



Flis er et meget vigtigt produkt fra skovene og udgør lidt over halvdelen af den samlede hugst i volumen. Det er dybest set en politisk reguleret produktion og ikke et frit marked.

Grundlæggende om skovflis

Af skovrider Michael Sheedy
Gehlert, Skovdyrkernes
VidenCenter Flis

Den første artikel i en lille serie om flis.

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 tørrumvægten.

Opgjort på volumen er flis det vigtigste sortiment i dansk skovbrug. Samtidig omsættes og håndteres skovflisen anderledes end den øvrige træproduktion – og er uden sammenligning 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 den hele vejen fra skov til varmeværk.

Det sker i en lille stribe artikler i de kommende numre af Skoven, der sætter fokus på både de grundlæggende tekniske forhold, den hensigtsmæssige håndtering af flis i skoven, flisens økonomi, betydningen

af flis for næringsstofkredsløbet og samspillet mellem flisproduktion og biodiversitet.

Vi starter med det grundlæggende – flisskolens lille ABC.

Hvorfor er flis noget særligt?

Flisen 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 forsvundet. I den moderne udgave giver flis dog ikke bare opvarmning – der kan også produceres strøm og procesenergi med mulighed for samlet energioptimering.

På mange områder er flisen væsensforskellig 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 let kan kontrollere
- Afregning ved bilfast vej – hvor køber overtager den fulde risiko

Som velkendt for mange og nærmere beskrevet i denne og de følgende artikler om emnet, er flow og logistik for flisen anderledes. Det samme gælder forbrugsmønste-

ret, hvor en stor del af flisen skal bruges om vinteren og dermed skal bjærges på tidspunkter, hvor færdel 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 opgjort i volumen fylder flis lige så meget som alle de andre effekter ... tilsammen!

Samtidig adskiller flis sig fra de øvrige træprodukter ved, at der dybest set er tale om en fuldstændig politisk reguleret produktion, snarere 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 kraftvarmeværkerne.

Dermed bliver forudsætningen for omsætningen af skovbrugets mest udbredte produkt, at politikere og offentlighed bredt set accepterer og anerkender vores praksis. Ellers er konsekvensen ret simpel – så drejer biomasseforskrækkede politikere simpelthen på stophanen.

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.

Beskivelserne henviser ofte til standarderne i 'Videnblad nr.: 160' fra Videncenter 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 skov og landskab. En sammenstilling af de forskellige flistyper, de væsentligste karakteristika og deres oprindelse ses i Figur 1.

For fuldstændighedens skyld medtager oversigten nogle flistyper – pil, poppel og rodflis – der kun har marginal 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 flishugning 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).

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 varmeværker. Den sekundære flisproduktion behandles ikke nærmere i denne artikel.



God og skarp flis, ideel til fyring.



Grot (=grene og toppe) som er ringe til fyring.

Faktabokse om træarter, stammedele, energiindhold og fastmasse

Nedre brændværdi for træets kemiske bestanddele

Bestanddel	MJ/kg
Cellulose	17,5
Ligning	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%	GJ pr. tons
19,2 – (0,21642*F)	10,09	

- Hvor 19,2 er nedre brændværdi (GJ pr. tons) og F er fugtindhold i %

Kilde:

Alle faktabokse er gengivet eller bearbejdet fra Gamborg & Stenholm (1998)

De fleste typer flis glider ubesvaret ind på varmeverkerne – men som det fremgår, er der for pil, poppel og rodflis forskellige tekniske begrænsninger, der indebærer at disse listyper enten er uønskede eller kun kan udgøre en begrænset del af den samlede indfyring.

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.

Energiindhold og vægt

Træets energiindhold ved forbrænding er defineret af den 'nedre brændværdi' – som svarer til en 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 indholdet af stærkt brændbare ekstraktiver som harpiks, terpener og voks.

På grund af en større andel af de sidstnævnte, har nåletræ en højere nedre brændværdi pr. kg end løvtræ. Når man ofte fremhæver løvtræ som 'godt brænde' er det fordi, det har en højere rumtæthed og dermed vejer mere pr. rm (se eventuelt nærmere i faktaboksene).

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

Når mængden bestemmes efter vægt, er vandindholdet en central parameter for energi-indholdet 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:

$$\text{Nedre brændværdi} = 19,2 - (0,21642*F) \text{ GJ/ton} \quad (F \text{ er vandindhold i hele procent})$$

Ved et typisk vandindhold på 43% svarer det til et energiindhold på 10 GJ/ton – som samtidig er den almindelige tommefingerregel. Der er 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.

Ofte ser vi, at friskskovet træ har et vandindhold på omkring 50% og at en fortørring i skoven hen over en god sommer bringer vandindholdet ned på omkring 35%. Hen over efterår og vinter opfugtes træet igen – hvor meget afhænger af træets beskaffenhed og vejret. I Vestjylland lå middelfugten i det tørre 2018 på omkring 40%, mens den i det meget våde 2019 lå på omkring 43%.

Varmeværkerne 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 'ustyrlig', mens den ekstremt våde flis på over 60% fugt også er uønsket de fleste steder.

Flis fra skov og landskab - produkter, egenskaber, anvendelse og oprindelse

Produkt	Beskrivelse	Anvendelse	Oprindelse	Driftsteknik	Andel
Stammeflis	Normalt velhugget og tør kvalitets-flis 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.	Energiträ - normalt i en kvalitet, der svarer til cellulosetræ af blandet nål incl. vragskotte.	Skovning - udkørsel - flishugning ved bilfast vej	5-10%
Heltraeflis	Grundsubstansen i den almindelige skovflis - kvalitet varierer betydeligt med dimension, træart, forbehandling og håndtering.	Alm. varmeværksflis.	Hovedparten er tyndingsflis. Afdrifter i lavkvalitetsbevoksninger som fx kontotafyr samt rydning og tynding af læhegn - samt landskabspleje.	Nedskæring med fælddebunkelægger + terrængående flishugning. Fældning - udkørsel - flishugning ved bilfast vej	40-45% 10-15%
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. Varmeveærksflis - hvis der er tale om nåletræ, der køres sammen i stak umiddelbart efter skovning, kan det give problemer med kompostering og meget dåligt flis. GROT' *) har derfor et dårligt ry i varmeværkskredse. Det er delvist ubertaget - med en vis fortørring på arealet og især, hvis man iblandet energiträet, kan der laves en udmærket flis.	Afdrifter i næletræ samt kombinerede tyndninger i beovnsninger med tilstrækkeligt plads. Afdrifter i løv - samt i nål, hvor man ønsker hurtig pladsrydning - samt sene tyndninger og skærmstillinger især i løv.	Skovning med kombineret aflægning + terrængående flishugning. Skovning med kombineret aflægning - udkørsel - flishugning ved bilfast vej.	15-20% 20-25%
Pileflis	Fint flis fra smådimensioneret træ. Høj barkandel - 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	Finsnittet med majssnitter.	<2%
Poppelflis	Normalt 'alm. grov flis' med lav barkandel og naturligvis uden grønne nåle. Ofte ret våd.	Alm. varmeværksflis - dog ønsket på værker med røgaskondensering, da man ofte oplever problemer med opskumning i røgvasker.	Energipoppel på landbrugsjord samt tynding af læhegn.	Maskinel nedskæring - ofte med klipper + flishugning med terrængående flishugger eller fældedukørsel + flishugning ved bilfast vej	<1%
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 ønsket på grund af aske og den ekstra slitage, der forårsages af bifangsten af jord, sand og sten. Kan ikke leveres under Brancheattalen. Fungerer fint i affaldskedler.	Neddelte stød og rødder fra skov og landskab		<1%

Figur 1: Forskellige flistyper og deres oprindelse, anvendelse - og andel af den samlede produktion (opgjort i hele træskolænger). Flisens indtog i løvtærbekovnsningerne har betydet en betydelig vækst i den del af flisen, der udkøres og flishugges ved bilfast vej. *) GROT - fra svensk 'Grenar och toppar'.

Skovdyrkerne | VidenCenter Flis

Den lille flistabel

Typiske nøgletal - og de korrekte sammenhænge. Der er stor forskel på flis - og man kan frit ændre forudsætninger i de gule tastefelter.

1. Skovflis:

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

2. Energitræ:

Tørrumvægt	160 kg/rm flis
Vådrumvægt	400 kg/kfm
Fassemasse	0,65 kfm/rm i træstak
Fastmasse	0,40 kfm/rm flis
Vandindhold	38,0%
Vådrumvægt	258 kg/rm flis
Vådrumvægt	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	100 rm
Vægt af 1 træk	25,81 tons
Skibsladning	1.240 tons

Omrégningsforhold 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.

I det normale spænd fra 35-55% fugt, afhænger ønskerne fra værkets side af, om der anvendes røggaskondensering. Det er en metode som genindvinder energi fra røgen og øger kedeleffektiviteten betydeligt (røggassen afkøles, så vanddampen kondenserer; derved frigøres den energi som blev brugt til at fordampe vandet i kedlen, red.).

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.

Energiindhold og volumen

Det fremgår ovenfor, at energiindholdet i form af *nedre brændværdi* afhænger af træets kemiske sammensætning, som med små variatiorer er nogenlunde konstant pr. tons

– 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 omrent det samme. Her er det i stedet flisens *tørrumvægt*, der er afgørende – hvor meget brændbart tørstof bliver der leveret med hver rm flis.

Skovdyrkerne | VidenCenter Flis

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

Keddeleffekt			2,50 Mw
Evt. røggaskondensator			1,00 Mw
Samlet keddeleffekt			3,50 Mw
Keddeleffektivitet			90 %
Driftstid			4.320 timer
- måneder (fulddrift)	90%	5	
- måneder (mellem)	30%	4	
- måneder (lav)	10%	3	

Energibehov

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



Flis fra energipil udgør en meget lille del af markedet. Pileflis har høj fugtighed, lavt energiindhold og dårlig lagertabilitet.

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

- Træart (løv er tungere end nål)
- Væksthastighed (for de fleste træarter: jo langsommere jo tungere ved)
- Del af træet (grene har højere densitet end stammen – bark og nåle lavere)

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 gennemgående
- Huggertype – en tromlehugger giver lavere fastmasse end en skivehugger
- Flisetype (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 betydnningen, 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 vær-dikæden:

- 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 kontrolmulighed. 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. Det vil ske i en kommende artikel med fokus på netop afregning, pris, prisoptimering og rimelige krav til handelspartnere, der skal omsætte flis.

Forkortelser:

GROT = Grene og Toppe

KFM = kubikmeter fastmasse

RM = rummeter (i dette tilfælde løs flis)

GJ = Gigajoule

MJ = Megajoule

Kilde:

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