & Landskab*) og Inge Stupak Møller (*Skov & Landskab*) for deres aktive medvirken ved tilblivelsen af betydelige dele af de modeller, der ligger til grund for rapportens resultater samt for jeres tålmodighed med vores mange henvendelser om de tekniske detaljer. Vi vil endvidere gerne takke Jens Peter Skovsgaard (Skov & Landskab) for at give sig tid til at dele ud af sin store viden indenfor skovbrug.
Slutteligt vil jeg gerne takke Energistyrelsens udviklingsprogram for vedvarende energi mv. for finansiering af rapporten.

Foto 5. Rapporten skønner at der er mindst 900.000 m^3/år fra de danske skove til rådighed som træbrændsel.

6) Et enkelt af styregruppens medlemmer mente, at den gennemsnitligt realiserede aflægningsgrænse ikke vil blive øget til 12 cm.

11. Kildehenvisninger

Andersen, M., 1950. Form factor investigations and yield tables for Japanese larch in Denmark. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark 19.

Anonym, 1998. Inventering af kvantitet og kvalitet af den danske tømmer ressource – fase 2. Rapport, Dansk Skovforening, Frederiksberg. 44 pp. m. bilag.

Anonym, 2002. Evaluering af loven om stormflod og stormfalds effekt på de genrejste skove efter stormfaldet 3.–4. december 1999. Skovpolitisk Kontor, Skov- og Naturstyrelsen. pp. 12.

Bergstedt, A og Jørgensen, B. B., 1997. Hugststyrkens indflydelse på vedproduktion og vedkvalitet i rødgran på Lolland. Skovbrugsserien 20. Forskningscentret for Skov & Landskab, Hørsholm. 140 pp.

Bergstedt, A. og Meilby, H., 1998. Hvor bliver træet af? Om prognoser og statistik for nåletræhugsten. Skoven 12, 530–534.

Dansk Skovforening, Hedeselskabet og Skov- og Naturstyrelsen, 2000. SkovØkonomisk Tabelværk. Vers. 1.0. PC-program.

Dansk Skovforening, 2002. Der er masser af træ – både til træindustrien og til afbrænding. Skoven Nyt 14, 1.

Danmarks Statistik, 2002. Hugsten i skove og plantager i Danmark (100 m³) efter træsort, landsdel og arealstørrelse (1990–2001). http://www.statistikbank.dk/

Danmarks Statistik og Skov- og Naturstyrelsen, 1994. Skove og plantager 1990. Danmarks Statistik, København. 131 pp.

Danmarks Statistik, Skov & Landskab, Skov- og Naturstyrelsen, 2002. Skove og plantager 2000. Danmarks Statistik, København. 171 pp.

Energiministeriet, 1990. Energi 2000 Handlingsplan for en bæredygtig udvikling. Energiministeriet, København.

Energistyrelsen, 2000. Energistatistik. Energistyrelsen, København. 47 pp.

Enevoldsen, K., 2000. Ny opgørelse: 3.6 mio. m³. Skoven 1, 6–7.

Henriksen, H.A., 1957. Forsøgsvæsnets prøveflader i Abies-arter. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, 23.

Henriksen, H.A., 1958. Sitkagranens vækst og sundhedstilstand i Danmark. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, 24.

Johannsen, V. K., 1999. Allocation of stand growth to individual trees of Norway spruce in Denmark. IN: A growth model for oak in Denmark. Ph.D. dissertation. Royal Veterinary and Agricultural University. Danish Forest and Landscape Research Institute. pp.196.

Johannsen, V. K., Bastrup-Birk, A.; Skovsgaard, J. P., 2002a. Danmarks nye skovstatistik. SKOVEN 4, 178–180.

Johannsen, V. K., Meilby, H.; Larsen, P. H.; Dralle, K., 2002b. Vedmasse og hugst i de danske skove – hvor bliver træet af? SKOVEN 8, 342–343.

Karlberg, S., 1961. Development and yield of Douglas fir and Sitka spruce. Kungliga Skogshögskolans Skrifter, 34.

Kirkebæk, M. og Thormann, A., 2000. Evaluering af den gennemførte skovrejsning 1989–1998. Skov- og Naturstyrelsen, København. 240 pp.

Kjølby, V., 1958. Ær. Naturhistorie, tilvækst og hugst. I Ær. Dansk Skovforening.

Leary, R., Johannesen, V. K., Foerster, W., Tarp-Johansen, M. J., Skovsgaard, J. P., 1999a. A difference equation rate constant as an indicator of site quality of Norway spruce in Denmark. Forest Science. Accepted.

Leary, R., Johannesen, V. K., Skovsgaard, J. P., Foerster, W., 1999b. A managed stand model for Norway spruce in Denmark. Forest Science. Accepted.

Lind, C. H., 1994. Træbrændselsressourcer fra danske skove over fi ha – Opgørelse og prognose. Skovbrugsserien nr. 10. Forsknings-

centret for Skov & Landskab, Hørsholm. 103 pp. m. bilag.

Madsen, S. F., 1985. Overensstemmende stammeside- og vedmassefunktioner for fem forskellige nåletræarter. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, 338: 97–139.

Madsen S. F., 1987. Vedmassefunktioner ved forskellige aflægningsgrænser og nøjagtighedskrav for nogle vigtige danske skovtræarter. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, 350: 47–242.

Madsen, S. F. og Heusèrr, M., 1993. Volume and stem-taper functions for Norway spruce in Denmark. Forest and Landscape Research 1: 51–78.

Magnussen, S., 1983. En tilvækstoversigt for rødgran på Østersønære lerede morænejorde. Dansk Skovbrugs Tidsskrift 68.

Meilby, H., 1996. Den fremtidige danske nåletræsproduktions kvalitet. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Frederiksberg. 134 pp.

Meilby, H. og Bergstedt, A., 1998. Prognoser vedrørende udbud og kvalitet af gran i Danmark. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Frederiksberg. 30 pp.

Miljø- & Energiministeriet, 1996. Energi 21. Regeringens energihandlingsplan 1996. København. 77 pp.

Miljø- & Energiministeriet, 2000. Klima 2012. Status og perspektiver for dansk klimapolitik. København. 191 pp.

Miljø- & Energiministeriet, 2001. Energipolitisk redegørelse 2001. København. 13 pp.

Morville, K., 1948. Skovfyrrens vækst og form. Dansk Skovforenings Tidsskrift 33.

Møller, C. M., 1933. Boniteringstabeller og Bonitetsvise Tilvækstoversigter for Bøg, Eg og Rødgran i Danmark. Dansk Skovforenings Tidsskrift, 18, 537–623.

Møller, I. S., 2002. Biomass equations and treatment differences for total aerial tree biomass of Danish Norway spruce. Projektopgave. Applied Statistics. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg. 31 pp.

Møller, C.M. og Nielsen, C., 1959. Bonitetsvise tilvækstoversigter for ask i Danmark. Dansk Skovforeningst Tidsskrift 44.

Nurmi, J., 1994. Työtavan vaikutus hakkuukoneen tuotokseen ja hakkuutähteen kasautumiseen. Folia Forestalia. Metsätieteen aikakausikirja 2, 113–121.

Olesen, H. H., 1987. Prognose for hugsten i Danmark frem til år 2000. I: Savværksindustriens udviklingsmuligheder frem til år 2000. Trærådet, Teknologisk Institut. 44 pp. m. bilag.

Petersen, P. S., upubl. Stammemasse- og stammesideliniefunktioner for bøg. 1 pp.

Skov- og Naturstyrelsen, 1976. Produktionsoversigter for træarter i Statsskovene. Matematiske formler. 3 pp. Revideret 2000.

Skov- og Naturstyrelsen, 2002. Opgørelse af det samlede stormfald på Statsskovenes arealer 3. december 1999.

Statens Forstlige Forsøgsvæsen, 1990. Skovbrugstabeller. 270 pp.

Suadicani, K., 1990. Udnyttelse af råtræ i Danmark. Trærådet. 55 pp.

Sørensen, C. B., 1995. Træbrændsel i Danmark – potentielle energiressourcer i resttræ fra træindustrien. Dansk Teknologisk Institut. 84 pp. + appendices.

Tarp-Johannsen, M. J., Skovsgaard, J. P., Madsen, S. F., Johannsen, V. K., Skovgaard, I., 1997. Compatible stem taper and stem volume functions for oak (Quercus robur L. and Q. petraea (Matt) Liebl) in Denmark. Annales des Sciences Forestières, 54: 577–595.

Tarp-Johansen, M. J. og Petersen, P. S., upubl. Stammemasse- og stammesideliniefunktioner for ask.

West-Nielsen, G., 1950, Rødgranens produktionsforhold på den midtjydske hede. Hedeselskabets Tidsskrift, 7.

Bilag 1. Multiple lineære regressioner til beskrivelse af bevoksningstilstanden for rødgran Tabel. Parametrene i multiple ligninger til beskrivelse af bevoksningstilstanden. Vedmassefaktorerne diameter (Dg), stamtal (N), grundflade (G) og vedmasse (V) beregnes efter formler af typen $Y=\beta_0+\beta_1X_1+\ldots+\beta_nX_n+\varepsilon$, *hvor Y er den afhængige variabel,* $X_1,\ldots X_n$ *er uafhængige variable, og* $\beta_0,\ldots\beta_n$ *er modellens parametre.* H_g *er middelgrundfladetræets højde, og T er bevoksningsalder fra frø,* R^2 *er den multiple korrelationskoefficient og n er antallet af observationer. Gengivet efter Meilby (1996).*

		β_0	H_g^{-1}	H_g^1	H_g^2	H_g^3	T^1	T^2	R^2	n
D_g	Sjælland	1,7729	-	0,89669	-	-	-	0,001466	0,8875	299
	Jylland	1,9214	-	0,79729	-	0,000385	-	0,000787	0,8826	329
N	Sjælland	1748,9	20017	-	-	-	-74,124	0,695390	0,4863	247
	Jylland	938,86	16865	-	-	-	16,456	-	0,5674	268
G	Sjælland	22,841	-	0,49425	-	-	-	-	0,0835	263
	Jylland	-3,7799	-	3,5714	-0,067462	-	-	-0,002249	0,4611	276
V	Sjælland	-32,237	-	18,826	-	-	-	-	0,6931	263
	Jylland	-124,00	-	27,087	-	-	-	-0,023936	0,7900	276

Bilag 2. Ikke udnyttet vedmasse. Tabel. Ikke udnyttet vedmasse i procent for de enkelte driftsklasser i ressourceopgørelsen (gengivet efter Skovforeningen et al., 2000). I ressourceopgørelsen er den ikke udnyttede vedmasse fundet ved interpolation med indgang for diameteren mellem værdierne i nedenstående tabel. Ved hugst af hele træer til skovflis er den ikke udnyttede vedmasse fastsat til 0. For de driftsklasser, der ikke er nævnt i tabellen, henvises til teksten.

	Diameter (cm)																
	5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5
ANL	100	100	95	50	5	5	7	10	12	15	15						
ANN	100	100	40	15	5	5	5	8	12	15	15						
ASK	100	50	36	14	1	1	2	2	3	3	3	3	4	5	10	10	
BØG	100	45	16	13	10	7	6	5	5	4	4	5	5	6	8	8	
ÆGR	100	100	40	20	10	5	5	5	5	10	15	15					
EG	100	50	42	26	3	1	2	2	3	3	3	3	3	4	4	5	5
ÆR	100	100	95	50	5	5	7	10	12	15	15						
RGR	100	100	40	10	5	5	5	10	15	15							
SGR	100	100	40	10	5	5	5	10	15	15							
FYR	100	100	16	7	7	7	9	12	15	15							

Bilag 3. Samlede hugstmængder m³/år for de tre scenarier over de tre perioder 2000–2010, 2010–2020 og 2020–2030. Hugstmængderne er opgjort for kritisk udhugningsdiameter (KUD) mellem 12 og 18 cm og for aflægningsgrænser (aflægn.) mellem 8 og 16 cm.

		Scenarium 1			*Scenarium 2*			*Scenarium 3*		
KUD	*aflægn.*	*Periode 1*	*Periode 2*	*Periode 3*	*Periode 1*	*Periode 2*	*Periode 3*	*Periode 1*	*Periode 2*	*Periode 3*
12	8	2527620	2687346	2919506	2675599	2848600	3087923	2899882	3069588	3314864
	10	2498642	2656217	2887645	2654603	2827728	3066307	2897747	3067128	3312375
	12	2444955	2599988	2829916	2614755	2789313	3026104	2894518	3063275	3308598
	14	2352115	2505249	2732666	2545574	2725103	2958190	2888435	3055985	3301923
	16	2224663	2367219	2600914	2459490	2640651	2876307	2873508	3038815	3285248
14	8	2573341	2735456	2979667	2721321	2896710	3148084	2928297	3099630	3351863
	10	2547306	2707263	2951075	2703267	2878774	3129736	2925271	3096131	3348294
	12	2499904	2657091	2900256	2669704	2846416	3096444	2920127	3090175	3342312
	14	2415533	2570242	2812951	2608991	2790096	3038475	2911501	3080133	3332434
	16	2288081	2432212	2681198	2522907	2705644	2956592	2896574	3062963	3315759
16	8	2643582	2793788	3055963	2791561	2955043	3224380	2972842	3136636	3400581
	10	2622881	2769768	3033071	2778842	2941278	3211733	2969636	3132850	3396690
	12	2586522	2727834	2993687	2756322	2917160	3189875	2964112	3126345	3390074
	14	2523593	2655945	2927620	2717051	2875799	3153144	2954791	3115416	3379140
	16	2417101	2534035	2817687	2651927	2807467	3093080	2939111	3097014	3361085
18	8	2724002	2878504	3114328	2865478	3031096	3278262	3023120	3190559	3436908
	10	2708616	2860695	3095272	2856596	3021574	3268432	3020314	3187269	3433316
	12	2682341	2830334	3062984	2841371	3005318	3251753	3015540	3181684	3427251
	14	2638654	2779974	3009891	2815965	2978337	3224299	3007648	3172470	3417331
	16	2566043	2696247	2922670	2773864	2933740	3179480	2994617	3157251	3401138

Bilag 4. De potentielle årlige træbrændselsressourcer

***Scenarium 1**. Ressourcerne er opgjort i m³/år ved forskellige aflægningsgrænser (aflægn.), og opdelt på sortimenter.'*

		Periode 1				*Periode 2*				*Periode 3*			
		Kritisk udhugningsdiameter				*Kritisk udhugningsdiameter*				*Kritisk udhugningsdiameter*			
aflægn.	*Sortiment*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*
8	Flis (løv)	92488	114926	138627	178023	164890	187733	204994	230394	207055	241881	262889	291647
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	254796	303825	422396	529179	299040	348832	443023	557237	303628	360687	487528	563325
	Flis (HS)	237241	237241	237241	292491	126405	126405	126405	200095	171923	171923	171923	210102
	Sum	914837	978254	1107274	1285751	900564	965557	1067380	1266242	985436	1065721	1202209	1329138
10	Flis (løv)	92488	114926	138627	178023	164890	187733	204994	230394	207055	241881	262889	291647
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	254796	303825	422396	529179	299040	348832	443023	557237	303628	360687	487528	563325
	Flis (HS)	237241	237241	237241	292491	126405	126405	126405	200095	171923	171923	171923	210102
	Sum	914837	978254	1107274	1285751	900564	965557	1067380	1266242	985436	1065721	1202209	1329138
12	Flis (løv)	92488	114926	138627	178023	164890	187733	204994	230394	207055	241881	262889	291647
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	254796	303825	422396	529179	299040	348832	443023	557237	303628	360687	487528	563325
	Flis (HS)	237241	237241	237241	292491	126405	126405	126405	200095	171923	171923	171923	210102
	Sum	914837	978254	1107274	1285751	900564	965557	1067380	1266242	985436	1065721	1202209	1329138
14	Flis (løv)	92488	114926	138627	178023	164890	187733	204994	230394	207055	241881	262889	291647
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	254796	303825	422396	529179	299040	348832	443023	557237	303628	360687	487528	563325
	Flis (HS)	237241	237241	237241	292491	126405	126405	126405	200095	171923	171923	171923	210102
	Sum	914837	978254	1107274	1285751	900564	965557	1067380	1266242	985436	1065721	1202209	1329138

16	Flis (løv)	92488	114926	138627	178023	164890	187733	204994	230394	207055	241881	262889	291647
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	254796	303825	422396	529179	299040	348832	443023	557237	303628	360687	487528	563325
	Flis (HS)	237241	237241	237241	292491	126405	126405	126405	200095	171923	171923	171923	210102
	Sum	914837	978254	1107274	1285751	900564	965557	1067380	1266242	985436	1065721	1202209	1329138

***Scenarium 2**. Ressourcerne er opgjort i m³/år ved forskellige aflægningsgrænser (aflægn.), og opdelt på sortimenter.'*

		Periode 1				*Periode 2*				*Periode 3*			
		Kritisk udhugningsdiameter				*Kritisk udhugningsdiameter*				*Kritisk udhugningsdiameter*			
aflægn.	*Sortiment*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*
8	Flis (løv)	167185	189624	213325	252721	236914	259757	277018	302418	277291	312117	333125	361883
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	254796	303825	422396	529179	299040	348832	443023	557237	303628	360687	487528	563325
	Flis (HS)	310523	310523	310523	359270	215635	215635	215635	280663	270103	270103	270103	303800
	Sum	1062816	1126234	1255253	1427227	1061818	1126811	1228634	1418834	1153853	1234137	1370626	1493071
10	Flis (løv)	167185	189624	213325	252721	236914	259757	277018	302418	277291	312117	333125	361883
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	254796	303825	422396	529179	299040	348832	443023	557237	303628	360687	487528	563325
	Flis (HS)	318505	318505	318505	365772	225892	225892	225892	288950	280348	280348	280348	313026
	Sum	1070798	1134215	1263235	1433730	1072074	1137067	1238891	1427122	1164098	1244382	1380871	1502298
12	Flis (løv)	167185	189624	213325	252721	236914	259757	277018	302418	277291	312117	333125	361883
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	254796	303825	422396	529179	299040	348832	443023	557237	303628	360687	487528	563325
	Flis (HS)	332344	332344	332344	376823	243706	243706	243706	303055	297875	297875	297875	328634
	Sum	1084637	1148054	1277074	1444781	1089889	1154882	1256705	1441226	1181624	1261909	1398397	1517906

14	Flis (løv)	167185	189624	213325	252721	236914	259757	277018	302418	277291	312117	333125	361883
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	254796	303825	422396	529179	299040	348832	443023	557237	303628	360687	487528	563325
	Flis (HS)	356002	356002	356002	395105	274235	274235	274235	326433	327211	327211	327211	354274
	Sum	1108295	1171713	1300732	1463063	1120418	1185411	1287234	1464605	1210960	1291244	1427733	1543546
16	Flis (løv)	167185	189624	213325	252721	236914	259757	277018	302418	277291	312117	333125	361883
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	254796	303825	422396	529179	299040	348832	443023	557237	303628	360687	487528	563325
	Flis (HS)	397370	397370	397370	425614	327813	327813	327813	365564	377080	377080	377080	396676
	Sum	1149663	1213081	1342100	1493572	1173995	1238988	1340811	1503735	1260830	1341114	1477603	1585947

***Scenarium 3**. Ressourcerne er opgjort i m³/år ved forskellige aflægningsgrænser (aflægn.), og opdelt på sortimenter.'*

		Periode 1				*Periode 2*				*Periode 3*			
		Kritisk udhugningsdiameter				*Kritisk udhugningsdiameter*				*Kritisk udhugningsdiameter*			
aflægn.	*Sortiment*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*
8	Flis (løv)	288152	303271	321316	352241	353334	368708	381842	401698	396736	420149	436041	458451
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	358111	397155	495685	587302	403608	442802	519791	617419	411124	456434	560814	625403
	Flis (HS)	310523	310523	310523	359270	215635	215635	215635	280663	270103	270103	270103	303800
	Sum	1287098	1333210	1436534	1584870	1282806	1329731	1410227	1578296	1380794	1437916	1546827	1651718
10	Flis (løv)	288152	303271	321316	352241	353334	368708	381842	401698	396736	420149	436041	458451
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	376974	412182	505198	593378	422021	457239	529770	623652	430251	471213	569569	631640
	Flis (HS)	318505	318505	318505	365772	225892	225892	225892	288950	280348	280348	280348	313026
	Sum	1313942	1356219	1454029	1597448	1311475	1354425	1430462	1592817	1410166	1462940	1565828	1667181

12	Flis (løv)	288152	303271	321316	352241	353334	368708	381842	401698	396736	420149	436041	458451
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	413592	440601	522194	603829	456582	483641	547384	634322	466676	498523	584811	642255
	Flis (HS)	332344	332344	332344	376823	243706	243706	243706	303055	297875	297875	297875	328634
	Sum	1364400	1398477	1484864	1618950	1363851	1398641	1465890	1617592	1464118	1507776	1598596	1693404
14	Flis (løv)	288152	303271	321316	352241	353334	368708	381842	401698	396736	420149	436041	458451
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	476690	492689	552144	621342	513502	529919	577816	652090	527915	546615	610608	659788
	Flis (HS)	356002	356002	356002	395105	274235	274235	274235	326433	327211	327211	327211	354274
	Sum	1451156	1474222	1538472	1654745	1451300	1475448	1526851	1658737	1554692	1585203	1653728	1736578
16	Flis (løv)	288152	303271	321316	352241	353334	368708	381842	401698	396736	420149	436041	458451
	Brænde (20-30)	143526	143526	143526	143526	142093	142093	142093	142093	135460	135460	135460	135460
	Brænde (10-20)	186785	178735	165484	142531	168136	160493	150865	136423	167370	155769	144408	128603
	Flis (UH)	547847	563846	601588	650413	580784	597201	627746	681468	593123	611822	652617	688416
	Flis (HS)	397370	397370	397370	425614	327813	327813	327813	365564	377080	377080	377080	396676
	Sum	1563681	1586748	1629284	1714325	1572160	1596307	1630359	1727246	1669770	1700281	1745608	1807606

Bilag 5. Regionale ressourcer

Den samlede regionale træbrændselsressource er i dette bilag opgjort ved aflægningsgrænsen 12 cm for de tre forskellige scenarier samt for en kritisk udhugningsdiameter på 12-18 cm. Det er valgt ikke at vise ressourcens størrelse for de øvrige aflægningsgrænser da dette vil blive alt for omfattende.

Scenarium 1	*Periode 1*				*Periode 2*				*Periode 3*			
	Kritisk udhugningsdiameter				*Kritisk udhugningsdiameter*				*Kritisk udhugningsdiameter*			
Amt	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*
København	12619	14409	14418	15419	11898	13091	13113	13872	12370	13516	13534	14132
Frederiksborg	44507	51548	53090	54495	40520	52909	54111	57128	45301	51000	52516	53630
Roskilde	22441	26257	26830	30116	22614	26647	27387	30683	20439	24445	24902	28382
Vestsjælland	65736	78620	78620	88843	73792	86125	86125	96088	71525	86854	86854	97951
Storstrøm	99956	103650	107116	124529	98914	102751	104632	113363	102133	108457	110724	115130
Bornholm	19673	20673	28239	29061	17148	18353	22811	24236	17221	19070	22704	23662
Fyn	72638	77990	86569	88335	85415	91491	99460	100950	89631	99076	108906	110892
Sønderjylland	53730	53730	64407	79309	72984	72984	79872	103936	80628	80628	90399	108990
Ribe	60649	61596	65835	71620	47364	47636	55378	58112	72878	80541	92595	94073
Vejle	65522	65522	78677	108013	77635	77635	84773	117020	88437	88437	102525	121338
Ringkøbing	74535	94558	104920	134228	87244	98129	115420	142391	95418	113551	132963	148413
Århus	120923	121946	156104	201549	111944	112583	135444	191582	125495	126801	157868	187926
Viborg	94363	98819	116715	118031	64321	73410	86363	87397	65601	71015	87173	87953
Nordjylland	107544	108936	125733	142203	88771	91814	102491	129484	98361	102330	118546	136666
Sum	914837	978254	1107274	1285751	900564	965557	1067380	1266242	985436	1065721	1202209	1329138

Scenarium 2	*Periode 1*				*Periode 2*				*Periode 3*			
	Kritisk udhugningsdiameter				*Kritisk udhugningsdiameter*				*Kritisk udhugningsdiameter*			
Amt	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*
København	15004	16794	16802	17803	13838	15032	15054	15813	14092	15239	15257	15854
Frederiksborg	56370	63410	64953	66358	51458	63847	65049	68065	54820	60518	62034	63148
Roskilde	25732	29548	30121	33407	26540	30572	31312	34608	24728	28734	29191	32671
Vestsjælland	75859	88743	88743	98966	85492	97824	97824	107788	84419	99748	99748	110845
Storstrøm	113604	117298	120764	138177	115365	119202	121083	129814	119427	125752	128019	132425
Bornholm	24622	25622	33188	34010	23158	24362	28820	30246	23118	24967	28601	29559
Fyn	85019	90371	98950	100715	99136	105212	113181	114671	104337	113783	123613	125598
Sønderjylland	63463	63463	74140	87585	84893	84893	91782	113100	92392	92392	102163	119272
Ribe	68872	69820	74059	79843	55216	55487	63229	65963	80340	88003	100057	101535
Vejle	84431	84431	97587	123399	96907	96907	104045	132106	106158	106158	120246	137057
Ringkøbing	89547	109569	119932	149240	105657	116543	133833	160805	115945	134078	153490	168940
Århus	154198	155221	189378	229035	146589	147229	170090	218817	158482	159787	190855	216979
Viborg	105154	109610	127506	128822	77697	86786	99739	100773	82186	87599	103757	104537
Nordjylland	122762	124154	140951	157421	107944	110987	121664	148658	121181	125149	141365	159485
Sum	1084637	1148054	1277074	1444781	1089889	1154882	1256705	1441226	1181624	1261909	1398397	1517906

Scenarium 3	*Periode 1*				*Periode 2*				*Periode 3*			
	Kritisk udhugningsdiameter				*Kritisk udhugningsdiameter*				*Kritisk udhugningsdiameter*			
Amt	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*
København	18620	19575	19581	20146	17383	18026	18041	18441	17612	18232	18244	18514
Frederiksborg	70738	74416	75091	75948	68141	74558	75084	77177	68886	71886	72550	73307
Roskilde	33108	34914	35167	37620	34134	36054	36381	38878	32101	34071	34273	36852
Vestsjælland	98740	105318	105318	112959	107802	114185	114185	121867	107747	115686	115686	124020
Storstrøm	143480	145512	147039	159383	142509	144588	145417	151694	144967	148329	149328	152438
Bornholm	31174	31735	37059	37592	29036	29710	32827	33824	28696	29733	32278	32918
Fyn	108975	111719	117246	118120	122590	125762	130907	131673	129366	134371	140706	141689
Sønderjylland	78850	78850	85815	97381	99345	99345	103759	122738	108330	108330	114751	128942
Ribe	77965	78518	81299	85735	64213	64349	69352	71430	94059	98611	106425	107470
Vejle	106218	106218	115043	138064	115921	115921	120606	146012	126291	126291	135573	150177
Ringkøbing	117916	129435	136367	158484	134045	140290	151473	171795	148082	158544	171350	182926
Århus	195158	195600	219514	255300	184417	184693	200578	245437	195081	195645	217332	241271
Viborg	128496	131081	143416	144054	102196	107465	116364	116875	106962	110099	121191	121593
Nordjylland	154962	155586	166910	178165	142118	143693	150916	169749	155939	157948	168911	181288
Sum	1364400	1398477	1484864	1618950	1363851	1398641	1465890	1617592	1464118	1507776	1598596	1693404

Bilag 6. Potentielle energimængder ved afbrænding af træbrændsler
De samlede potentielle energimængder der opnås ved afbrænding af træbrændslerne opgivet i Bilag 4. Enhed TJ/år.

Scenarium 1		*Periode 1*				*Periode 2*				*Periode 3*			
		Kritisk udhugningsdiameter				*Kritisk udhugningsdiameter*				*Kritisk udhugningsdiameter*			
aflægn.	*Sortiment*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*
8	Flis (løv)	930	1147	1390	1773	1666	1890	2066	2318	2099	2445	2659	2946
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	1563	1875	2615	3274	1853	2170	2764	3461	1877	2246	3049	3514
	Flis (HS)	1786	1786	1786	2128	885	885	885	1341	1187	1187	1187	1423
	Sum	7576	8027	8874	10035	7503	7969	8641	9902	8193	8792	9693	10524
10	Flis (løv)	930	1147	1390	1773	1666	1890	2066	2318	2099	2445	2659	2946
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	1563	1875	2615	3274	1853	2170	2764	3461	1877	2246	3049	3514
	Flis (HS)	1786	1786	1786	2128	885	885	885	1341	1187	1187	1187	1423
	Sum	7576	8027	8874	10035	7503	7969	8641	9902	8193	8792	9693	10524
12	Flis (løv)	930	1147	1390	1773	1666	1890	2066	2318	2099	2445	2659	2946
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	1563	1875	2615	3274	1853	2170	2764	3461	1877	2246	3049	3514
	Flis (HS)	1786	1786	1786	2128	885	885	885	1341	1187	1187	1187	1423
	Sum	7576	8027	8874	10035	7503	7969	8641	9902	8193	8792	9693	10524
14	Flis (løv)	930	1147	1390	1773	1666	1890	2066	2318	2099	2445	2659	2946
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	1563	1875	2615	3274	1853	2170	2764	3461	1877	2246	3049	3514
	Flis (HS)	1786	1786	1786	2128	885	885	885	1341	1187	1187	1187	1423
	Sum	7576	8027	8874	10035	7503	7969	8641	9902	8193	8792	9693	10524

16	Flis (løv)	930	1147	1390	1773	1666	1890	2066	2318	2099	2445	2659	2946
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	1563	1875	2615	3274	1853	2170	2764	3461	1877	2246	3049	3514
	Flis (HS)	1786	1786	1786	2128	885	885	885	1341	1187	1187	1187	1423
	Sum	7576	8027	8874	10035	7503	7969	8641	9902	8193	8792	9693	10524

Scenarium 2		*Periode 1*				*Periode 2*				*Periode 3*			
		Kritisk udhugningsdiameter				*Kritisk udhugningsdiameter*				*Kritisk udhugningsdiameter*			
aflægn.	*Sortiment*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*
8	Flis (løv)	1688	1905	2147	2530	2395	2618	2795	3046	2806	3153	3367	3653
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	1563	1875	2615	3274	1853	2170	2764	3461	1877	2246	3049	3514
	Flis (HS)	2262	2262	2262	2564	1458	1458	1458	1860	1816	1816	1816	2024
	Sum	8809	9260	10107	11228	8804	9270	9941	11149	9529	10128	11029	11832
10	Flis (løv)	1688	1905	2147	2530	2395	2618	2795	3046	2806	3153	3367	3653
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	1563	1875	2615	3274	1853	2170	2764	3461	1877	2246	3049	3514
	Flis (HS)	2312	2312	2312	2604	1522	1522	1522	1912	1879	1879	1879	2081
	Sum	8859	9311	10157	11269	8868	9334	10005	11201	9592	10191	11093	11889
12	Flis (løv)	1688	1905	2147	2530	2395	2618	2795	3046	2806	3153	3367	3653
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	1563	1875	2615	3274	1853	2170	2764	3461	1877	2246	3049	3514
	Flis (HS)	2399	2399	2399	2674	1633	1633	1633	2000	1989	1989	1989	2179
Sum		8946	9397	10244	11338	8979	9445	10117	11289	9702	10301	11202	11987

14	Flis (løv)	1688	1905	2147	2530	2395	2618	2795	3046	2806	3153	3367	3653
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	135
	Flis (UH)	1563	1875	2615	3274	1853	2170	2764	3461	1877	2246	3049	3514
	Flis (HS)	2548	2548	2548	2789	1824	1824	1824	2147	2172	2172	2172	2339
	Sum	9095	9546	10392	11454	9170	9636	10308	11436	9885	10484	11386	12147
16	Flis (løv)	1688	1905	2147	2530	2395	2618	2795	3046	2806	3153	3367	3653
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	1563	1875	2615	3274	1853	2170	2764	3461	1877	2246	3049	3514
	Flis (HS)	2807	2807	2807	2982	2159	2159	2159	2392	2484	2484	2484	2605
	Sum	9354	9805	10652	11646	9505	9971	10642	11681	10197	10796	11697	12413

Scenarium 3		*Periode 1*				*Periode 2*				*Periode 3*			
		Kritisk udhugningsdiameter				*Kritisk udhugningsdiameter*				*Kritisk udhugningsdiameter*			
aflægn.	*Sortiment*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*	*12*	*14*	*16*	*18*
8	Flis (løv)	2888	3035	3219	3520	3549	3700	3834	4030	3991	4225	4386	4610
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	2218	2466	3081	3646	2515	2763	3248	3844	2561	2853	3513	3910
	Flis (HS)	2262	2262	2262	2564	1458	1458	1458	1860	1816	1816	1816	2024
	Sum	10665	10982	11645	12590	10620	10945	11465	12517	11398	11807	12513	13184
10	Flis (løv)	2888	3035	3219	3520	3549	3700	3834	4030	3991	4225	4386	4610
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	2336	2559	3140	3684	2629	2853	3310	3883	2681	2945	3567	3949
	Flis (HS)	2312	2312	2312	2604	1522	1522	1522	1912	1879	1879	1879	2081
	Sum	10833	11125	11755	12669	10798	11098	11591	12607	11581	11962	12631	13280

12	Flis (løv)	2888	3035	3219	3520	3549	3700	3834	4030	3991	4225	4386	4610
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	2564	2736	3246	3750	2843	3016	3418	3949	2909	3114	3662	4015
	Flis (HS)	2399	2399	2399	2674	1633	1633	1633	2000	1989	1989	1989	2179
	Sum	11148	11388	11947	12804	11124	11373	11811	12762	11918	12241	12835	13444
14	Flis (løv)	2888	3035	3219	3520	3549	3700	3834	4030	3991	4225	4386	4610
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	2957	3059	3432	3859	3198	3303	3607	4060	3293	3414	3822	4124
	Flis (HS)	2548	2548	2548	2789	1824	1824	1824	2147	2172	2172	2172	2339
	Sum	11690	11860	12282	13029	11670	11850	12190	13020	12485	12724	13178	13713
16	Flis (løv)	2888	3035	3219	3520	3549	3700	3834	4030	3991	4225	4386	4610
	Brænde (10-20)	1856	1779	1643	1420	1675	1600	1502	1359	1671	1555	1439	1282
	Brænde (20-30)	1440	1440	1440	1440	1423	1423	1423	1423	1358	1358	1358	1358
	Flis (UH)	3404	3506	3741	4042	3619	3724	3917	4244	3704	3825	4084	4303
	Flis (HS)	2807	2807	2807	2982	2159	2159	2159	2392	2484	2484	2484	2605
Sum		12396	12566	12851	13404	12426	12606	12835	13449	13208	13446	13751	14157

Postbesørget blad (0900 KHC

Indhold

Thomas Nord-Larsen og Niels Heding:
Træbrændselsressourcer
fra danske skove over 1/2 ha - opgørelse og prognose 2002 1

Forsidefoto: Varmeværker og kraftværker er blevet en ny aftager af de dårligste trækvaliteter fra de danske skove. Her ses kraftvarmeværket i Assens.
Foto: Torben Skøtt.

Dansk Skovbrugs Tidsskrift
ISSN 0905-295X. Udgives af Dansk Skovforening, Amalievej 20, 1875 Frederiksberg C. Telefon 33 24 42 66, telefax 33 24 02 42. Postgiro 9 00 19 64. e-post info@skovforeningen.dk. Hjemmeside www.skovforeningen.dk

Redaktion: Søren Fodgaard (ansvarshavende)
Redaktionsudvalg: Skovrider Leif Madsen (formand), forstfuldmægtig Pernille Karlog, lektor Jens Dragsted, skovfoged Martin Petersen, skovbrugslærer Tyge Kjær, direktør Niels Elers Koch.
Tryk: Litotryk, Svendborg.