

5. Miljøforhold ved brændselsfrembringelse og -håndtering

5.1 Flishugst og bæredygtighed i skovbruget

Der er klare miljøfordele ved at anvende træbrændsler, men det indebærer samtidig en forøget udnyttelse af skovøkosystemet, når man ved flishugst fjerner en større del af biomassen end ved almindelig skovning. Denne udnyttelse kan muligvis på langt sigt have negative følger for skovens stabilitet og tilvækst. Der kan således opstå et behov for suppleringsgødskning.

En øget udnyttelse af skovøkosystemet ved flisning af udtyndingstræ og hugstaffald kan give nogle virkninger, der hænger sammen med især to forhold:

- Flisning forøger fjernelsen af plantenæringsstoffer fra arealet, idet en større del af de mest næringsholdige plantedele (nåle, kviste, bark) bliver fjernet.
- En større mængde organisk materiale bliver fjernet, hvilket kan reducere jordens humusindhold og dermed dens evne til at understøtte træproduktionen.

For at undgå disse virkninger er det nødvendigt at afbalancere udnyttelsen i forhold til jordens bæreevne eller f.eks. at tilbageføre flisasken til skoven for at kompensere næringsstoffetabet.

Plantenæringsstoffer

Historisk set er overudnyttelse af skovene velkendt. I visse tyske skovområder kan man stadig påvise en betydelig udpining af jordens næringsstoffpuljer på grund af udnyttelse af grene, kviste og blade til brændsel, foder og strøelse i forrige århundrede.

Den største del af næringsstofferne sidder i træets aktive plantedele (nåle og bark), der udgør en ret lille

del af biomassen. En undtagelse er calcium, hvor mængden i veddet også er betydelig. Et eksempel på fordelingen af biomasse og de vigtigste næringsstoffer er vist i figur 12. Næringsstoffudtaget ved flisning afhænger således i høj grad af hvilke dele af biomassen, der fjernes. Det maksimale udtag sker ved heltræhøst af grøntflis (flis med nåle og kviste). Dette indebærer (for eksemplet i figur 12) et merudbytte - 8% nåle og 13% grene (hvor der indgår meget bark) - men med dette merudbytte fjernes 68% af træernes kvælstofmængde, 72% af fosformængden, 58% af kaliummængden og 50% af calciummængden.

Den helt overvejende del af den danske høst af flis bjerges i de første tyndinger. Praksis er, at tyndingstræerne fældes om vinteren (også af hensyn til en begrænsning af stødinfektion af rodfordærver) og derefter tørrer på fældningsstedet i tre til seks måneder. Man opnår herved:

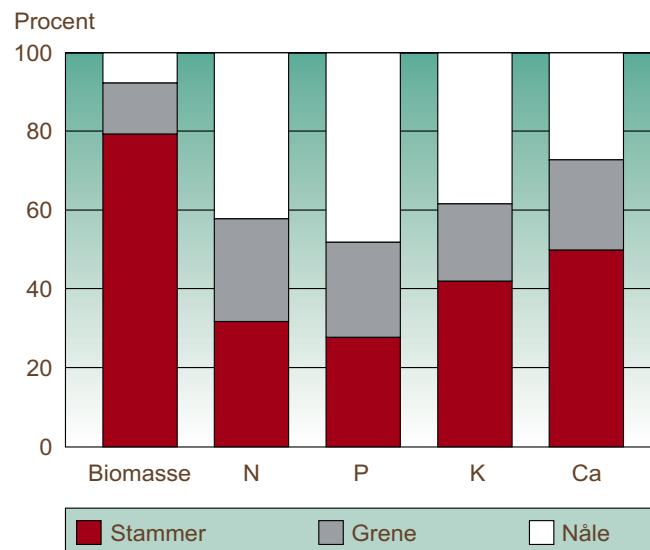
- Ca. halvdelen af træernes vandindhold fordamper.
- Nålene og en del tynde kviste løses og drysser af, inden træerne mades ind i flishuggeren.

Dansk praksis formindsker derfor fjernelsen af plantenæringsstoffer i sammenligning med flisning af friske

træer. Dette er beregnet i eksemplet i tabel 8 i forhold til den almindeligt udbredte praksis med flisning af de første to tyndinger. Det største næringsstoffudtag forekommer med stammer og bark ved den almindelige tyndingshugst og især ved afdrift. Flisning af heltræer efter fortørring af de to tyndinger øger udtaget med mellem 4% og 26% afhængig af næringsstof, mens heltræhøst ved flisning af friskfældede træer vil forøge dette 2-3 gange fra 12% til 48% (tabel 8).

Udtaget af næringsstoffer gennem hele omdriften skal sættes i forhold til lokalitetens evne til at supplere disse stoffer ved forvitring af jordens mineraler eller ved nedfald fra luften. På meget næringsfattige lokaliteter kan den almindelige hugst af stammerne fjerne flere næringsstoffer, end der bliver tilført, således at jorden efterhånden bliver udpint, og der udvikles næringsstoffmangel. Det er imidlertid ikke muligt på grundlag af den nuværende viden at udpege disse lokaliteter. Dog vil de kystnære lokaliteter være mindre udsatte, idet de løbende får tilført næringsstoffer sammen med det havsalt, der bliver ført ind over landet i stormvejr.

Der er udlagt en række forsøg i de nordiske lande, der skal belyse



Figur 12: Fordelingen af biomasse på nåle, grene og stammer og de samme trædeles relative indhold af plantenæringsstoffer for rødggran /ref. 41/.

konsekvenserne af øget udtag af biobrændsler i skovene. Forsøgene har endnu ikke kunnet påvise nogen påvirkning af tilvæksten efter heltræudnyttelse i de første tyndinger. Det kan skyldes, at forsøgene har været for kort tid (10-15 år) set i forhold til bevoksningens normale livslængde (op til 100 år). Enkelte forsøg i Sverige har dog vist en tilvækstnedgang, men dette kunne henføres til en forøget kvælstofmangel efter heltræudnyttelse. Dette vil vi næppe se i Danmark, hvor kvælstoftilførslen fra luften kan dække træernes kvælstofbehov.

Asken fra forbrændingen af flis indeholder stort set den mængde næringsstoffer, der blev fjernet fra bevoksningen ved flisning (dog undtaget kvælstof). Det er derfor nærliggende at løse næringsstofproblemet ved at tilbageføre flisasken til skoven.

Mængden af aske, som frembringes ved forbrænding af træ, angives ofte i procent af træets tørvægt (0% vand). Man må her skelne imellem ren træaske og råaske. Ved ren træaske forstås den rene aske uden indhold af sand, uforbrændt træ eller andre stoffer. Ved råaske forstås den rene aske plus det uundgåelige indhold af andre stoffer.

I gennemsnit regner man med 2,5% ren aske ved forbrænding af heltræflis. Mængden af råaske varierer en del, men man regner med et indhold på 5% råaske ved forbrænding af heltræflis /ref. 27/. Tabel 9 indeholder et skøn over gennemsnitlige mængder af plantenæringsstoffer i kg per ton tør råaske.

Træaske indeholder små mængder tungmetaller, f.eks. cadmium 0-0,08 g/kg tør aske og bly 0,02-0,6 g/kg tør aske. Indholdet af disse stoffer kan være problematisk i forbindelse med recirkulering af asken til skov og marker. Hidtil er udspredning af flisaske i skovene blevet reguleret af bekendtgørelsen om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål /ref. 31/, men i skrivende stund (primo 1999) udarbejder Miljø- og Energiministeriet en "Bekendtgørelse om anvendelse af aske fra forgasning og forbrænding af biomasse og biomasseaffald til jordbrugsformål". Bekendtgørelsen forventes at give bedre mulighed for en fornuftig og miljørigtig anvendelse af biomasseasken (se kapitel 8).



foto: thy statsskolestrukt/ per kynde.

Der spredes ca. 2 tons tør aske per ha (svarende til ca. 3 tons våd aske) efter anden eller tredje tynding, når træerne er 30-40 år gamle. Med asken tilbageføres de næringsstoffer, der er blevet fjernet fra bevoksningen med flisen.

gørelsen forventes at give bedre mulighed for en fornuftig og miljørigtig anvendelse af biomasseasken (se kapitel 8).

Humusindhold

Ved flisning af hele, fortørrede træer fjernes mere træ fra bevoksningen, end der gør ved den velkendte og almindelige hugst af afkvistet rundtræ. Det betyder, at der ligger færre grene og toppe tilbage på skovjorden, som kan indgå i den naturlige nedbrydning. Dødt, organisk materiale huser den flora og fauna, der knytter sig til nedbrydningen. Om flisning dermed vil reducere biodiversiteten i skovene, er et omstridt spørgsmål, som på nuværende tidspunkt ikke er undersøgt.

Et andet spørgsmål, som debatteres i disse år, er indlejringen af kul-

stof i jordens indhold af stabile humusstoffer (mulddannelse). Enhver træbevoksning producerer en stadig strøm af dødt, biologisk materiale, som havner på skovbunden. Det drejer sig om blade, nåle, grene, kviste, døde træer etc. Ved almindelig skovning af afkvistet rundtræ, efterlades grene og toppe på skovbunden, men ved flishugning af hele træer fjernes en større andel af bevoksningens samlede biomasseproduktion. Ved den normale danske flishugst, der overvejende finder sted i forbindelse med de første to tyndinger i bevoksningerne, fjernes dog kun lidt mere træ fra bevoksningen i sammenligning med rundtræhugsten.

Hovedparten af det døde organiske materiale mineraliseres, det vil sige, at det nedbrydes til plantenæringsstoffer, kuldioxid og vand,

Næringsstofudtag (kg/ha)	Nitrogen (N)	Fosfor (P)	Kalium (K)	Magnesium (Mg)	Kalcium (Ca)
1. Stammer	170	54	205	23	234
2. Flisning med fortørring	214	58	213	26	259
3. Flisning af friske træer	252	61	230	30	294
Øget næringsstofudtag (% af 1.) ved					
2. Flisning med fortørring	26	7	4	13	11
3. Friske træer	48	13	12	30	26

Tabel 8: Samlet næringsstofudtag (kg/ha) over en omdrift på 70 år ved forskellige flisningsstrategier for de to første tyndinger i rødgran i Gludsted Plantage /ref. 42/.

mens en mindre, varierende og ukendt andel af det døde organiske materiale indgår i jordbundens indhold af varige humusstoffer. Omfanget og betydningen af denne indlejring diskuteres og undersøges i disse år, men der findes ikke i øjeblikket målinger, som belyser, om flishugst formindsker jordens indhold af varige humusstoffer, og om det betyder noget for træernes sundhed og tilvækst.

Bæredygtig udnyttelse

Høst af heltræer i første og anden tynding indebærer normalt et så beskeden ekstra dræn på næringsstofferne under forudsætning af, at træerne tørrer i bevoksningen inden flishugning, at der ikke er nogen større grund til betænkeligheder. Rydning af renafdrifter ved flishugning af hugstaffald erstatter ofte en almindelig rydning eller afbrænding af kvæset. Under forudsætning af, at hugstafaldet tørres i mindst en sommer inden flishugning, er der ingen umiddelbare betænkeligheder ved flishugning. I begge tilfælde bør man være opmærksom på, at der kan opstå et behov for suppleringsgødskning.

5.2 Arbejds miljø ved flis- og pillehåndtering

Håndtering af biobrændsler som f.eks. flis kan give arbejdsmiljøproblemer, som især er relateret til støv og mikroorganismer som svampe og bakterier. Med hensyn til træflis kan specielt opformeringen af svampe og bakterier i lagret flis være problematisk, mens støv forventes at være den vigtigste risikofaktor for træpiller.

Gener

Gener i forbindelse med håndtering af biobrændsler opstår typisk, når små partikler trækkes med indåndingsluften ned i svælget og lungerne. Støv, svampesporer og bakterier har ofte en størrelse på 1-5 µm, dvs. 1-5 tusindedele mm. De hvirvles let op og kan holde sig svævende i luften længe. Udover den direkte irritation af slimhinder og lungævæv er



foto: biopress/forbent skøtt

Flislager med kran til madning af flisfyr i Harboøre. Kranen kan styres automatisk og overvåges fra afskærmet kontrolrum.

mange svampesporer og bakterier allergifremkaldende.

De typiske symptomer er åndedrætsbesvær, forkølelse og rindende øjne, feber, kulderystelser, hoste, hovedpine, muskel- og ledsmerter, maveonde, vægttab samt almen utilpashed og træthed. Sygdom som følge af indånding af bakterier og svampesporer kan være enten akut eller kronisk.

Akut sygdom

Den akutte lidelse kaldes ofte ODTS eller "organic dust toxic syndrome" ("forgiftning med organisk støv"). Dette opstår typisk, når man bliver udsat for en meget høj koncentration af sporer og/eller støv i luften, ofte i størrelsesordenen 9-10 mio. partikler per liter luft eller højere. Til sammen-

Fosfor (P)	13 kg
Kalium (K)	48 kg
Kalcium (Ca)	137 kg
Magnesium (Mg)	17 kg
Jern (Fe)	12 kg
Natrium (Na)	20 kg
Mangan (Mn)	13 kg

Tabel 9: Indhold af plantenæringsstoffer i kg per ton tør råaske /ref. 27/.

ligning indeholder luften normalt 10-30.000 sporer per liter /ref. 43/.

ODTS er kendetegnet ved influenza-lignende symptomer som feber, kulderystelser, muskel- og ledsmerter, evt. ledsaget af hoste og let åndenød. Symptomerne kommer ofte 4-8 timer efter eksponering og varer sjældent mere end 1-3 dage. Sygdommen er ikke behandlingskrævende og giver ikke varige skader, men gentagne påvirkninger bør undgås. Begrundelsen er dels det umiddelbare ubehag og sygefravær, og dels den risiko der er for at udvikle en kronisk lidelse på langt sigt /ref. 44, 45/.

Kronisk sygdom

De kroniske luftvejsproblemer har normalt navn efter den sammenhæng, hvori de oprindeligt forekom, f.eks. tærskerlunge. Den internationale betegnelse for den kroniske sygdom er "allergic alveolitis" (AA), altså en allergisk reaktion i lungævæv. Dette opstår normalt først efter langvarig eksponering til luft med middelhøjt til højt indhold af svampesporer eller bakterier, normalt mindst 2-3 mio. mikroorganismer per liter luft. De vigtigste kendetegn ved AA er åndenød, hoste, feber og vægttab, evt. ledsaget af en blanding af de øvrige symptomer. Symptomerne kommer som for ODTS først 6-8 timer efter eksponering. Sygdommen

udvikler sig ofte snigende og bliver efterhånden til en kronisk tilstand, som forværres, hvis man igen udsættes for svampesporer eller bakterier /ref. 46, 44/.

Den kroniske sygdom er meget sjælden og forudsætter formentlig en vis disponering hos personen. Når den optræder, er konsekvenserne dog ret alvorlige. Dette skyldes både de permanente skader i lungerne, og at den ofte medfører større følsomhed overfor mikroorganismer i luften /ref. 46/. Fornyede symptomer kan således opstå ved lavere sporekoncentrationer end de oprindelige sygdomsfremkaldende. Personer med allergisk alveolitis kan derfor blive tvunget til at skifte arbejde, hvis de ikke kan undgå eksponering for sporer. Allergisk alveolitis er anmeldelsespligtig til Arbejdsskadestyrelsen.

Arbejdsprocesser med særlig risiko

Hvis flis bruges kort efter fremstilling, vil der sjældent være problemer med mikroorganismer. Lagring af flis i skoven eller hos varmegærker vil normalt ske i en udækket flisstak, i skoven dog også under presenning eller plastfolie. Det er flisen fra sådanne lagre, som kan give arbejdsmiljøproblemer pga. bakterier og svampesporer.

Træpiller består af spåner og savsmuld, som er presset. Det formodes, at der kan opstå støvproblemer ved håndtering af træpiller, men emnet er ikke undersøgt nærmere. Under alle omstændigheder kan der for både flis og træpiller udpeges en række arbejdsituationer, hvor der er risiko for problemer med støv og mikroorganismer.

- Når flislagre i skove eller hos varmegærker skal flyttes, bruges ofte en traktor eller gummiged. I det flisen løftes, hvirvles sporer og bakterier op i luften. Hvis der ikke er lukket førerhus, vil føreren være udsat for mikroorganismerne i luften. Det samme gælder ved aflæsning af flisen.
- Når flisen ankommer til varmegærket, udtages prøver til bestemmelse af vandindholdet. Dette sker of-

te ved at udtage skovfulde i den læssede eller aflæssede stak. Den person, som står for prøveudtagning, er udsat for mikroorganismer i luften.

- Det indendørs flislager er uden tvivl stedet med mest støv og flest mikroorganismer i luften. Indmadning af flis til fyringsanlægget sker normalt automatisk med kran, og processen kan overvåges udefra. Ophold i flislageret sker derfor kun i forbindelse med reparationer eller løsning af andre problemer. Personer, som færdes i flislagret, må anses som stærkt udsatte for at indånde store mængder partikler, hvis de ikke beskyttes.
- I de små flisfyringsanlæg sker føddning af fyret ofte manuelt, og flisen flyttes fra mellemlager med traktor eller manuelt. Personer, der udfører dette arbejde jævnligt, har en vis risiko for at blive udsat for sygdomsfremkaldende mængder af støv og mikroorganismer. Opbevaring af flis i tilknytning til beboelsesrum må stærkt frarådes.
- Hvis flis opbevares i siloer, kan der ske ensilering, så luftens ilt opbruges, eller der kan udvikles nitrose gasser.
- For træpiller kan støvproblemer forventes ved aflæsning, flytning, og hvor træpillerne læsses over i anlægget.

Modforanstaltninger

Hvis flis har været (langtids)lagret under forhold, som fremmer væksten af svampe og bakterier, må man beskytte de personer, der håndterer flisen. Dette gælder både i skoven og ved forbrugeren. Det samme gælder, hvis træpillerne giver støvproblemer.

Det første trin er at finde de steder og arbejdsituationer, hvor der kan forventes en risiko. Problemets omfang kan eventuelt afprøves ved en sporefangningstest. Flis, der er kraftigt angrebet af skimmelsvampe, vil ofte afgive en "muggen" lugt. Dernæst er det vigtigt at skelne mellem langtidspåvirkning af moderate til høje sporemængder og en kortvarig, kraftig påvirkning af store sporemængder.

Hvor der kan forventes en konstant tilstedeværelse af støv og skadelige mikroorganismer i luften, bør arbejdsprocesserne være automatiserede, så de kan udføres eller overvåges fra afskærmede rum. Det indendørs lager med kranføddning af fyringsanlægget er nok det vigtigste sted at isolere fra medarbejdere på værket. Dette sker ved overvågning fra lukkede rum med overtryk, eller ved at luften fra flislagret trækkes ind i fyret, så der opstår let undertryk.

Afskærmning er ikke praktisk muligt ved udtagning af prøver til bestemmelse af vandindhold eller ved



foto: nils rosenvold

Arbejderen bærer beskyttelsesudstyr med maske, P3-filter og blæser under rengøring af maskiner, her på Måbjergværket.

aflæsning. I disse tilfælde bør de involverede personer bære personligt åndedrætsværn. Lastbilchauffører, som jævnligt kører med flis, bør informeres om problemet.

I relation til flisfyrværker er det meget vigtigt med information om problemet med støv og mikroorganismer. Allerede ved installering bør emnet være i fokus, så fyret og lagret placeres hensigtsmæssigt i en tilbygning, og manuel håndtering mindskes. Ventilationsanlægget skal udføres således, at sporerne trækkes væk fra de områder, hvor personalet færdes til dagligt. Et kursus i brug af

personlige værnemidler vil være gavnligt.

Reparationer af kran i det indendørs lager er et eksempel på en opgave, som giver kortvarige ophold i et område med høje støv- og sporekoncentrationer. Involverede personer skal udstyres med personlige åndedrætsværn, der skal være forsynet med et filter i klasse P3 og en blæser. Disse vil typisk være bærbare, dvs. med filter og blæser i et bælte. Personer, der ofte arbejder i forurenede omgivelser, eller som er overfølsomme, bør udstyres med åndedrætsværn med friskluftsforsyning.

Disse består af en enhed med en kompressor et fast sted i bygningen og en luftforsyningslange, der kan tilsluttes forskellige steder. Ved arbejde i siloer med flis skal der bruges friskluftforsynet åndedrætsværn og livline /ref. 47/.

Da de personlige værnemidler typisk ikke er behagelige at arbejde i, bør de kun anvendes ved kortvarige eksponeringer. Personlige værnemidler er ikke løsningen på en konstant høj forurening med støv eller sporer, her må der i stedet gribes ind med ændringer i arbejdsforholdene og ventilationen.