

Skovflis

- et af skovbrugets vigtigste produkter

Skovdyrkerne - VidenCenter Flis



SKOVDYRKERNE

Oktober 2020

Skovflis – værd at vide om et af skovbrugets vigtigste produkter

For produktionsskovbruget er det produktionen af gavntre, der er hovedformålet. Det er møbeltræ og tømmer til smukke bygninger, der er de ædle slutresultater af dyrkningsindsatsen over hele omdriften – og det er også her, den største del af økonomien ligger.

Men opgjort på volumen er flis det vigtigste sortiment i dansk skovbrug; vi laver stort set lige så meget af restproduktet flis som af alle andre sortimenter – til sammen. Også på andre områder er skovflisen noget særligt – den omsættes og håndteres helt anderledes end den øvrige træproduktion og skovflis er uden sammenligning også den del af hugsten, der påkalder sig størst interesse fra politikere og offentlighed.

Derfor er der god anledning til at se nærmere på flis fra dansk skovbrug og følge værdikæden hele vejen fra skov til varmeværk.

Det gør vi i dette temahæfte, hvor vi forsøger at komme grundigt rundt om emnet. Vi beskriver de basale karakteristika for flis som brændsel, herunder samspillet mellem vægt, rumvægt, fugt og energiindhold. Vi ser lidt på de særlige forhold omkring flisens rolle i skovdyrkingen og gennemgår det gode håndværk, der er forudsætningen for et vellykket flisprojekt i skoven. Desuden belyser vi ganske detaljeret, hvordan økonomien i et

flisprojekt er skruet sammen. Endelig adresserer vi den politiske diskussion om træbiomassens bæredygtighed, der i perioder bølger ganske højt i den offentlige debat.

Målgruppen for hæftet er som altid i første omgang Skovdyrkernes medlemmer. Men selv om flis er en af skovbrugets vigtigste produktioner og der ligger en del videnskabelige publikationer om delemner, er der mangel på let tilgængelige, samlede fremstillinger om flisens rolle i skovbruget. Det vil vi gerne råde bod på. Vi håber derfor, at både skovbrugets praktikere, folk fra energibranchen, studerende og andre kan få meget ud af at læse dette temahæfte. Mange interesserer sig for emnet, dog uden helt at forstå flisens rolle i skovbruget og samspillet mellem træproduktion, flis og klima. Vi håber, at vi gør alle klogere.

Temahæftet består dels af enkeltartikler, der tidligere er udgivet i enten 'Skovdyrkeren' eller Dansk Skovfornings medlemsblad 'Skoven' og dels artikler skrevet til lejligheden. Sammenskrivningen kan give en smule gentagelser – af hensyn til læsbarheden af de enkelte artikler og afsnit har vi valgt ikke at redigere for hårdt.

Vi håber, at du som læser finder relevant stof i dette temahæfte – som efterfølgende kan fungere som opslagsværk, så du altid har flisfakta ved hånden.

Skovdyrkernes VidenCenter Flis
Michael Sheedy Gehlert,
Skovrider

Skovdyrkerne – VidenCenter Flis
Skovflis – et af skovbrugets vigtigste produkter

© Skovdyrkerne 2020
www.skovdyrkerne.dk
Alle fotos af Skovdyrkerne Vestjylland, med mindre andet er angivet.
Grafisk tilrettelæggelse og layout: Katrine Bang Hauberg

Forsidefoto: Tynding af skovrejsning i midtjylland.

Tryk: P.E. Offset, Varde 2020
ISBN 978-87-997543-4-2



Om redaktøren

Michael Sheedy Gehlert er
forstkandidat og skovrider ved
Skovdyrkerne Vestjylland

1. Grundlæggende om skovflis

Om typer af flis, måling og beregning af energiindhold, vægt og volumen. I skoven afregnes i volumen, men varmeværkerne betaler i energiindhold, som især bestemmes af tør-rumvægten.

Vi lægger ud med det allermest grundlæggende. Her sættes flisen ind i en referenceramme i forhold til skovbrugets praksis og flisens særlige karakteristika som brændsel gennemgået udførligt.

Hvorfor er flis noget særligt?

Flis er den laveste fællesnævner i skovbrugets sortimentsaflægning; den udgør bunden af madpyramiden, om man vil. Alt kan hugges til flis – alle træarter, kvaliteter og dimensioner. Flis er dermed blevet den industrielle udgave af den allermest oprindelige udnyttelse af træ – man fælder det og brænder det af for at få varmen.

Vi ser da også tilsvarende, at brændemarkedet er skrumpet markant og i flere landsdele næsten er forsvundet. I den moderne udgave giver flis dog ikke bare opvarmning – af flis kan også produceres strøm og procesenergi med mulighed for samlet energioptimering.

På mange områder er flisen forskellig fra de øvrige træprodukter, der alle grundlæggende håndteres på samme måde i skoven:

- Fældning
- Udkørsel til bilfast vej
- Opmåling i volumen i en enhed (kfm) som den enkelte skovejer selv kan kontrollere
- Afregning ved bilfast vej – hvor køber overtager den fulde risiko

Som velkendt for mange og nærmere beskrevet i herunder, er flow og logistik for flisen ganske anderledes. Det samme gælder forbrugsmønsteret, hvor en stor del af flisen i sagens natur bruges om vinteren og dermed skal bjærges på tidspunkter, hvor færdsel i skoven kan være vanskelig.

Disse forskelle har fået stigende betydning i takt med flisens stigende andel af den samlede hugst. I dag er situationen, at flis – opgjort i volumen – fylder lige så meget som alle de andre effekter ... tilsammen!

Hvilke typer flis findes der?

At flis er den mindste fællesnævner betyder naturligvis ikke, at der ikke er forskel og kvalitetsspredning. Flisen kan beskrives og karakteriseres på forskellige måder.

Kvaliteten i forhold til varmeværkernes behov specificeres i leveringsbetingelserne til det enkelte varmeværk og omfatter krav til bl.a. partikelstørrelsesfordeling (hvor grov er flisen), vandindhold, andel af grønne nåle og askeandel.



Eksempel på god og skarp flis - Ideel til fyring



Eksempel på GROT (= Grene og Toppe). Her i dårlig kvalitet

Beskrivelserne henviser ofte til standarderne i 'Videnblad nr.: 160' fra Videntcenter for Halm- og Flisfyring (2001) eller den nyere ISO 17225-1 (2014). Normalt er det 'grov flis' der efterspørges til industriel anvendelse.

Mere relevant i denne sammenhæng er dog at se nærmere på de forskellige typer af flis, vi producerer i skoven eller i det åbne landskab. En sammenstilling af de forskellige flistyper, de væsentligste karakteristika og deres oprindelse ses i Figur 1.1.

For fuldstændighedens skyld medtager oversigten nogle flistyper – pil, poppel og rod-flis – der kun har margi-

nal betydning for den samlede produktion, men ellers fremgår det, at den dominerende andel af den danske flisproduktion udgøres af:

- Heltræ fra tidlige tyndinger (som oftest sker flis-hugning med terrængående hugger).
- Grene og toppe fra afdrifter, sene tyndinger og landskabsprojekter (topender fra nål flises oftest med terrængående flishugger efter fortørring på arealet, mens grene og toppe fra løv oftest udkøres til bilfast vej før flisning).

Flis fra skov og landskab - produkter, egenskaber, anvendelse og oprindelse			
Produkt	Beskrivelse	Anvendelse	Oprindelse
Stammefflis	Normalt velhugget og tør kvalitetsflis med højt energiindhold.	Til kræsne kedler og transportsystemer - fx som alternativ til træpiller. Anvendes i et vist omfang og til alm. varmeværksflis, når kedlen skal yde maksimalt.	Energitræ - normalt i en kvalitet, der svarer til cellulosetræ af blandet nål i vragskotte.
Heltræflis	Grundsubstansen i den almindelige skovflis - kvalitet varierer betydeligt med dimension, træart, forbehandling og håndtering.	Alm. varmeværksflis.	Hovedparten er tyndingsflis. Afdrifter i lavkvalitetsbevoksninger som contotafyr samt rydning og tynding af landskabspleje.
Grene og toppe	Grundsubstansen i den almindelige skovflis - kvalitet varierer betydeligt med dimension, træart, forbehandling og håndtering - men ofte en lidt ringere kvalitet med en højere andel af nåle og stikkere.	Alm. Varmeværksflis - hvis der er tale om nåletræ, der køres sammen i stak umiddelbart efter skovning, kan det give problemer med kompostering og meget dårlig flis. GROT' *) har derfor et dårligt ry i varmeværkskredse. Det er delvist uberettiget - med en vis fortørring på arealet og især, hvis man iblander energitræet, kan der laves en udmærket flis.	Afdrifter i nåletræ samt kombinerede tyndinger i bevoksninger med tilstrækkelig plads. Afdrifter i løv - samt i nål, hvor man øger pladsrydning - samt sene tyndinger og skærmstillinger især i løv.
Pileflis	Fint flis fra småtdimensioneret træ. Høj barkandel - ofte høj fugt. Lavt energiindhold. Dårlig lagerstabilitet	Kan bruges som varmeværksflis i robuste kedler, men normalt kun op til en leveringsandel på 10-15%.	Energipil på landbrugsjord
Poppelflis	Normalt 'alm. grov flis' med lav barkandel og naturligvis uden grønne nåle. Ofte ret våd.	Alm. varmeværksflis - ofte uønsket på værker med røggaskondensering, da man ofte oplever problemer med opskumning i røgvasker.	Energipoppel på landbrugsjord samt tyndning af læhegn.
Rodflis	Kvalitet kan være ret forskellig afhængig af omhu med optagning, soldning og neddeling. Generelt groft materiale med højt energiindhold - og høj restaske.	Kan bruges i robuste fliskedler - men er ofte uønsket på grund af aske og den ekstra slitage, der forårsages af bifangsten af jord, sand og sten. Kan ikke leveres under Brancheaftalen. Fungerer fint i affaldskedler.	Neddelte stød og rødder fra skov og landskab.

Figur 1.1: Forskellige flistyper og deres oprindelse, anvendelse - og andel af den samlede produktion (opgjort i hele træsskovlængder). Flise- den del af flisen, der udkøres og flishugges ved bilfast vej.
*) GROT - fra svensk 'Grene och toppe'

Det bemærkes, at der ud over den primære produktion af flis fra skov og landskab også er en sekundær produktion af savværksflis, som afhængig af kvalitet og markedsforhold enten kan anvendes i industrien (fx til spånplader) eller i varmekærker. Den sekundære flisproduktion behandles ikke nærmere i dette temanummer.

De fleste typer flis glider ubesværet ind på varmekærkerne – men som det fremgår, er der for pil, poppel og rodfliis forskellige tekniske begrænsninger, der indebærer at disse flistyper på mange varmekærker enten er uønskede eller kun kan udgøre en begrænset del af den samlede indfyrring.

	Driftsteknik	Andel
ncl.	Skovning - udkørsel - flishugning ved bilfast vej	5-10%
om fx f lækkegn - samt	Nedskæring med fældebunkelægger + terrængående flishugning. Fældning - udkørsel - flishugning ved bilfast vej	40-45% 10-15%
e kkeligt	Skovning med kombineret aflægning + terrængående flishugning.	15-20%
nsker hurtig g	Skovning med kombineret aflægning - udkørsel - flishugning ved bilfast vej.	20-25%
	Oftest finsnittet med majssnitter. Kvaliteten bliver bedre ved helskudshøst, fortørring og hugning med flishugger.	<2%
	Maskinel nedskæring - ofte med klipper + flishugning med terrængående flishugger eller fældeudkørsel + flishugning ved bilfast vej.	<1%
	Oprykning med gravemaskine med specialgreb - fortørring - neddeling med affaldsknuser - evt. soldning.	<1%

ens indtog i løvtræbevoksningerne har betydet en betydelig vækst i

Det samme kan gøre sig gældende for dårlig GROT – især sammenkørt fra nåletræsafdrifter uden forudgående fortørring. Her ser man til tider, at stakken nærmest komposterer frem for at tørre ned. Det skal dog tilføjes at man med korrekt aflægning, fortørring og hugning med en egnet huggertype godt, kan lave GROT af fornuftig kvalitet.

Energiindhold og vægt

Træets energiindhold ved forbrænding er defineret ved brændværdien. Som udgangspunkt skelnes mellem 'øvre brændværdi' og 'nedre brændværdi'. Øvre brændværdi (H₀) angiver brændslets samlede energiindhold incl. kondenseringsenergien ved afkøling af vanddampen efter forbrænding, mens nedre brændværdi (H_n) ikke medregner kondenseringsenergien – og derfor svarer til energien ved fuldstændig forbrænding af en helt tør træmasse, hvor vandindholdet er fordampet – udtrykt i MJ/kg.

Den nedre brændværdi varierer med træets kemiske sammensætning i hovedbestanddelene cellulose, hemicellulose og lignin – og påvirkes desuden af træets indhold af stærkt brændbare ekstraktiver som harpiks, terpener og voks.

På grund af en større andel af de sidstnævnte, har nåletræ en lidt højere brændværdi pr. kg end løvtræ (ved samme vandindhold). Når man ofte fremhæver løvtræ som 'godt brænde' er det fordi, det har en højere rumtæthed og dermed vejer mere pr. m³ (se eventuelt nærmere i faktaboksen på næste side).

De træartsvis forskelle i den nedre brændværdi er dog beskedne i forhold til de andre bestemmende faktorer for flisens energiindhold i praksis.

Når mængden bestemmes efter vægt, er vandindholdet en central parameter for energiindholdet (brændværdien) i den leverede flis. Det skyldes både, at vandindholdet medvejes ved indvejning, selv om det som bekendt ikke kan brænde, og at fortrængning af vandet ved fordampning i forbindelse med forbrænding koster energi.

Sammenhængen er lineær og omvendt proportional med vandindholdet. Der er lidt forskellige formler i anvendelse, men normalt beskrives sammenhængen:

$$\text{Brændværdi} = 19,2 - (0,21642 \cdot F) \text{ GJ/ton}$$

(F er vandindhold i hele procent)

Ved et typisk vandindhold på 43% svarer det til et energiindhold på 10 GJ/ton – der derfor ofte bruges tommelfingerregel. Der er en meget betydelig forskel på energiindholdet pr. ton – inden for det normalt forekommende fugtinterval på 30-65% vand varierer energiindholdet med over 100% - fra 5,5 til 13 GJ/ton.

Faktaboks

Den lille flistabel.

Typiske nøgletal - og de korrekte sammenhænge. Der er stor forskel på flis - og de gule felter viser hvor forudsætningerne kan ændres.

1. Skovflis:

Kalkulationsrumvægt	200 kg/rm flis
Vandindhold	40%
Vådsumvægt	333 kg/rm flis
Energiindhold	3,48 GJ/rm
-	10,44 GJ/tons
Fastmasse:	0,4 kfm/rm flis

2. Energitræ:

Tørsumvægt	160 kg/rm flis
Vådsumvægt	400 kg/kfm
Fastmasse	0,65 kfm/rm i træstak
Fastmasse	0,40 kfm/rm flis
Vandindhold	38%
Vådsumvægt	258 kg/rm flis
Vådsumvægt	645 kg/kfm
Energiindhold	2,80 GJ/rm
Energiindhold	7,01 GJ/kfm

3. Transport:

Et træk flis:	95 rm flis
Vægt af et træk	31,67 tons
Et træk rundtræ	60 rm
Vægt af 1 træk	15,48 tons

Omregningsforhold for energienheder:

Enhed	GJ	MWh	TOE	Gcal
GJ	1,00	0,28	0,02	0,24
MWh	3,60	1,00	0,09	0,86
TOE	41,90	11,60	1,00	10,00
Gcal	4,19	1,16	0,10	1,00

GJ = Giga joule. MWh = Mega wattimer.
TOE = Ton olieækvivalenter. Gcal = Giga kalorier.

Ofteser vi, at friskskovet træ har et vandindhold på omkring 45-60% og at en for tørring i skoven hen over en god sommer kan bringe vandindholdet ned på omkring 35%. Hen over efterår og vinter opfugtes træet igen – hvor meget afhænger af træets beskaffenhed, placering og vejret. I Vestjylland lå det gennemsnitlige vandindhold for den leverede flis i det tørre 2018 på omkring 40%, mens den i det meget våde 2019 lå på omkring 43%.

Varmeværkernes ønsker til idealfugt varierer med de tekniske forhold på værket. De færreste værker er glade for den helt tørre flis under 30% fugt, som er 'ustyrkelig', mens den ekstremt våde flis på over 60% fugt også er uønsket de fleste steder. Værkets sårbarhed over for fugtudsving afhænger i nogen grad af lagerforholdene og muligheden for her at blande og dermed homogenisere flisen.

I det normale spænd fra 35-65% fugt, afhænger ønskerne fra værket side af, om der anvendes røggaskondensering. Røggassen afkøles, så vanddampen kondenseres; derved frigøres den energi som blev brugt til at fordampe vandet i kedlen (man udnytter en stor del af den øvre brændværdi). Hermed øges kedelevffektiviteten betydeligt og man taler (i forhold til nedre brændværdi) om 'virkningsgrader på over 100%'.

Faktaboks

Flisleverancer til varmeværk.

I forbindelse med en konvertering og leverancer til nye flisværker, er der ofte behov for at konvertere fra kedeldimensionering til flisleverance.

Kedeldrift

Kedelevffekt	2,50 Mw
Evt. røggaskondensator	1,00 Mw
Samlet kedelevffekt	3,50 Mw
Kedelevffektivitet	90%
Driftstid	4.320 timer
- måneder (fulldrift)	90% 5
- måneder (mellem)	30% 4
- måneder (lav)	10% 3

Energi behov

Indfyret energi	12.000 MWh
-	43.200 GJ
Flisforbrug	4.315 tons
-	15.167 rm

Hvis der bruges røggaskondensering, ønskes ofte flis i den øvre ende af spændet for at udnytte røgvaskeren effektivt. Derimod ønsker man en mere tør flis i en kold vinter, hvor der køres spidslast og kedlen skal yde maksimalt i forhold til flisflowet.

Energiindhold og volumen

Det fremgår ovenfor, at energiindholdet i form af nedre brændværdi afhænger af træets kemiske sammensætning, som med små variationer er nogenlunde konstant ved en given vægt og et givet vandindhold – mens energiindholdet pr. tons leveret flis svinger meget betydeligt med vandindholdet.

Det samme er ikke tilfældet, når man ser på energiindholdet opgjort på volumen. Her betyder fugtindholdet

mindre – en våd og en tør rummeter fylder omtrent det samme. Her er det i stedet flisens tørrumvægt, der er afgørende – hvor meget brændbart tørstof der bliver leveret med hver rm flis.

Her gør en række forhold sig gældende, hvoraf nogle knytter sig til det brændbare materiales beskaffenhed og andre til oparbejdning og håndtering. Med henvisning til faktaboksene drejer det sig om:

- Træart (det meste løvtræflis er tungere end nåletræflis)
- Væksthastighed (for nåletræarter gælder; jo langsommere vækst desto tungere ved)
- Del af træet (grene har højere densitet end stammen – bark og nåle lavere)

Faktaboks

Faktabokse om træarter, stammedele, energiindhold og fastmasse. Alle faktabokse er gengivet eller bearbejdet fra Gamborg & Stenholm (1998)

Nedre brændværdi for træets kemiske bestanddele

Bestanddel	MJ/kg
Cellulose	17,5
Lignin	25,5
Harpiks m.v.	36,5
Nåletræ (middel)	19,2
Løvtræ (middel)	19,0

Rumtæthed for stammeved

Træart	Rumtæthed kg/kfm	Indeks
Avnbøg	640	110
Bøg, eg, ask, rødeg	570-580	100
Ær, birk	510-540	90
Lærk	460-480	80
Skovfyr	420-430	75
Rødgran, sitka	370-400	65
Pil, poppel	350	60
Grandis	300-310	50

Rumtæthed af stammedele i rødgran

Del af træet	Rumtæthed kg/kfm	Indeks
Stamme	400	100
Grene	475	119
Bark	350	88
Nåle	350	88
Topender	400	100

Fastmassetal

Flistype	Fastmasse kfm/rm flis
Stamme	0,4
Heltræ - stor dimension	0,38-0,40
Heltræ - lille dimension	0,36-0,38
Grene og toppe	0,34-0,38

Tørrumvægt

Træart	Tørrumvægt kg/rm flis
Hurtigtvoksende gran	130-140
Langsomtvoksende gran	160-180
Løvtræ	180-220

Energiindhold:

Eksempel	43%
19,2 – (0,21642*F)	10,09 GJ pr. tons
- Hvor 19,2 er nedre brændværdi (GJ pr. tons) og F er fugtindhold i %	

Desuden spiller fastmassen (kfm/rm) en stor betydning. Den bliver normalt kun opgjort i forbindelse med efterkalkulation af energitræ – hvor volumen er præcist opmålt på forhånd. Den varierer med:

- Materiale – dimension og grenmængde
- Huggertype – en tromlehugger giver lavere fastmasse end en skivehugger
- Flistype (jo finere hugget flis jo lavere fastmasse)
- Tidspunkt i processen (typisk sætter flisen sig ved omlæsning og håndtering – ikke mindst i forbindelse med kranlæsning på lastbil, hvor læsset komprimeres for billigst mulig transport).

I praksis ser vi ofte, at tørrumvægten ligger på 150-200 kg/rm med et energiindhold på 2,6-3,5 GJ/rm afhængig af ovenstående parametre.

Praktisk betydning

Vi kan altså konstatere, at der er mange parametre, som har betydning for flisens energiindhold – og at der er strukturel forskel på betydningen, afhængig af, om man betragter vægt (tons) eller volumen (rm).

Disse forhold mødes naturligvis omkring økonomi og prisfastsættelse – som er særligt udfordrende fordi

flisen handles på to forskellige måder i hver sin ende af værdikæden:

- På varmeværket handles efter energi – det er den enhed, som varmeværket køber og producerer. Prisen fastsættes pr. GJ og i praksis afregnes efter brovejning (vægt) og fugtbestemmelse.
- I skoven handles efter volumen (rm) – det er den enhed, som produceres og 'kan ses i skoven' og som ofte også hyppigt anvendes til akkordaflønning af entreprenører.

Der er altså tre centrale enheder i spil i prisdannelsen (GJ, tons, rm) og stor spredning på determinanterne (tørrumvægt, fastmasse og fugt) – hvoraf de fleste umiddelbart er uden for skovejerens kontrol. Derfor kan det for den enkelte ejer være vanskeligt at svare på helt naturlige spørgsmål som:

- Får jeg den rigtige pris for mine produkter?
- Får jeg samlet set optimeret min afsætning?

Svarene på disse spørgsmål er ikke helt trivielle. Men nu, hvor de helt grundlæggende forhold omkring 'flisens natur' er på plads, er der basis for at forsøge en nærmere afklaring. Læs herom i Kapitel 4. Skovflis – hvad med økonomien? hvor der fokuseres på netop afregning, pris, prisoptimering og rimelige krav til handelspartnere, der skal omsætte flis.



Endnu et træk flis på vej til kraftvarmeværket.

2. Flisens rolle i skovdyrkningen

På meget lange stræk er der ikke noget særligt at bemærke om flisens rolle i den primære skovdyrkning. På udvalgte områder er der dog forhold, som man skal tage højde for. Det drejer sig især om at indtænke flisen i kulturanlægget og om fjernelse af næringsstoffer.

Som indledningsvist fastslået er skovflis en restproduktion – det der bliver tilbage efter skovbrugets hovedproduktion af gavntræ. I det store og hele er det derfor naturligvis således, at alt der øger den samlede produktion i skoven;

- træartsvalg
- proveniensvalg og forædling
- aktiv skovdyrkning

... også øger produktionen af flis.

Dermed er der ingen grundlæggende forskel på produktion af flis og gavntræ. Tværtimod er muligheden for rettidig flistynding i små dimensioner en vigtig forudsætning for dimensionsudvikling og kvalitet i gavntræet.

Dog skiller tre forhold sig ud i forbindelse med skovdyrkning og flisproduktion:

- Flis kræver meget færdsel med store maskiner – også i vinterhalvåret med øget risiko for våde forhold i skoven (se Kapitel 3. Driftsteknik og praktik ved afvikling af flis).
- Der er mulighed for at øge flisproduktionen ved ekstra indplantning af hurtigtvoksende træarter i kulturerne.
- Ved heltræudnyttelse til flis fjernes flere næringsstoffer fra skoven end ved traditionel skovning.

Vi ser lidt nærmere på, hvilken betydning disse forhold har for skovdyrkningen.



Skovdyrkning set fra luften. Alle former for bevoksninger vil i løbet af omdriften bidrage med flis, - lige fra de første tyndinger til topender fra afdrifter (Foto: Lars Fredslund).

Kulturanlæg

I forbindelse med kulturanlægget, træffer vi de beslutninger, der forpligter os resten af omdriften. Særligt i relation til flisproduktion er det vigtigt, at vi fra starten indtænker den fremtidige drift:

- Fremtidige stikspor skal være brede nok til færdsel uden at skade træerne. Planlæg derfor sporsystemet allerede ved anlæg og beregn en sporbredde på omkring 4 m i anlægsfasen. Afhængig af rækkeafstand kan det svare til 1 eller 2 sporrækker. Hvis man kun ønsker én sporrække, men ikke ønsker at plante med en rækkeafstand på 2 m, som vil være i overkanten for de fleste træarter, er en mulighed at plante i blokke á fx 10 rækker på den ønskede planteafstand – og blot lægge ekstra afstand på fx 1-1,5 m mellem blokkene. Det fungerer ret ubesværet både ved maskinplantning på markjord og ved plantning efter rillepløjning i skov.
- Afstanden mellem stikspor kan maksimalt være en kranlængde fra spormidten. Selv om der er en tendens til, at maskinerne bliver større og kranen længere, skal man også tage højde for maskinførerens udvisning og behov for manøvrerum med

kranen – som i praksis betyder, at det er vanskeligt at tynde længere inde i blokken end 4. række fra spor.

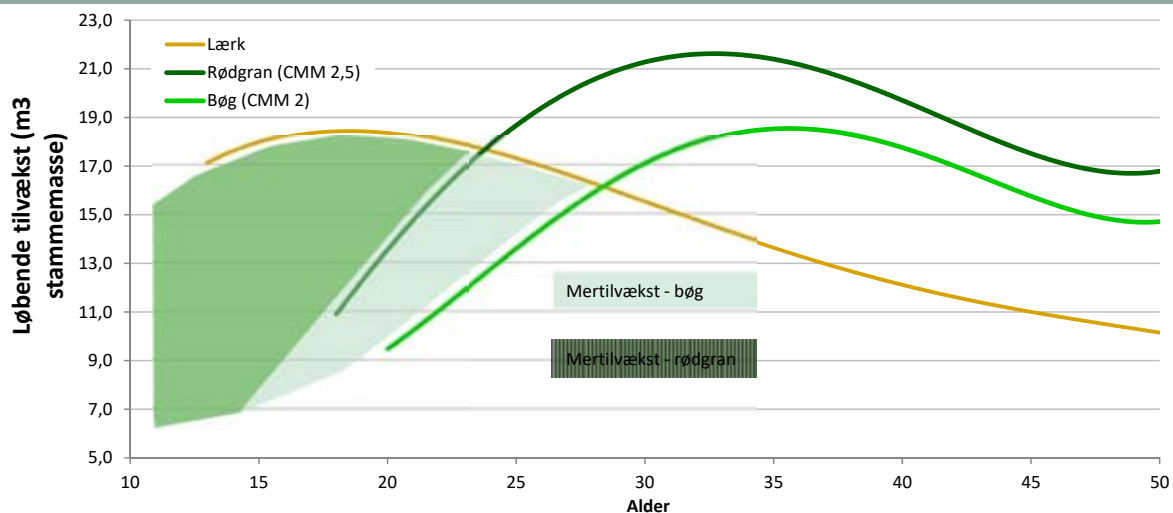
- Overvej også, om det allerede i anlægsfasen er relevant at indtænke bagspor og tværspor – hvilket er mest oplagt i forbindelse med store afdelinger i fx hedeplantager og ved skovrejsning.

Powerkulturer – skovdyrkning optimeret til flisudtag

Ud over at indtænke driftsteknikken i kulturanlægget, er der også mulighed for at øge totalproduktionen fra arealet ved indplantning af hurtigtvoksende pionertræarter på arealet. Det kan både foregå i sporsystemet – som beskrevet ovenfor – og ved spredt indblanding.

De fleste hurtigtvoksende pionertræarter kan anvendes, såsom lærk, skovfyr, poppel, rødell eller birk.

Lærk er en fortrinlig mulighed, både på grund af tilvækst og fliskvalitet. Lærk har en fantastisk evne til at udnytte vækstrummet og som det fremgår af Figur 2.1 er merproduktionen i forhold til fx rødgran og bøg i mellembonitet ganske betydelig.



Figur 2.1: Løbende tilvækst af hybridlærk, bøg og rødgran. De grønskraverede arealer angiver gevinstpotentialet – som ved en indblanding af 30-40% lærk i praksis kan modsvare et udtag på måske 200 m³ flis pr. ha med et positivt dækningsbidrag uden tilvæksttab i hovedtræarten.

Et eksempel på en vellykket powerkultur med grandis som hovedtræart ses i Figur 2.2. Kulturen er anlagt på sandet landbrugsjord og allerede efter 8 vækstsæsoner har lærk opnået en diameter i brysthøjde på 11 cm og kan snart tages som flis med et positivt dækningsbidrag. Til delvis sammenligning ses der i Figur 2.3 en blandingsbevoksning af eg, lærk og omorika med samme lokalitet og alder.

Det er naturligt, som ved alle andre blandingsbevoksninger, afgørende vigtigt med rettidig hugst. Hvis man kommer for sent med de første tyndinger, forvandles

gevinsten ved den hurtige ungdomsvækst i lærk til et problem, der vil give skader i hovedtræarten.

Den merproduktion af skovflis, der kan laves med powerkulturer er betydelig – både for skovejer og for skovbrugets bidrag til klimaregnskabet. Partnerskab for Ansvarlig Træbiomasse har beregnet en samlet, potentiel klimavirkning på over 500.000 tons CO₂e pr. år i kraft af denne dyrkningspraksis.



Figur 2.2: Grandis og lærk efter 8 vækstsæsoner. Bemærk den ekstra plads, der er lagt ind på venstre side af lærkerækken – sporbredden vil blive 4 m efter hugst.



Figur 2.3: Powerkultur i løvtræ. Her ses en blandingsbevoksning af eg, lærk og omorika. Bevoksningen er fra samme skovrejsningsprojekt og således også 8 vækstsæsoner gammel. Her er dimensionsforskellen på powertræarten (lærk) og hovedtræarten (eg) endnu større.

Næringsstoffer og bioaske

Ved heltræudnyttelse til flis fjerner man flere næringsstoffer fra skoven end ved traditionel skovning. I hvilket omfang - og om det har betydning for skovens langsigtede produktionsevne - afhænger af lokalitet og dyrkningspraksis.

Spørgsmålet om næringsstoffer i flis kan belyses ved at se på asken efter afbrænding. Ved fuldstændig forbrænding forbrændes alt organiske stof - så det er de uorganiske næringsstoffer, der er tilbage i asken. Askeandelen er langt større for grønflis end for stammeved. Det skyldes grundlæggende, at koncentrationen af næringsstoffer er størst i træets vækstpunkter - primært i nåle og bark.

Figur 2.4 viser indholdet af makronæringsstoffer i de forskellige dele af træet. Man kan forsigtigt antage, at indholdet af mikronæringsstoffer er nogenlunde proportionalt hermed.

Det fremgår, at der i begge flistyper er flere af de vigtige næringsstoffer end i stammeved og at for P (fosfor) og K (kalium) er næringsstoffetabst størst for grønflis.

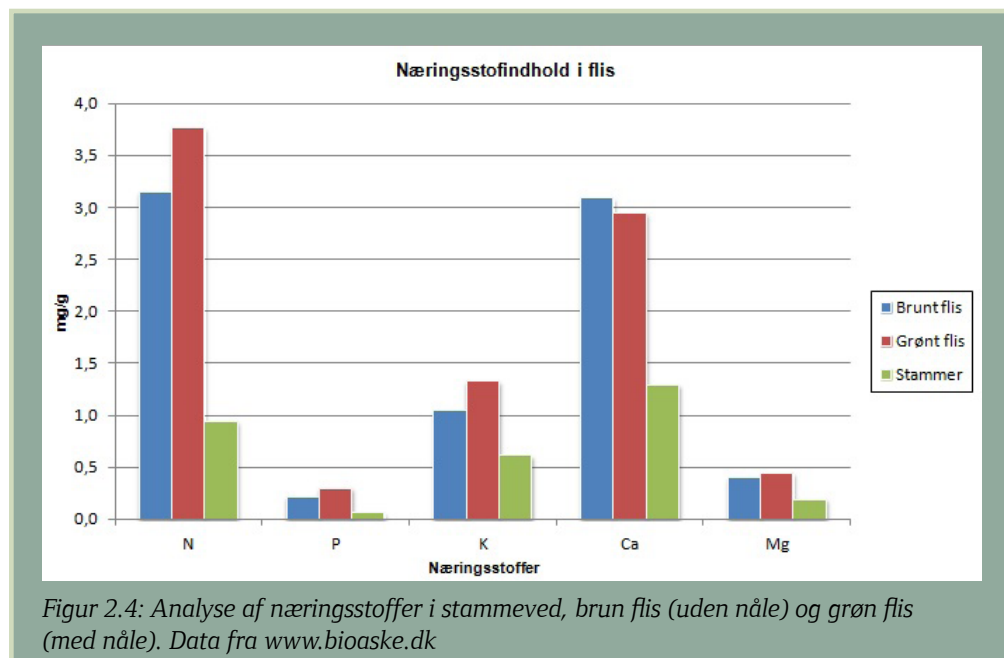
Det fremhæver betydningen af en god flispraksis, hvor flisen fortørres på arealet, så de grønne nåle falder af og forbliver i skoven, så de igen kan indgå i stofomsætningen. Men hvad betyder forholdet i praksis?

Lunde (2020) anslår på baggrund af erfaringer fra en jysk plantage, at set over omdriften (60 år) fjernes omtrent 52 kg P pr. ha og 115 kg K pr. ha - svarende til omkring 1 kg P og 2 kg K pr. ha om året. Selv om udtaget dæmpes af en vis atmosfærisk deposition, står det tilbage at en konsekvent flishugst over tid vil reducere næringsstofpuljen i skovbunden.

Hvorvidt det er problematisk for dyrkningsgrundlaget, er lokalitetsbestemt.

Den allermest nærliggende måde at håndtere spørgsmålet om den mulige langsigtede konsekvens af næringsstofdræn i forbindelse med flishugst - er naturligvis at tilbageføre flisasken (bioasken) fra varmeværket til skoven; så har vi lavet et sluttet kredsløb, hvor de vigtige næringsstoffer ender, hvor de kom fra.

Forholdene omkring bioaske er veldokumenterede - se fx bioaske.dk. Det er også både tilladt og praktiserbart at udbringe bioaske i skoven. Man skal dog være opmærksom på, at bioaske efter 2019 er optaget som en gødningstype i 'Register for Gødningsregnskab' og at man derfor både skal foretage indberetning til registeret og overholde de normer, der her er fastsat for bla. den maksimale udbringning af (P) fosfor.



3. Driftsteknik og praktik ved afvikling af flis

Som skovejer gør man sig naturligvis nogle overvejelser før man går i gang med et flisprojekt - Både i forhold til proces og økonomi. I dette kapitel beskæftiger vi os med praktikken i forbindelse med afviklingen – og giver gode råd om den vigtige forventningsafstemning af flisprojektet, der ofte har en lang gennemløbstid.

Inden et flisprojekt startes op, bør der foretages en grundig forventningsafstemning mellem ejeren og den projektansvarlige. Her skal processen omkring afvikling, tidshorisont, forventninger til slutresultatet samt økonomien afstemmes. Disse forhold hænger ofte sammen.

Generelt

Når man skal vælge sin aptering (aflægning af træet i forskellige sortimenter) er flis som tidligere anført 'mindste fællesnævner'. Kan man ikke lave andet, så kan man lave flis. Træarterne skal ikke holdes adskilte, man kan tage træer i alle størrelser med, og det betyder ikke noget om der er lidt råd, misfarvninger, eller store knaster i træet. Det er også derfor, vi med god samvittighed kan kalde flis for et 'restprodukt' i forhold til debatten om klimaneutralitet – se Kapitel 5. Skovflis og bæredygtighed

Produktion af flis kan fint kombineres med skovning af andre gavntreffeffer. Dette praktiseres både i løv og nål, hvor værdifulde effekter udtages i bunden af stammerne, mens toppe/vragtræ lægges af til flishugget.

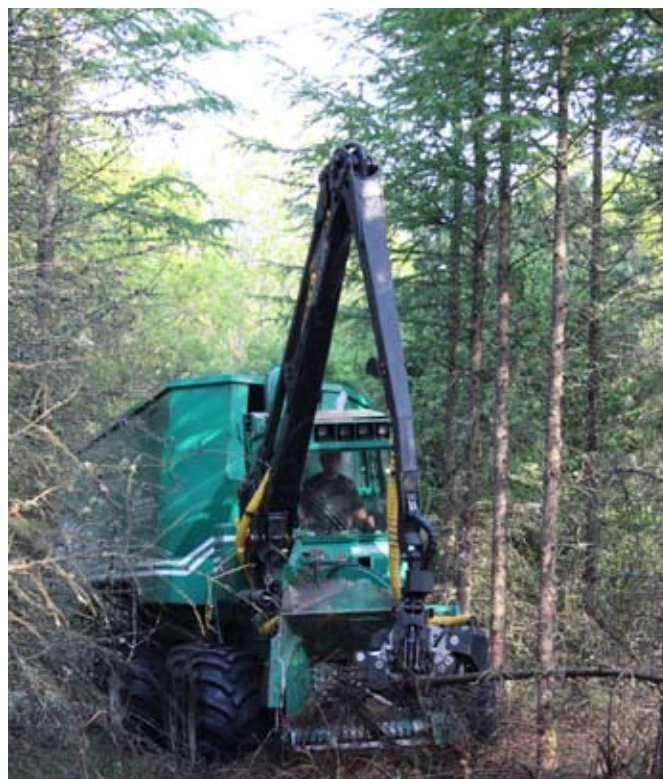
Som regel går man efter den bedste økonomiske løsning (højeste nettoafregning til skoven) for afvikling af et flisprojekt. Nogle gange er der dog ikke tid til, at træet kan ligge og fortørre på arealet, og andre gange står træet på et vandlidende areal. Hér vil man typisk vælge at køre træet ud til en bilfast plads mens føret er godt, selv om det isoleret set måske ikke er den økonomisk bedste løsning.

Projektets størrelse har en stor betydning for det økonomiske resultat. Det er dyrt at flytte maskiner, og i små flisprojekter vil flytteomkostningerne betyde forholdsvis meget. Især på små ejendomme kan det være en fordel at samle så mange flisopgaver som muligt, når man nu er der med udstyret. Derved belaster opstartsom-

kostningerne den enkelte rummeter mindre økonomisk - selvfølgelig forudsat, at det er opgaver som trænger til at blive løst! Man skal naturligvis ikke begynde at skove træ som egentlig ikke trænger til at komme væk, eller hugge gavntre til flis - bare for at få noget volumen på et flisprojekt.

Tørring af flistræ

Under danske forhold gælder det som udgangspunkt, at alt nåltræ skal tørre ned inden træerne flishugges. Det gøres for at nedbringe vandindholdet i flisen, og for at nålene skal drysse af træerne. Frisk gran har et vandindhold på 55-60% af totalvægten. De fleste kunder (varmeværker) vil gerne have tør flis, og de fleste kunder vil



Silvatec-hugger i færd med at hugge flis i en lærkebevoksning

ikke have grønne nåle i flisen. Desuden har skovejerne en interesse i at bevare så mange nåle som muligt i skovbunden, da der er mange næringsstoffer i disse. Træet tørrer bedst over en sommerperiode.

De fleste løvtræarter kan om vinteren flishugges uden forudgående nedtørring. Fældes de med blade på (syrefældning), vil det være muligt at lave god flis af dem efter en kort nedtørringsperiode. Hér sker der en stor udtørring af træerne via bladene. Frisk løvtræ har et vandindhold på 45-50% af totalvægten.

Fældning

Fældning af træer til flishugst kan som udgangspunkt gøres på en af de måder som er beskrevet i Tabel 3.1.

Hvis en skovejer selv ønsker at skære træ ned til flis-hugst, så vil det typisk være med motorsav. Det kan være en fin løsning, hvis skovejeren gerne vil holde de eksterne omkostninger nede og samtidig træne i verdens bedste motionscenter - men det er i så fald meget

vigtigt, at skovejeren får en god og klar instruktion i hvordan træet skal nedskæres. Hvis det ikke ligger optimalt for den efterfølgende flishugning eller udkørsel, løber der ekstra unødvendige omkostninger på senere i projektet, hvilket hurtigt kan udhule værdien af ejers eget arbejde.

Fældning købes ofte ind på timeløn. I tyndinger er det meget vigtigt, at det er de rigtige træer der fældes. Normalt fjernes de små træer, krumme træer, 'krukker' (træer med lavt satte, grove grene) og træer med skader. Hvis der arbejdes på timeløn, har maskinføreren kun incitament til at fjerne de rigtige træer, mens der ved akkordaflønnings er risiko for at der tages for mange store træer med for at hæve præstationen.

De forskellige nedskæringsmetoder kan sagtens kombineres i et flisprojekt. Fx kan man lade en skovningsmaskine ligge toppe og vrags træ af til flishugst på en afdrift, og samtidig lave rækkehugst med motorsav et andet sted på ejendommen. Træet flishugges så med den samme maskine, når det skal leveres.

Fældemetode:	Bruges typisk til:	Fordele:	Ulemper:
Manuelt	Sporindlæggelse, afdrift småt træ, afdrift stort træ	Lille startomkostning	Lav præstation
Klipper	Tyndinger, oprydning, meget 'busket træ'	Lille startomkostning, lave stød, god til stormfald, høj præstation, kan lægge træet tilrette for udkørsel	Begrænsning på diameter, lav rækkevidde
Fældebunkelægger	Tyndinger, afdrifter	Lang rækkevidde, høj præstation, kan lægge træet tilrette for udkørsel	Begrænsning på diameter, høj startomkostning
Skovningsmaskine	Afdrift (toppe og vrags til flis)	Høj præstation, god aptering af træet, god oprydning, kan lægge træet tilrette for udkørsel	Høj startomkostning

Tabel 3.1: Fældemetode - Her ses de gængse fældemetoder inkl. fordele og ulemper



Kombineret aflægning, hvor topender i forbindelse med skovning aflægges til flis.



Manuel afdrift af stort dimensioneret poppel. Bundstokken afsættes til embalagetræ og toppen som flis.

Tynding af mellemaldrende rødgran med fældebunkelægger. Denne maskine har en lang rækkevidde, høj præstation og kan lægge træet optimalt tilrette for terrængående hugning.

En gravemaskine påmonteret et klippeaggregat er velegnet til tyndinger og oprydning af meget busket træ.



Man vælger til tider at køre flistræet ud til bilfast vej til efterfølgende flishugning. Det giver god mening;

- På jordtyper, hvor færdsel med maskiner om efteråret/vinteren ofte er umuligt (lerjord og vandlidende jord).
- Hvor der er stejlt terræn.
- Hvis træet der skal flishugges er for stort til at flishugge med en terrængående flishugger (som har en max. indmadningsdiameter på ca. 40 cm).
- Hvis det på grund af tidspres ikke er muligt at lade træet fortørre på arealet.

Vær dog opmærksom på, at selv om udkørsel af grønflis kan være fristende, fordi det giver en hurtig rydning af arealet, er der væsentlige ulemper:

- Grøn og våd nåletræflis kørt i store stakke giver ofte en dårlig fliskvalitet – stakkene kan kompostere, og dermed blive usælgelige.
- Hvis ikke nåle og fine kviste efterlades på arealet fjerner man næringsstoffer, som især på svage jorde kan forringe dyrkningsgrundlaget.
- Ofte vil oparbejdningen på denne måde blive et klik dyrere.

I forbindelse udkørsel af træ til flisning ved bilfast vej, skal man være meget opmærksom på ikke at få fremmedlegemer blandet i træet. Sten og jord er 'trælse' at

få i en flishugger og sløver knivene. Værst er jern og stål (fx. gamle hegnsmaterialer), som kan ødelægge både knive og andre vitale dele i flishuggeren, med meget store omkostninger til følge.

Som udgangspunkt er det skovejers ansvar, hvis der sker maskinskade som følge af fremmedlegemer i flistræet.

Flishugning

Der er som udgangspunkt to muligheder for at flishugge træet fra skoven.

Med en frontmadet terrængående flishugger eller og med en sidemadet 'lastbilhugger' ved bilfast vej. De for-



Foto øverst. Traktormonteret TP hugger i færd med at hugge topende i en afdrift af rødgran. Denne type kan hugge flis i tyndinger og på afdrifter. Maks diameter på topenderne er 40 cm, men oftest vil middeldiameteren være omkring 12-14 cm.

Foto tv. Albach-hugger er velegnet til hugning af heltræstakke. Den har indbygget en kløve-mekanisme, så alle dimensioner kan medtages. Den har en høj præstation og hvis der køres direkte i lastbilcontainere skal logistikken være helt i orden.



skellige typer flishuggere kan lave forskellig størrelse flis. Når der leveres flis til varmekærker, ønskes så grov flis som muligt.

En terrængående frontladet flishugger bruges de steder, hvor flistræet ikke køres ud. Den har en begrænsning på ca. 40 cm i diameter på det træ, som skal flishugges. Der vil typisk være en frakører mellem flishuggeren og pladsen, hvor flisen skal enten tippes i containere eller en stak.

En lastbilhugger fås i forskellige størrelser. Den type, der efterhånden bruges mest, kan flishugge træ op til 80 cm i diameter. Den er monteret med en kapsav på kranen og har samtidig et kløveaggregat, hvorved den stort set kan flishugge alle dimensioner.

Uanset hvilken type flishugger der anvendes, er der tale om dyrt grej, der stiller krav om høj præstation, hvis omkostningen skal holdes nede. Det vil sige at træet, som skal flishugges, skal være lagt til rette således, at flishuggeren kan arbejde kontinuert og optimalt. Er der opgaver i processen, der er besværlige, vil det normalt være økonomisk mest fordelagtigt, at det er de mindst omkostningstunge maskiner, som skærer træet ned eller kører træet ud, der bruger ekstra tid.



Transport

Modsat rundtræet fra skovene, der handles af skovvej, så handles flis som regel med kunden af varmekærk. Derfor skal transporten også indregnes i projektet.

Uanset hvordan et flisprojekt gennemføres, så ender det med, at der skal fyldes noget flis på nogle lastbiler. Dette kræver plads. Det bør aftales allerede ved projektstart, hvor denne plads er, så man også har chance for at etablere en plads eller udvide en eksisterende plads, inden den skal bruges.

Når der flishugges med en terrængående flishugger og flisen leveres direkte på varmekærk, vil der typisk være en 'frakører' (typisk traktor med højtipvogn), der kører flisen fra flishugger frem til containere. Pladsen som disse containere skal stå på, skal være så stor, at der kan stå 4-6 containere á 50 m³/stk., samt tilstrækkelig plads til at frakøreren kan færdes ubesværet.

Hvis flisen hugges og køres sammen i en stak, skal den ligge så lastbilerne kan komme til at hente stakken, og samtidig holde på bilfast vej. Et fyldt lastvogntog kan veje op til 58 ton, så pladsen og vejen skal kunne bære denne vægt. Her skal man være realistisk i sin planlægning; det er ikke sikkert, at en vej som kan bære lastbiler en solskinsdag i august måned, kan bære lastbiler på en regnvejrsdag i januar måned.



Her holder lastbilen ved siden af flishuggeren og her får man udnyttet de dyre grej maksimalt.

Bredden på vejene skal være minimum 3,5 meter, samt med en fornuftig rabat i begge sider. Der skal være en frihøjde på minimum 4,5 meter, som lastbilerne skal kunne køre under. Heltræ til flishugst samt flisstakke må ikke placeres således, at lastbilerne skal sætte i gang med fyldt læs op ad en stejl bakke.

Placer **aldrig** stakke eller containere under eller tæt på elledninger – der er sket dødsulykker i forbindelse med højtipning af flis!

Hvis træet, som skal flishugges, køres ud som heltræ og ligges i stak til flishugning med en lastbilhugger, så skal der være plads til at holde på siden af stakken med denne lastbilhugger. Blæses træet i en flisstak når træet flishugges, skal der være en plads til denne, og blæses flisen direkte i lastbiler, så skal der (helst) være plads til, at lastbilerne kan holde på siden af flishuggeren. Det kan også lade sig gøre for lastbilerne at holde bagved flishuggeren på samme vej, men så går der ekstra tid for bilerne med at skifte containere – og spildtid for flishuggeren, der ikke kan hugge noget mens der skiftes containere, hvilket resulterer i en dyrere oparbejdning.

Efter træet er flishugget og kørt væk

Det er tungt maskineri, der køres med i skovene og på skovvejene, når der laves flis. Det kan som regel ses på sporene og vejene, hvor maskinerne og lastbilerne har kørt efter flishugst. Dette forhold skal en skovejer være bekendt med inden igangsætning af et flisprojekt.



Eksempel på en god fast vej, der kan modstå et flisprojekt selv i dårligt føre.

Det er som regel ikke nedskæring af træ til flishugst, der giver opkørte spor. Dette foregår jo enten manuelt eller maskinelt med en ikke så tung maskine, der kun kører på sporene én gang.

Det er når træet skal køres ud af skoven, og der skal køres mange gange på nogle af sporene, at der forekommer opkørte spor. Dette gælder uanset om træerne er flishugget, inden de køres ud, eller om træet køres ud, inden det flishugges på en plads.

Det er en stor og krævende opgave at bjærge flisen ud af skoven så skånsomt som muligt. Det besværliggøres af, at:

- Varmeværkerne skal bruge det meste af flisen, når der er vådt i skoven – og i de senere år har vi set en tendens til, at efterår og vinter i skoven er meget våde!
- Mange skove har for dårlig infrastruktur – veje og læssepladser i forhold til den tonnage, der skal ud af skoven.

Skovdyrkerne – og andre ansvarlige operatører – tager så store hensyn til skov og vej som overhovedet muligt. Det er dog vigtigt at understrege, at det ikke er en del af et standard-flisprojekt, at lave reparationer af spor, veje og pladser. I givet fald skal det aftales særskilt.

På samme måde er det ikke en normal del af et flisprojekt at fjerne eller grenknuse de flisrester eller brækkede grene, nåleaffald mv., der altid vil ligge tilbage efter et flisprojekt.



Skader på skovvejen efter et flisprojekt.

Forløbet i et typisk flisprojekt

Med forskellige variationer, vil forløbet i et flisprojekt ofte være:

- 1) Det aftales mellem skovejeren og den lokale skovfoged, hvad der skal ske og hvornår det skal ske.
- 2) Den lokale skovfoged screener arealerne, hvor der skal laves flis, tjekker og forholder sig til risikoelementer (naturindhold, fortidsminder og andre forhold) der skal respekteres i processen og udfærdiger arbejdsordre til den entreprenør, som skal lave nedskæringen.
- 3) Der planlægges en optimal rute i forhold til andre projekter til nedskæring, og ejeren bliver adviseret inden maskinerne går i gang.
- 4) Når flisen er tørret ned, og der er afsætning på varmegærkerne, er det tid til flishugning. Hugningen afvikles efter en ruteplan for at holde flytteomkostningerne nede. Ejeren adviseres inden flishugning går i gang.
- 5) Når alt flisen er kørt på varmegærk afsluttes flisprojektet. Skovejeren modtager en afregning for salg af flis, samt en faktura for oparbejdning. Normalt mellemfinansierer Skovdyrkerne nedskæringsomkostningerne, indtil flisprojektet afsluttes.
- 6) Al flis, som leveres på varmegærk, handles i energienheden gigajoule (Gj). Hvert læs bliver vejjet, og der udtages flis til bestemmelse af fugtindholdet i hvert læs (se også Kapitel 4 Skovflis - Hvad med økonomien?). Herefter beregnes energiindholdet i det enkelte læs. På afregnings- og fakturabilagene fra Skovdyrkerne, vil skovejeren ofte opleve, at alle enhederne er omregnet til en pris pr. rummeter.
- 7) Skovdyrkerne modtager data om fugtindhold i den leverede flis efter hvert månedsskifte – normalt omkring 10 dage inde i efterfølgende måned. Herefter forløber projektadministrationen – hvor alle indtægter (måske fra forskellige værker) skal parres med omkostningerne. Derfor går der nogen tid fra flisen er kørt fra skoven, indtil en skovejere modtager en opgørelse af flisprojektet.



Skovflis fra terrænhugning læsses her direkte i containere.

4. Skovflis – hvad med økonomien?

Økonomien i et flisprojekt påvirkes af en række faktorer lige fra fældning til afregning på varmekværk. Alle faktorer kan variere fra det ene projekt til det andet. Hvis blot et enkelt led går galt, kan hele overskuddet forsvinde. Man skal derfor være opmærksom på alle led i processen for at få et rimeligt nettoudbytte. Meget få ejendomme kan klare alt selv, og derfor må man vælge den rette entreprenør og handelspartner.

Efter en gennemgang af flis som brændsel og praktikken i forbindelse med afviklingen af projekterne er spørgsmålet: Hvad er økonomien i skovflisen?

Emnet er af flere grunde ikke trivielt. For det første fordi skovflis, som tidligere beskrevet, er en meget elastisk størrelse. For det andet fordi man naturligvis ikke kan snakke økonomi uden at sætte tal på. Desuden er der meget store forskelle på landsdele, skovstruktur, projektstørrelse, terrænforhold og en række andre faktorer, der er bestemmende for bundlinien.

Uanset, hvilke forudsætninger der anvendes, vil nogle læsere tænke, at 'det kan jeg gøre meget bedre' eller 'det lyder da langt bedre end min situation i dag' – uden at nedenstående gennemgang nødvendigvis kan overføres 1:1 til den situation, man konkret måtte stå i. Så er forbeholdet på plads.

Gennemgangen skal betragtes som en guideline for flisøkonomiens indre mekanik – og med den er man godt funderet, og kan møde sine samarbejdspartnere i nogenlunde øjenhøjde.

Salg og afregning af flis

Kunderne til den danske skovflis er hovedsageligt varmekværker – som laver ren varmekonstruktion – og kraftvarmekværker, som laver både el og varme.

Normalt vil flis være hovedbrændsel med mulighed for spidslastfyring med et andet brændsel, fx træpiller eller naturgas. Fyring med støttebrændsler vil oftest være utilstrækkelig til at dække det samlede forbrug – og er i øvrigt for dyrt.

Derfor er forsyningssikkerhed og et stabilt flow i takt med værkets behov af afgørende betydning for værker-

ne. Og derfor handles hovedparten af flisen på ét- eller flerårige kontrakter, hvor leveringspligt og leveringsret låses for – mindst – den kommende sæson.

Ud over mængde og pris fastlægger kontrakterne også krav til kvalitet samt leveringsplanlægning og logistik.

Prisen aftales altid efter energiindhold, altså brændværdi i kr. pr. GJ leveret på værk. Energiindholdet opgøres for hvert læs og fastlægges efter vægt og fugtindhold. Se evt. Kapitel 1. Grundlæggende om skovflis for nærmere gennemgang af forhold, der har betydning for flisens energiindhold.

Bemærk i øvrigt, at der er forskellige formler til beregning af brændværdi i markedet. De er naturligvis alle tilnærmelser og udtryk for en kommerciel virkelighed

Faktaboks

Energiindhold (Brændværdi)

Fugtindhold i leveret flis	42,5%
$19,2 - (0,21642 \cdot F)$	10,00 GJ pr. tons
$19 - (0,214 \cdot F)$	9,91 GJ pr. Tons

Hvor konstanten er nedre brændværdi (GJ pr. tons) og F er fugtindhold i %

Bemærk, at der er flere formler i spil i markedet og de flugter ikke 100%. I eksemplet er en afvigelse på 1,0% mellem de to formler – og 1% på toplinien kan i et flisprojekt give 5% på bundlinien

– men de giver typisk en afvigelse på omkring 1%. Det kan virke marginalt, men flisøkonomi er de store tals lov, og forholdet har faktisk indflydelse på bundlinien, hvor 1% afvigelse på toplinien kan afleje sig med en virkning på måske 5%.

I praksis fastlægges energiindholdet ved vejning af læsset samt fugtbestemmelse af en mindre stikprøve. Læsset brovejes ved tilkørsel (lastbil med læs = bruttovægt), og den aflæssede lastbil brovejes tilsvarende ved udkørsel (nettovægt = bruttovægt – aflæsset lastbil). Stikprøven udtages enten manuelt med en spand eller med et stikprøveudstyr, der presser en prøveudtagningsdorn ned et tilfældigt sted i læsset.

Ud af stikprøven (ofte 10 liter) udtages en mindre del (500 g) til fugtbestemmelse. Det sker igen ved vejning. Prøven vejes først, og sættes derefter til nedtørring i ovn ved 105 grader C i 24 timer. Herefter vejes den nedtørrede prøve, og fugtindholdet bestemmes som forskellen mellem de to prøver. Den meget lille stikprøve – 500 g ud af et helt læs på måske 28 tons flis – giver en betydelig stikprøvefejl på læsniveau. Stikprøvefejlen stabiliserer sig dog på tværs af mange læs og er et af de forhold, som man må leve med i værdikæden for flis.

Meget få af de omkring 25.000 skovejere i Danmark kan præstere et vedvarende flow, der gør den enkelte ejer egnet som kontraktholder til et varmeværk. Selv et mindre landsbyværk med en 4 MW kedel kræver i størrelsesordenen 25.000 rm, eller knap 10.000 m³, pr. år. Hvis flis udgør 50% af sortimentsudfaldet, skal der doubles op for at finde den tilsvarende balancehugst (altså 20.000 m³). Og så har vi sorteret de allerfleste skovdistrikter

fra. Samtidig kræves ikke bare adgang til råvarer, men også logistik og kapacitet til at levere efter værkets behov. Derfor er der behov for at konsolidere mængderne, og der er næsten altid (mindst) et handelsled mellem den enkelte skov og varmeværket.

Flisprisen

Til videre brug i denne kapitel arbejdes der med en kalkulationspris 'til skoven' på 42 kr. pr. GJ leveret på værk. Det er altså den pris, som skoven afregnes med fra sit afsætningsled (fx Skovdyrkerne eller fra en skoventrepreneur).

Prisen skal dække produktionsomkostningerne fra fældesnit til aftipning i varmeværkets flisgrav – samt naturligvis ikke mindst skovens bundlinie (NPR).

Den anvendte kalkulationspris er et eksempel, som ikke her må tages som udtryk for en konkret markedspris. Der kan være betydelige regionale forskelle, og der kan være stor forskel på, hvilke ydelser der indgår i prisen.

Som bekendt er der hverken brovægte eller udstyr til fugtbestemmelse i skoven. Så i takt med, at man arbejder sig bagud i værdikæden – fra varmeværket og ud i skoven – skifter handelsenheden fra energi (GJ) til volumen (rm løs flis). Volumen er også traditionelt den faktor, der bruges til at opgøre skovproduktion.

Som tidligere gennemgået er der meget stor forskel på 'våd møgflis' og 'god tør flis'. Baseret på den valgte kalkulationspris vil man se en typisk afregningspris på 115-120 kr. pr. rm flis – men med en meget betydelig spredning afhængig af tørrumvægt og fugt. Se tabel 4.1.

Flistype	Tørrumvægt		Kalkulationspris 42,00 kr pr. GJ				
	kg/rm flis		kr/rm løs flis				
Fugtindhold %	Interval	Kalkulation	35%	40%	45%	50%	55%
Hurtigtvoksende gran	130-150	150	113	111	108	106	102
Ammetræer (lærk, poppel, rødell)	140-170	160	120	118	116	113	109
Langsomtvoksende gran og skovfyr	160-180	170	128	125	123	120	116
Contortafyr og bjergfyr	180-200	180	135	133	130	127	123
Løvtræ (ædel løv)	180-220	200	150	148	144	141	136

Tabel 4.1: Flispris - pr.rm løs flis - forskellige flistyper og forskelligt fugtindhold. Ud over træart påvirkes tørrumvægt af fastmassetal (som igen påvirkes af dimension, del af træet, huggertype, lagring og transport). I tabellen er angivet typiske tal for velhugget flis.

Tabel 4.1 viser ikke teoretiske yderpunkter, men et almindeligt forekommende 'sortimentsudfald'. Det fremgår at variationsbredden er meget betydelig og svarer til 48 kr./rm (47%) mellem yderpunkterne.

Det fremgår også, at opgjort på volumen betyder den grundlæggende fliskvalitet mere end fugten. Prisvariationen i tørrumvægt ved en given fugt er omkring 35 kr./rm, mens fugtvariationen ved en given tørrumvægt er 10-15 kr./rm.

Værdikæden – fra fældesnit til flisgrav

Den bedst opnåelige afregningspris på varmeværket er den yderste ende af skovens værdikæde. Men inden flisen ender der, skal den igennem de øvrige led:

1. Fældning
2. Terræntransport
3. Flishugning
4. Lager (evt.)
5. Landevejstransport

Den praktiske gennemførelse af flisprocesserne i skoven er beskrevet i Kapitel 3. Driftsteknik og praktik ved afvikling af flis. Med henvisning hertil og med fokus på skovens økonomi bemærkes det indledningsvis, at der er meget stor spændvidde i prisen (omkostningerne) for de enkelte deloperationer.

En del af prisvariationen afhænger af metodevalget – flishugning ved bilfast vej er således langt billigere (måske 40-50%) end flishugning i terræn. Til gengæld er terræntransporten ved denne metode ofte tilsvarende dyrere (godt og vel).

Men også efter metodevalget er lagt fast, er der meget store 'alt andet lige' forskelle. De beror især på:

Projektstørrelse: Der er ofte store opstartsomkostninger – fx to gange blokvognstransport af maskiner – i forbindelse med flisprojekter. Derfor er der generelt betydelige stordriftsfordele, samt fordele ved en stramt koordineret fremrykning på tværs af ejendomme og projekter.

Skovstruktur og infrastruktur: Gode veje, gode stikspor (mindst 3,5 m brede), tværspor i bevoksninger med stiksporslængde over 200 m samt læggepladser med passende afstand til bevoksningen er vigtige, især

for flisekvipagen (flishugger + frakører). Hvis frakøren ikke kan nå en runde på 15 minutter, vil den ofte være flaskehals for flishuggeren – som er den dyreste maskine.

Befæstede læggepladser af passende størrelse og med gode tilkørselsforhold er vigtige. Det gælder både for håndtering af containere og især for produktiviteten af lastbilhuggere, der er afhængige af at kunne komme af med et stort flow.

Maskinvalg og maskinfører: Den rigtige maskine og den rette maskinfører gør en stor forskel. Valg af maskinløsning skal også indregne flytteomkostningerne. Det nytter ikke, hvis den mest effektive maskine er så dyr at flytte, at totalomkostningen alligevel bliver for høj. Omvendt nytter det ikke noget, at en maskine er billig og/eller fleksibel, hvis præstationen er for lav.

Balancen mellem maskinvalg og opgavetype er vigtig. Det er derfor en fordel at have samarbejdspartnere, som Skovdyrkerne, der råder over et bredt maskinprogram.

Træstørrelse har betydning for både fældning og flishugning. I begge tilfælde især på grund af antallet af kranbevægelser pr. produceret rm flis. Udslaget er størst for fældning (se Tabel 4.2), men også en terrængående flishugger arbejder optimalt ved en mellemstørrelse svarende til omkring 3-4 træer pr. rm..

Hugstudtag pr. ha betyder en del for både fældning og flishugning. Udtag af ammetræer i tidlige tyndinger hæver ofte præstationen betydeligt, dels på grund af den forøgede træstørrelse, dels fordi maskinføreren nemt kan identificere udhugningstræerne (nem udvisning).

Aflægningsgrænse ved kombineret aflægning af gavntræ og flis er vigtig, ikke mindst i forbindelse med terrænhugning på afdrifter. Hvis man 'pinder træet for hårdt ud' og jagter det sidste stykke 3 m træ, bliver det resterende flisprojekt dårligt på flere parametre:

- Oparbejdning fordyres pga. mindre dimension, mindre udtag pr. ha og grovere toppe med relativt mere grenmasse.
- Fliskvaliteten forringes.

Afstanden til varmeværket er naturligvis afgørende for omkostningen til landevejstransport. Bemærk, at selv

om minimering af omkostninger til transport er en vigtig del af flislogistikken, er det ikke altid muligt at levere til nærmeste varmegærk. På det tidspunkt, hvor der flihguges i en bestemt skov er operatøren måske forpligtiget til at levere til flere varmegærker, ligesom produktionsflowet fra maskinerne kan være større, end nærmeste værk kan aftage.

Ovenstående gennemgang efterlader stadig de afgørende spørgsmål ubesvarede:

- Hvad koster de enkelte operationer?
- Og hvad koster den samlede oparbejdning?

Disse spørgsmål er faktisk endnu vanskeligere at udrede end spredningen på afregningsprisen på flis. Der er dog to sikre konklusioner:

- Uanset, hvor godt flisen er solgt er det let at sætte bundlinien over styr ved en dårlig oparbejdning!
- Spredningen på faktorpriserne gør det vanskeligt at give et entydigt og retvisende billede i forhold til konkrete projekter.

Med disse forbehold giver Tabel 4.3 et billede af spredningen i omkostninger og bud på nogle typiske omkostninger ved forskellige flisoperationer. Tabel 4.4 viser de samlede omkostninger til oparbejdning.

Fældebunkelægger

Opgave Sitkagran bevoksningstype	H _{TYN} (m)	DBH _{TYN} (cm)	Træstørrelse stk/rm	Præstation		Omkostning Kr/rm
				Savsnit pr. time	rm. pr. time	
1. gangstynding - SGR hedeplantage	8,0	10	9,1	220	24	36
2. gangstynding - SGR hedeplantage	10,0	12	5,9	180	31	29
1. gangstynding - SGR god bonitet	8,0	9	8,3	220	26	33
2. gangstynding - SGR god bonitet	13,0	13	3,7	140	38	23

Tabel 4.2: Præstation og træstørrelse - eksempel med fældebunkelægning af sitkagranbevoksninger.

Opgave	Enhedspris (kr/rm)		Bemærkning
1. Fældning til flis - tynding	30	- 40	Fældebunkelægger, klipper, manuel sporhugst
2. Fældning til flis - afdrift	20	- 30	Maskinskovning - aflægning af toppe
3. Flihgugning i terræn	35	- 45	Incl. udkørsel til container eller skovlager
4. Udkørsel af træ til flisning	20	- 30	Afdrift, landskab eller kombineret skovning
5. Fælde-udkørsel	40	- 60	Fældning og udkørsel til hugning ved bilfast vej
6. Flihgugning ved bilfast vej	20	- 35	Stor produktivitet - kræver mange containere eller hugning til depot
7. Læsning fra stak	2	- 4	Ikke nødvendig ved direkte aftipning
8. Opstakning af skovdepot	5	- 10	Excl. evt. overdækning
9. Landevejstransport	20	- 30	

Tabel 4.3: Vejledende omkostningsestimater ved flisoperationer. Meget vejledende estimer for forskellige flisoperationer. Bemærk at der forudsættes rationel opgaveudførelse i projekter > 500 rm og at der ikke er tale om plejeindgreb som tynding i helt små dimensioner, oprydning eller tilsvarende. Naturligvis skal ikke alle operationer udføres i det samme projekt, men der kan godt optræde tillægsomkostninger til fx ekstra opstart, læsning eller depot.

Opgave	Enhedspris (kr/rm)		Bemærkning
	Lav	Høj	
Fældebunkelægning - flihgugning i terræn - landevejstransport	85	- 119	Høj incl. læstillæg
Fælde-udkørsel - flihgugning ved bilfast vej - landevejstransport	80	- 129	Høj incl. læstillæg
Fældning (afdrift) - udkørsel - hugning ved bilfast vej	80	- 99	Høj incl. læstillæg

Tabel 4.4: Estimat for samlet oparbejdning af flis - eksempler på samlet værdikæde. Det er meget vejledende estimer for samlet oparbejdning af flis (under samme forudsætninger som Tabel 4.3)

Som nævnt er omkostningerne i de forskellige dele af værdikæden behæftede med betydelig variation. Derudover er det vigtigt at understrege, at skønnet for højeste / laveste beløb forudsætter, at 'alt er optimalt' hhv. at 'alt går galt' i alle led. I praksis bjærges en stor del af flowet med samlede omkostninger på 90-100 kr./rm.

Projektets bundlinie

Med en stor spredning i afregningspriserne – og en ligeså stor spredning i omkostningerne – hvad så med bundlinien?

Tabel 4.5 viser en beregning af yderpunkterne under de opstillede forudsætninger.

Yderpunkterne kan, under de fastlagte prisforudsætninger, virke ekstreme, især i nedadgående retning, hvor de måske især også kan tages som udtryk for projekter, som ikke bør gennemføres ... eller hvor noget går helt galt.

Men der er også en anden vigtig morale:

Som vi har set, indeholder flisprojekter store tal og mange led, hver med stor variationsbredde. Når man koger tingene ned til bundlinien – på fx 20-30 kr./rm NPR til skoven – så betyder de mange mulige udsving (der som vist let kan udgøre +/- 20 kr./rm i afregningspris og samtidig +/- 20 kr./rm i oparbejdningssomkostninger) en meget betydelig 'usikkerhed' på over +/- 100%.

Der er dermed en stor risikopræmie forbundet med at lave forudgående aftaler om en fast pris pr. rm NPR. Man skal som ejer beslutte, om man ønsker del i denne risiko, eller om man ønsker at overdrage den til sin skovforvaltning / handelspartner / entreprenør – som så til gengæld naturligvis vil beregne sig en større avance for at polstre sig mod tab.

Når det så er sagt – hvor svært kan det så egentlig være at optimere sin bundlinie? Det er jo, trods alt, ikke raketvidenskab, så hvis nu...:

1. man sælger sin flis til højest opnåelige pris
2. holder de lavest mulige oparbejdningssomkostninger
3. evt. kobler dem sammen og sælger til højest mulige NPR

- så kan det vel ikke gå helt galt?! Desværre, jo. For det afgørende er at sigte efter at optimere den rigtige bundlinie!

Den rigtige bundlinie

Den rigtige bundlinie er nemlig ikke projektets bundlinie – hvor man på en god dag kan aflæse om man har lavet et godt og effektivt flisprojekt – isoleret set.

Den rigtige bundlinie er derimod skovens samlede og langsigtede bundlinie. Skovejeren har således ikke megen gevinst af et prangende flisprojekt med gode nøgletal, hvis:

- Det ikke er det rigtige arbejde, der er udført i skoven. Det kan være at der - uønsket - er hugget fra toppen (dvs. hugget de største træer) for at optimere maskinpræstationen frem for at udføre den ideelle tynding.
- Veje og bevoksninger er kørt i stykker fordi opgaven er løst på det forkerte tidspunkt. Eller en entreprenør har følt sig tvunget til at give den lidt for meget gas, fordi han er forpligtet af at have givet 'et (for) godt tilbud'.
- Der er lavet en uhensigtsmæssig aptering, hvor skærbart træ er røget med i flisen. Der vil ofte være en mindre bifangst, men ved at vælge at gå efter meget høje nominelle NPR-priser og kun lave

Fliskvalitet Oparbejdning	Billig oparbejdning	Dyr oparbejdning
God og tør flis	45 kr/rm	-4 kr/rm
Våd og dårlig flis	26 kr/rm	-23 kr/rm

Tabel 4.5: Netto-på-rod beregning af yderpunkterne under de gennemgåede forudsætninger og med den anvendte kalkulationspris. Det er sjældent, man rammer 'yderpunkterne helt rent', men som det fremgår, er spændvidden meget betydelig og i økonomisk forstand går spændet fra stor succes til dundrende fiasko.

fx stortdimensioneret korttømmer og flis af resten, så afskæres muligheden for at lave den optimale sortimentsfordeling. Resultatet er at man får nogle pæne priser pr m3 at prale med, men bundlinien er dårlig fordi mængden af effekter med høj pris er for lille.

- Det viser sig, at man har fået et tilbud, der faktisk var for godt til at være sandt ... men til gengæld får man ikke sine penge.

Flis er et fantastisk effekt og brugt rigtigt giver det skoven store fordele. Vi udnytter vores restprodukter uanset træart, dimension og kvalitet, og vi kan udføre pleje og rydningsopgaver, der i praksis ikke kan løses på anden vis. Desuden får vi ofte besparelser, f.eks. lavere omkostninger til grenknusning af afdrifter.

I skovbruget lever vi af de velbetalte effekter, og vi kan ikke leve af flisen – men vi kan heller ikke leve uden!

Valg af samarbejdspartner

Som det fremgår af gennemgangen, forudsætter et vellykket flisprojekt, at tandhjulene stilles rigtigt i forhold til hinanden – og at der ikke er for meget, der går galt.

Den rigtige handelspartner er solid, har en fornuftig afsætning i det regionale marked, en fair indkøbspolitik og kan på foranledning levere en specificeret afregning, der dokumenterer de afregnede mængder.

Den rigtige entreprenør har det rigtige grej og det rigtige mandskab til opgaven – og kan sit flishåndværk og sin

logistik. Maskinføreren forstår også, at maskinerne er til for skoven – ikke omvendt.

Afsætning og oparbejdning er meget integreret omkring logistik og forsyning af varmeværkerne, og ofte vil der være tale om én og samme samarbejdspartner.

Ud over kravene til konkurrencedygtighed og håndværk er to forhold helt afgørende for valg af samarbejdspartner:

- Der er så mange aspekter og så meget elastik i flisens produktion, økonomi og konsekvenser for skoven, at det er vigtigt at have gensidig tillid og respekt parterne imellem. Det passer bedst til langsigtede relationer.
- Verden udvikler sig konstant og hurtigt, og der er et stort fokus på biomassens rolle i skovbruget. Man bør tage hensyn til EUTR-kravene og ikke mindst hensyn til skovbrugets presserende behov for at synliggøre, at produktionen af flis er bæredygtig og tager de fornødne hensyn til fx sårbar natur.

Derfor bør man altid vælge en samarbejdspartner, der kan dokumentere, at projekter gennemføres i overensstemmelse med kravene i 'Brancheaftale om sikring af bæredygtig biomasse' – som i øvrigt med indfasning fra 2021 vil blive erstattet af et lovkrav i form af bekendtgørelse om 'Bæredygtighedskrav til træbiomasse til energi'.



Når maskinen lander i skoven er det altid spændende at følge første snit. Her er skovfogeden tilstede for at anvise opgaven.

5. Skovflis og bæredygtighed

I de gode gamle dage herskede begrebet 'i skovens dybe stille ro' - hvor skovdriften var et anliggende for skovdyrkeren selv, - uden indblanding udefra, så længe Skovloven blev overholdt. Hvis det engang var sådan - er det ikke tilfældet mere. Og det kan aflæses direkte i de politiske rammer for håndtering og afsætning af flis.

Social Licence to Operate hedder det på nudansk, når man slår fast, at også driften af private virksomheder kræver en accept fra det omkringliggende samfund.

Både skov og klima fylder meget i politik og i danskerne bevidsthed. Der er en enorm interesse for både benyttelse og beskyttelse af de danske skove, og skovprodukterne afsættes i stigende grad på markeder, hvor der også stilles politiske krav om bæredygtig produktion. Det gælder især for anvendelsen af biomasse - herunder den danske skovflis - hvor der dybest set er tale om en fuldstændig politisk reguleret energiproduktion, snare end et frit marked. At der overhovedet anvendes flis i det omfang, vi ser i Danmark, er resultatet af politiske beslutninger om tilskud, afgiftsfritagelse og rammebetingelser for driften af varme- og kraftvarmeværker.

Dermed er forudsætningen for omsætningen af skovbrugets mest udbredte produkt, at politikere og offentlighed bredt set accepterer og anerkender vores praksis. Derfor skal vi som skovdyrkere have orden i penaltet, både når det drejer sig om de *faktiske* forhold (en ansvarlig skovdrift) og når det drejer sig om *fortællingen* (kommunikation om, hvorfor dansk skovproduktion er bæredygtig).

Klimaskoven - og dilemmaerne

Klima står højere på dagsordenen end nogensinde før. Alle er enige om, at skoven spiller en vigtig rolle i klimaforandringerne - men der er stor uenighed om *hvilken* rolle. Lad os se nærmere på, hvorfor de danske skove bidrager mest, når de bliver dyrket aktivt.

Den grundlæggende mekanisme for skovens rolle i klimaspørgsmålet er fotosyntesen. I denne proces omdanner de grønne plantedele, med hjælp fra solen, CO₂ til

energi og ilt - og indbygger derved kulstof i træfibrene. Fordi træer er flerårige afgrøder, kan de ophobe store mængder kulstof. I den modsatte proces frigives energi og CO₂ under optagelse af ilt - anset om denne proces sker som fordøjelse, forbrænding eller forrådnelse. Dermed løser skovens elementære biologiske processer den komplicerede opgave, som ikke er lykkedes for andre alternative energiformer - nemlig billig og effektiv lagring af solenergi i kæmpestor skala. Skoven er ganske simpelt naturens eget batteri.

Så langt er alle nogenlunde enige. Uenigheden handler især om spørgsmål som:

- Giver det mest klimaeffekt at dyrke et aktivt skovbrug og bruge skovens træproduktion - til bygninger, møbler, papir og i sidste ende til afbrænding. Eller skal man i stedet lade skoven stå urørt og blot opspare vedmasse - og dermed kulstof (CO₂)?
- Er aktiv skovdrift bæredygtig, eller er den uforenelig med andre vigtige hensyn, herunder især hensynet biodiversiteten - naturens mangfoldighed?

Skovprodukter og substitutionseffekt

Hvis CO₂ ender samme sted til sidst - hvor er så gevinsten? Her er man nødt til at træde et skridt tilbage og ikke bare se på skoven, men også på samspillet med det omkringliggende samfund. Den væsentligste klimaeffekt ligger i, at vi bruger træ i stedet for noget andet - fx tegl, beton, stål, aluminium, plastik eller fossile brændsler. Alle disse materialer eller energiformer er stærkt klimabelastende og man opnår derfor en væsentlig substitutionseffekt.

Hvor stor denne effekt er, afhænger af mange forhold, men et godt indtryk for forskellige materialer ses nedenfor.

Når træ erstatter andre produkter spares der CO ₂			
Produkt	Middelværdi	Lav	Høj
Kul	1,4	0,9	1,9
Naturgas	0,9	0,6	1,2
Benzin	0,4	0,4	0,4
Stål	4,0	0,9	10,0
Beton	4,0	1,0	9,8
Plastik	2,0	2,0	2,0

Tabel 5.1: Substitutionseffekt for træ – hvor mange tons CO₂ spares der, hver gang man anvender træ, der indeholder 1 tons CO₂. Bemærk den store effekt ved substitution af beton og stål – de fremherskende materialer i byggeriet (Tabel hentet fra Klimaskoven).

Et andet relevant spørgsmål er, hvor længe CO₂ er bundet i de pågældende træprodukter. Her er der naturligvis også stor forskel, men i de officielle klimaregnskaber regner man med halveringstider for kulstof på:

- 2 år for papir
- 25 år for træplader
- 35 år for savskåret træ
- Forbrænding – her frigives al CO₂ på én gang – normalt ca. 1 år efter fældning.

Kombineres disse fakta, er konklusionerne om træets klimaeffekt ganske klare:

- Så meget træ som muligt skal bruges der, hvor substitutionseffekten er størst og mest langtidsholdbar.
- Det giver et hierarki, der omtrent ser således ud: bygninger → møbler → emballage → papir → energi.
- Den del af træet, der ikke kan bruges til andet, skal brændes af til energi. Herved udnyttes energien frem for, at den blot går tabt ved forrådnelse – som har samme klimaeffekt.

En meget stor del af klimaeffekten fra skovbruget ligger altså i gavntre med lang levetid. Og det er faktisk noget der batter i det store regnskab – en forøget anvendelse

af træ til byggeri har et besparelspotentiale på måske 10% af den samlede danske CO₂-emission.

Denne del af skovbrugets rolle i den grønne omstilling nyder da også ganske bred anerkendelse, og heldigvis ser vi i dag et øget fokus på smukt og klimavenligt træbyggeri. Hvad mange dog glemmer er, at vi ikke kan producere gavntre til møbler og smukke bygninger uden at producere 'resten' – skovflisen. Den følger med som en bifangst i skovplejen, som den del af træet, der ikke kan anvendes til andet, og da skovbruget som bekendt ikke uden videre kan producere firkantede stammer i slutbestand er 'resten' blot en betydelig andel.

Så vil vi have mere gavntre og mere skovrejsning – øger vi også produktionen af flis.

Grundlæggende om skovflis og klimaneutralitet

Som det fremgår af Tabel 5.1 med substitutionseffekter kan man også erstatte fossile brændstoffer som kul og naturgas med træ – fx ved afbrænding af flis i kraftvarmeværker. For at det giver mening i klimasammenhæng, skal følgende forudsætninger være opfyldt:

- Skoven skal dyrkes aktivt således, at der hele tiden er en løbende tilvækst, der kan kompensere for det træ, der er taget ud til afbrænding. Tilvæksten er simpelthen skovens 'klimamotor'. Som noget centralt kræver det, at skoven vedligeholdes med gentilplantning eller vellykket selvforyngelse.
- Der skal ikke være en alternativ anvendelse for det træ, man brænder af, som har en højere substitutionsværdi – fx tømmer til opskæring.
- Den producerede energi – varme og strøm – skal leveres ind i et energisystem, hvor det erstatter fossilt brændsel. Derfor giver det fx ingen mening at lave strøm ved kraftvarmeværker i Norge, når man har overskydende strøm fra vandkraft. I Danmark anvendes der stadig kul og naturgas i varmesystemerne.

Under disse forudsætninger er afbrænding af træ klimaklogt – og under danske forhold er substitutionseffekten for naturgas og kul tæt på 1 – svarende til, at dansk skovflis er CO₂-neutralt.

Det er i denne sammenhæng værd at bemærke, at det CO₂-fodafttryk der opstår ved fældning, flishugning og transport fra skov til varmeværk under danske forhold er forsvindende lille – typisk kun på 2-2,5% af den mængde energi, som flisen fortrænger. Dette tal er naturligvis højere for importeret flis, der måske har rejst langt og for træpiller, der er tørrede og pressede. I disse tilfælde, kan CO₂ aftrykket være over 20%. I en direkte sammenligning skal man dog huske, at kul, olie og naturgas heller ikke lander i kedlen uden et yderligere CO₂-aftryk til udvinding og transport.

Klimagæld – en fejlslutning

I modsætning til, hvad der ofte fremføres i debatten, er der heller ikke nogen betydende 'kulstofgæld' eller 'klimagæld' forbundet med at udnytte den danske skovflis til energiformål. Mange tror, at 'klimagæld' må være den tid der går, inden et tilsvarende træ er vokset frem igen – måske 20-30-40 år.

Det er helt forkert og svaret er – for biomasse leveret fra de danske skove – enten, at der IKKE er nogen klimagæld – eller, at der er en meget kortvarig klimagæld på ganske få år. Nuancerne beror på to forhold:

- Hvad er det for en enhed, der betragtes (et træ, en bevoksning, en skov, en skovregion ...)?
- Hvad er baseline (referencesituationen) – hvad vil der ellers ske i skoven?

Den første misforståelse opstår, hvis man tager udgangspunkt i et enkelt træ og anvender logikken 'vi kan enten fælde det eller lade det stå'. Man skal i stedet se på skoven som helhed. I den dyrkede skov udplanter vi måske 10-15 gange så mange småplanter, som vi skal bruge ved modenhed 50-150 år senere – det er optimalt både i forhold til at udnytte fotosyntesen og i forhold til at producere kvalitetstræ.

Derfor planter og fælder vi hele tiden. Og vi planter FØR vi fælder – det danske skovareal er stigende og har været det de sidste 200 år. Samtidig er både tilvæksten og vedmassen – og dermed kulstofbindingen og kulstoflagret steget markant.

Dermed er der altså ingen klimagæld på skovniveau eller regionalt, dansk niveau – selv om det naturligvis kortvarigt kan forekomme, fx i forbindelse med stormfald.

Anskuer man klimagæld på bevoksningsniveau (hvad der egentlig er misvisende, men lad os nu prøve) vil der afhængig af træart, lokalitet og hugst måske gå 5 år inden bevoksningen igen er sluttet efter et hugstindgreb. Her skal man dog huske, at vi havde tyndet bevoksningen alligevel – af hensyn til tømmerproduktionen – men blot ladet den ikke skærbare top ligge tilbage til forrådnelse.

Dermed bliver selv 'klimagæld på bevoksningsniveau' ganske kort, men hvis man virkelig insisterer og ikke indregner fuld fossil fortrængning er den måske på 2-3 år.

Så principperne er helt rigtige og holdbare. Under de op-listede forudsætninger er afbrænding af træbaseret biomasse CO₂-neutral og denne konklusion ligger da også til grund for både FN's Klimapanel (IPCC) og Danmarks officielle klimaregnskab.

Produktionsskov eller urørt skov?

Som beskrevet er det den løbende tilvækst i de stående bevoksninger, kombineret med de egenskaber træ som materiale har til at erstatte andre energikrævende anvendelser, der er motoren i skovens positive klimaefekt. Der er grund til at understrege dette forhold, da mange tror, det er det stående vedmasselager – altså den opsparede CO₂ beholdning – der er det vigtige.

Det er en fejlagtig opfattelse, der opstår når man alene kigger på skoven som et lukket system og glemmer, at de produkter der ikke laves af træ – uanset om det er bygninger eller energi – i stedet skal erstattes af andre produkter, fx beton, stål, plastik, eller andre energiformer – helt overvejende fossile brændsler.

Så betragter man skoven i samspil med samfundets behov – og de stiger meget stærkt med stigende befolkning og stigende velstand – er det tilvækst og dermed maksimal CO₂-binding, og ikke skovens stående vedmasse-lager, der er den helt centrale parameter. Disse forhold behøver dog ikke at være i indbyrdes modstrid – vi ser fx, at vi i Danmark i en årrække både har øget hugsten og det stående vedmasselager. Dette er muligt både gennem udvidelse af skovarealet og en aktiv skovdyrkning med fokus på skovens tilvækst – fx ved anvendelse af højproduktive træarter.

Alle træarter følger en grundlæggende biologisk vækstkurve: en kort stampeperiode efter etablering, herefter en accelererende ungdomsvækst, der klinger af ved modenhed og til sidst flader ud på et niveau, hvor den beskudne tilvækst er i balance med det naturlige forfald. Der er naturligvis stor forskel på kurvens forløb for forskellige træarter – fra hurtigt accelererende lystræarter til skygetræarter med lang levetid – men den grundlæggende præmis er den samme; når bevoksningen bliver gammel, mindskes den positive klimavirkning.

Det indebærer, at i klimasammenhæng er den urørte skov, der ellers for nogen er et idealbillede på skovtilstanden, ikke hensigtsmæssig:

- Den løbende CO₂-binding er lav (går mod nul) over tid – og uanset, om der måske en lille nettotilvækst i kulstoflageret, når man medregner kulstofbindingen i skovbunden, er det helt forsvindende i forhold til effekten af den aktivt drevne skov. Dertil kommer, at den urørte skov kan udlede andre, ganske potente, klimagasser som fx methan.
- I den urørte skov er der i sagens natur ingen hugst – og dermed taber man den værdifulde substitutionseffekt.

I klimasammenhæng er urørt skov derfor en slags grøn brak – mens den til gengæld er et vigtigt element i at bremse tilbagegangen i biodiversitet. Det er en helt legitim og selvstændig problemstilling – som man blot ikke skal forveksle med klimaeffekt.

Bæredygtighed og biodiversitet

Det er således ganske klart, at rigtigt grebet an er skovbrug et vigtigt klimaværktøj, der har meget at bidrage med i samfundshusholdningen. Det er også tydeligt, at langsigtet og ansvarlig skovforvaltning med fokus på tilvækst og skovsundhed er en nødvendig forudsætning.

Skovens produktionsevne er dog kun en nødvendig og ikke en tilstrækkelig forudsætning for bæredygtighed. Det er også nødvendigt at inddrage andre forhold herunder især respekten for, at skoven ikke kun er et produktionsapparat – den er også et levende og komplekst økosystem.

I den bæredygtige skovforvaltning skal der derfor også tages hensyn til biodiversiteten – altså naturens mangfoldighed. På samme måde som klimakrise taler man også om en biodiversitetskrise, og de er på mange måder forbundne af den samme årsag – en eksponentielt stigende befolkning med stigende behov sætter klodens ressourcer under pres. Aldrig før har mennesker påvirket kloden så meget – og aldrig før har tilbagegangen af plante- og dyrearter været så massiv.

De truede arter registreres internationalt på den såkaldte 'Rødliste'. Der skønnes at være godt 35.000 arter i Danmark og efter en 2019-vurdering af ca. 12.000 af disse arter er de 2.799 optaget på Rødlisten med en trusselvurdering fra 'regionalt uddød' til 'næsten truet'. Disse kategorier domineres af insekter (1.155 arter), svampe (638 arter) og laver (407 arter).



Grøn pragttorbist (*Gnorimus nobilis*) er meget sjælden i Danmark. Den yngler i hule træer og store løvtræstubbe på solrige, sydvendte arealer. På Rødlisten vurderes den som 'kritisk truet' i Danmark (foto Peter Krogh).

Tilbagegangen i arter knytter sig til tilbagegangen i levesteder. Vores landskab har ændret sig markant siden 1851, der er udgangspunktet for Rødlisten. Mennesket fylder meget, og der er fx ikke meget spildplads tilbage til naturen i det effektivt udnyttede landbrugsareal, hvor storkens tilbagegang er en næsten ikonisk illustration. Skovene er også en hel central del af biodiversiteten i Danmark. Det er koblet til, at Danmark engang var et skovland. I forbindelse med århundreders overudnyttelse, var de danske skove dog næsten forsvundet (skovarealet i år 1800 var helt nede på ca. 2%) og det skovareal, vi har i dag, er derfor i al væsentlighed kulturskove, som er anlagt og dyrket. Der findes stort set ikke oprindelig naturskov i Danmark.

Det store spørgsmål er, hvordan vi fremadrettet sikrer biodiversiteten i skoven. Den er ofte knyttet til gamle træer, dødt ved, variation – fx vand og overgange mellem tæt bevoksning og lysninger – samt langsigtet kontinuitet. Der er to hovedspor:

- Udlæg af urørt skov, hvor den nødvendige dynamik skabes af store græsædere (fx heste), så den 'urørte skov' ikke vokser sig for mørk.
- Ansvarlig skovdrift, hvor man tager hensyn til biodiversiteten i den løbende drift.

Der er ingen tvivl om, at begge dele er nødvendige og en saglig diskussion handler herefter alene om balancen og rammerne. Herunder er det vigtigt at ekstra foranstaltninger for biodiversiteten i de private skove beror på frivillighed og at der etableres tilskudsordninger for at kompensere skovejerne.

Heldigvis viser analyser fra 'Partnerskab for Ansvarlig Træbiomasse', at der både er mulighed for at reservere arealer til urørt skov og at øge andelen af dødt ved i produktionsskoven samtidig med, at vi øger den samlede skovproduktion. Det kan ske både ved effektiv drift på resten af arealerne og ved mere skovrejsning med fokus på produktion.

Dokumentation og certificering af biomasse

Al hugst i EU skal følge kravene i EU Tømmerforordningen (EUTR), der sikrer lovlighed. Men det er ikke tilstrækkeligt til at sikre bæredygtighed. Kriterierne for bæredygtig håndtering af den danske flis kan findes i energiselskabernes 'Brancheaftale' fra 2014 – hvor man under politisk pres, ikke mindst omkring den meget betydelige import af træpiller – opstillede et sæt kriterier for bæredygtig biomasse.

I koncentreret form har Brancheaftalen fokus på at:

- Flis og energitræ skal produceres bæredygtigt under hensyntagen til en række forhold – herunder ikke mindst biodiversitet.
- Skovens sundhedstilstand og produktionsevne må ikke forringes.
- Sporbarhed fra varmeværk tilbage til skov.
- Opgørelse af CO2 'fodafttrykket' – den energi, der går til skovning, flishugning og transport opgjort i forhold til flisens brændværdi, skal ligge under et fastsat reduktionsmål.

Brancheaftalen gælder for alle varmeværker, men i første omgang er det kun de større varmeværker - grænsen



Spættetræ med tydelige frugtlegemer, - et af de vigtige elementer til gavn for biodiversitet som skal beskyttes. I arbejdsbeskrivelsen til maskinføren skal hensyn til sådanne elementer være tydeligt anført.



er 20 mW indfyret effekt svarende til et årsforbrug på ca. 30.000 tons flis – der skal dokumentere, at man overholder kravet. Denne del af brancheaftalen er nu fuldt indfaset.

Hos Skovdyrkerne dokumenterer vi, at vi lever op til Brancheaftalen i kraft af de to anerkendte certificeringssystemer 'SBP – Sustainable Biomass Programme' og 'Kontrolleret Biomasseleverandør' – som begge overvåges og kontrolleres af uafhængig 3. part.

Vores procedurer indebærer, at vi forud for al hugst screener hugstområdet for områdeudpegninger (naturbeskyttelse, fortidsminder og lignende) samt for sårbar natur. Vi afvikler driften efter et 'trafiklys' – hvor alle

opgaver starter med 'rød' og først bliver 'grøn' og frigivet til udførelse, når screeningen er på plads. Dermed har vi på vegne af skovejer også dokumentation for, at opgaver der løses af Skovdyrkerne respekterer EUTR.

I løbet af efteråret 2020 vil den frivillige brancheaftale blive erstattet af lovgivning. Det sker med afsæt i et EU-direktiv, som i Danmark skal udmøntes af Klima-, Energi- og Forsyningsministeren. De foreløbige indikationer er, at lovgivningen vil flugte med kriterierne i Brancheaftalen – men med en markant nedsættelse af bagatelgrænsen (måske til 5 mW indfyret effekt). Dermed vil langt hovedparten af det danske flisforbrug være omfattet af lovgivning og dokumentationskrav.

Det er vigtigt at efterlade særligt værdifuldt dødt ved i skoven.



3. parts evaluering af flisprocedurerne. Her gennemføres 1 dags revision af kontoret efterfulgt af 2 dages feltbesøg, hvor et repræsentativt stikprøveudtag af projekter besøges og gennemgås med skovfogeden.

Flis fra det åbne land

Hovedparten af den dansk producerede træflis kommer fra skovene, som også er fokus for dette temahæfte. Men en ikke ubetydelig mængde kommer fra det åbne land. Det drejer sig fx om flis fra:

- Energiafgrøder (pil og poppel).
- Naturplejeprojekter (rydning for uønsket tilgroning).
- Pleje af læhegn.
- Rydningsopgaver og infrastrukturpleje.

Denne del af den danske flisproduktion er ikke omfattet af Brancheaftalen og dermed heller ikke en del af de anerkendte certificerings- og dokumentationssystemer.

Samtidig knytter der sig særlige forhold til dele af denne produktion, fx:

- Ved rydningsopgaver kan der ske en permanent reduktion af kulstoflageret – hvis fx en hede ryddes for trævækst og efterfølgende afræsses.
- For energiafgrøder er flisen ikke 'et restprodukt' – men en hovedproduktion.

Dermed lever flis af denne oprindelse ikke op til kravene for klimaneutralitet. Og selv om det ikke er ønsket om flisproduktion, der fx driver rydningen af en hede – men hensynet til naturplejen – giver disse udfordringer et behov for at se nærmere på, hvordan vi sikrer, at vi tager de fornødne hensyn i produktion af flis fra det åbne land og samtidig har en præcis varedeklaration. Dette arbejde er igangsat og vi forventer, at der kommer en form for certificering af flis fra det åbne land i løbet af 2021.



Naturpleje på et hedeareal, der over tid, er tilgroet i bjergfyr, røn og glansbladet hæg. Krattet er her blev ryddet med klipper, og efterfølgende kørt ud til senere stakhugning. Bemærk: Omfattende tilstandsændringer af §3 beskyttet natur kræver dispensation fra kommunen.



Bevoksninger langs veje skal jævnligt beskæres og andre gange ryddes for at øges trafiksikkerheden. Her er det en fynsk vejstrækning der vedligeholdes med en fældebunkelægger.

Forvoksede ammetræer af poppel pilles ud af læhegnet. Det kunne lige så godt være en afdrift af energipoppel i 20 årig omdrift.



Vedligehold af læhegn - her tages ammetræerne ud i forbindelse med at maskinen gennemfører et hedeplejeprojekt. Et eksempel på at når maskinen alligevel er på ejendommen, gælder det om at få alle relevante opgaver løst.

Kilder, forkortelser m.v.

Dette temahæfte er udarbejdet af Skovdyrkernes VidenCenter Flis – der bor hos Skovdyrkerne Vestjylland. Skovrider Michael Sheedy Gehlert, skovfoged Chresten Møller Petersen og forstfuldmægtig Katrine Bang Hauberg har forfattet og redigeret.

Temahæftet er stort set uvidenskabeligt – der er kun anvendt få kildehenvisninger og meget af indholdet er erfaringsbaseret. Hvis du vil vide mere, kan henvises til nedenstående kilder.

Litteratur:

Gamborg, Christian & Stenholm, Michael (1998): Fysisk karakterisering af træbrændsler. Skovbrugsserien nr. 24-1998. Forskningscentret for Skov & Landskab, Hørsholm (133 pp.).

Lunde, Mogens (2020): Flisudtag og næringsstofkredsløbet. Skoven 6-7 2020 (196-199).

Madsen, Esben Møller m.fl. (2019): Klimaskoven - et effektivt redskab til håndtering af CO₂-problemet. Esben Møller Madsens Forlag 2019 (128 pp.)

Hjemmesider:

<https://www.skovforeningen.dk/skov-for-klima/>

<https://www.skovforeningen.dk/trae-til-energi/>

<https://www.trae.dk/>

<https://www.bioaske.dk/>

Forkortelser:

GROT = Grene og Toppe

KFM = Kubikmeter fastmasse

NPR = Netto På Rod

RM = Rummeter (i dette tilfælde løs flis)

GJ = Gigajoule

MJ = Megajoule

Co₂e = CO₂ ækvivalenter

Ordforklaring:

Partnerskab for Ansvarlig Træbiomasse er et vidensbaseret partnerskab mellem Dansk Skovforening, HedeDanmark og Skovdyrkerne, som arbejder for en bæredygtig anvendelse af dansk træ til energiformål – herunder muligheden for at fortrænge fossile brændsler.

Kontakt din lokale skovdyrkerforening.

Skovdyrkerforeningen Nord-Øst

Marsvej 3, Paderup

8960 Randers SØ

Tlf: +45 8644 7317

sno@skovdyrkerne.dk

Skovdyrkerforeningen Vestjylland

Nupark 49

7500 Holstebro

Tlf: +45 9610 1096

vest@skovdyrkerne.dk

Skovdyrkerforeningen Midt

Parallelvej 9a

8680 Ry

Tlf: +45 8689 3222

midt@skovdyrkerne.dk

Skovdyrkerforeningen Syd

Brejning Søndergade 26

7080 Børkop

Tlf: +45 7586 7388

syd@skovdyrkerne.dk

Skovdyrkerforeningen Øerne

Damsbovej 11

5492 Vissenbjerg

Tlf: + 45 6262 4747

oer@skovdyrkerne.dk



SKOVDYRKERNE