

1 Forord

Bioenergi har i den senere tid fått stor oppmerksomhet. Myndighetene i inn- og utland har fått øynene opp for betydningen av å utnytte en fornybar energikilde som ikke bidrar til å øke utslippene av CO₂. I den nye Klimameldingen går Regjeringen derfor inn for å erstatte 25 % av mineral-oljeforbruket med fornybar energi.

Samtidig opplever vi en betydelig økning av energiprisene for el-kraft og andre energibærere. Dette gir nye muligheter for trelast- og treindustrien som er produsenter av store mengder biprodukter. En god del av disse vil kunne benyttes til produksjon av bioenergi og med en bedre lønnsomhet enn tidligere. Vi har også inkludert rivningsvirke da dette representerer en vesentlig energiressurs. Her kan trelast- og treindustrien snu et avfallsproblem til å bli en verdifull og samfunnstjenlig ressurs.

Mulighetene åpner for at trelastindustrien kan bli produsent av foredlede energibærere for eksempel i form av pellets eller briketter. I tillegg til å benytte egne biprodukter, kan trelastbruket bli en mottaksstasjon for rivningsvirke og lignende.

Dette er foranledningen til at NTI nå utgir dette heftet. Det inngår også et regneprogram på CD-rom som treindustrien kan bruke til beregninger av brennverdi for sine eksisterende og nye produkter. Det vil også være mulig å foreta sammenligninger av energikostnader for egne produkter mot alternative energibærere. Heftet er en oppdatering, modernisering og komplettering av Teknisk Småskrift nr. 25 fra 1974.

Vi takker Jarle Svanæs som har vært redaktør, Håkon Toverød som har hatt ansvaret for regneprogrammet og Sverre Tronstad, Asle Tengs og Terje Apneseth som har vært viktige bidragsytere. I tillegg vil vi takke adm. direktør Reidar Bergene Holm for verdifulle innspill og gode råd.

Blindern, 27. mai 2002

Jostein Byhre Baardsen
Adm. direktør i NTI

Innholdsfortegnelse

1	Forord	3
2	Definisjoner	6
3	Innledning	7
4	Brenselsegenskaper	9
4.1	Fysiske egenskaper	9
4.2	Brennverdi	12
5	Sortimenter	15
5.1	Bark	15
5.2	Rotreducererflis	16
5.3	Rå reduserer-/hoggerflis	17
5.4	Tørr hoggerflis	18
5.5	Sagflis	18
5.6	Kutterflis	19
5.7	Avkapp	19
5.8	Gjenvinningsvirke	20
6	Bruk av bioenergi	21
6.1	Egenbruk	21
6.2	Foredlede bioenergiprodukter	21
6.3	Fjernvarme	23
6.4	Økonomi	24
7	Biobrensler og miljø	26
8	Tabeller	30
8.1	Omregningstabeller	30
8.2	Egenskapstabeller	30
9	Referanser	33
9.1	Litteraturhenvisninger	33
9.2	Nyttige adresser	33
9.3	Nyttig på internett	34

2 Definisjoner

Masse blir i det følgende omtalt som vekt, og har enheten "kg". Rå- og tørrvekt vil begge ha enheten "kg". Det vil av tekst og symbolbruk gå fram om det er tørrvekt eller råvekt som er benyttet. Volumet har i det videre fått enheten "m³". Løsvolum, ofte betegnet som $l m^3$, får her enheten "m³ løs". Fastvolum (ofte omtalt som $f m^3$) omtales i det videre bare som "m³". For tørt og rått volum vil det gå fram av tekst og symbolbruk hvilket volum som er benyttet.

V_{fast}	= Fast volum, nettovolum av virke uten hulrom [m ³]
$V_{\text{løs}}$	= Løst volum, totalvolum av virkestabler eller hauger inkl. hulrom [m ³ løs]
V_0	= Tørrvolum, dvs. volum ved absolutt tørr tilstand [m ³]
V_u	= Volum ved gjeldende fuktighet (u) [m ³]
$V_{\text{rå}}$	= Råvolum, dvs. volum ved trefuktighet større eller lik fibermetningspunktet [m ³]
$m_{\text{rå}}$	= Råvekt, dvs. vekten i rå tilstand [kg]
m_u	= Vekt ved gjeldende fuktighet (u) [kg]
m_0	= Tørrvekt, dvs. vekten i absolutt tørr tilstand [kg]
FM	= Fastmasseandel - forholdet mellom fastvolum og løsvolum [%]
ρ_m	= Basisdensitet, også kalt "tørr-rådensitet" [kg/m ³]
ρ_r	= Rådensitet, rå vekt i forhold til rått volum [kg/m ³]
ρ_0	= Tørrdensitet, tørr vekt i forhold til tørt volum [kg/m ³]
ρ_u	= Densitet ved gjeldende fuktighet (u) [kg/m ³]
ρ_{bulk}	= Bulkdensitet, vekt i forhold til løst volum [kg/m ³ løs]
$\rho_{\text{råbulk}}$	= Råbulk densitet, råvekt i forhold til løst volum [kg/m ³ løs]
H_o	= Øvre brennverdi, [kWh/kg]
H_n	= Nedre brennverdi, [kWh/kg]
H_e	= Effektiv brennverdi, [kWh/kg]
r	= Fordampningsvarme, [kWh/kg] (0,69 kWh/kg ved 100 °C)
F_0	= Fuktighetsinnhold regnet av trestykkets tørrvekt [%]
F_r	= Fuktighetsinnhold regnet av trestykkets totalvekt [%]
η	= Virkningsgrad

Bruk av prosent og andeler er ikke gjennomført helt konsekvent i denne håndboken. I formler benyttes som regel andeler, mens det i tabeller som regel benyttes prosenter. Det gjøres også oppmerksom på at symbolbruken i denne håndboken ikke nødvendigvis samsvarer med symbolbruken i annen litteratur.

3 Innledning

Dette heftet setter fokus på alternativ bruk av treindustriens biprodukter, i dette tilfellet til produksjon av bioenergi. Det kan benyttes bl.a. til planlegging og idéskapning for bedre utnyttelse av treindustriens biprodukter og ved planlegging og oppføring av nye biobrenselanlegg.

I tillegg til denne håndboka er det utviklet et regneark til beregning av brennverdier for biprodukter i treindustrien. Regnearket inneholder data-materiale fra sortimentsbeskrivelsene og vil kunne være til hjelp i grovere undersøkelser av eget energipotensial, verdien av energipotensial samt energikostnader.

Trelastindustrien produserer årlig nær 3,4 millioner m³ biprodukter i form av bark, sagflis, reduserer-/hoggerflis, kutterflis m.v. /1/. Dette utgjør en energi-mengde på ca. 6,5 TWh. Satt i perspektiv tilsvarer dette den elektrisitet som 260 000 elektrisitet-oppvarmede villaer forbruker på ett år.

Tradisjonelt sett blir de fleste biprodukter fra trelastindustrien solgt som råstoff til treforedlingsindustrien. Mye av barken og sagflisen benytter industrien selv til energiproduksjon, spesielt til tørkeprosessen og til oppvarming. Små mengder selges som dekkbark for hager, parker og deponier, strø for husdyr og jordforbedringsmiddel. En mindre del av biproduktene blir deponert.

Tabell 1 og 2 viser statistikk fra trelastindustrien i Norge og tilgang/egenbruk av biprodukter fra trelastbransjen.

Tabell 1 - Statistikk fra trelastindustrien 2000 /8/

Salgsavvirkning (x 1000) m ³	7 482
Andel av avvirkning til sagbruk	55 %
Salg til sagbruk og trevare (x 1000) m ³	4 127
Trelastproduksjon (x 1000) m ³	2 240
Skurutbytte	51 %
Høvelandel	40 %

Tabell 2 - Tilgang og egenbruk av biprodukter i trelastindustrien i 1995 /2/

	Tilgang/produksjon		Egenbruk		Biproduksalg	
	1000 m ³	% av tømmer u. bark	1000 m ³	% av tilgang	1000 m ³	% av tilgang
Bark m.v.	575	11,2	445	77,4	129	22,4
Rå celluloseflis	1 873	36,4	0	0,0	1 873	100,0
Rå sagflis	457	8,9	21	4,6	436	95,4
Tørr cell.flis	237	4,6	12	5,1	225	94,9
Tørr kløvsagflis	25	0,5	5	20,0	20	80,0
Kutterflis	202	3,9	11	5,4	191	94,6
SUM biprod.	3 369	65,6	494	14,7	2 874	85,3

4 Brenselsegenskaper

Med biobrensler menes brensel som består av biomasse, dvs. materiale med biologisk utspring, og som ikke, eller kun i liten grad, er blitt videreforedlet. Biobrenslene som omhandles her er trebrensler, dvs. biobrensler, med utspring i skogen og består av ved og bark.

4.1 Fysiske egenskaper

Med fysiske egenskaper menes de egenskaper som har betydning for behandling, transport og forbrenning av biobrensler. Egenskapene til brenselssortimentene bestemmes av disse tre kriteriene:

- Fuktighet
- Fastmasseandel
- Densitet

Fuktighet

Det er vann i alt trevirke, dersom det ikke er fjernet ved kunstig tørking. Fjerning og opptak av vann i trevirke er avhengig av temperatur og relativ fuktighet. Vanninnholdet vil derfor variere med bl.a. behandling og lagring.

Innhold av fuktighet nedsetter den netto energimengde vi kan få ut av brenselet fordi en del av energiinnholdet går med til fordampning av vannet.

Fuktighet i et materiale angis som:

F_r = vekten av vann i forhold til totalvekt. I Sverige kalt "fukthalt".
$$F_r = \frac{m_{r\ddot{a}} - m_0}{m_{r\ddot{a}}}$$

F_0 = vekten av vann i forhold til tørrvekt. I Sverige kalt "fuktkvot". Noen steder oppgitt som F_t eller u .
$$F_0 = \frac{m_{r\ddot{a}} - m_0}{m_0}$$

Størrelsene er angitt i andeler (multiplikasjon med 100 gir verdier i prosent).

Det er uheldig at fuktigheten angis på to måter, spesielt i forbindelse med fyring, fordi F_0 benyttes i skogbruk og sagbruk ved angivelse av fuktigheten i trematerialer, mens det ved energiberegninger i forbrenningsanlegg

er mer hensiktsmessig å benytte F_r . Sammenhengen mellom F_0 og F_r beskrives matematisk slik når F_0 og F_r er uttrykt i andeler:

$$F_0 = \frac{F_r}{1 - F_r} \quad \text{og} \quad F_r = \frac{F_0}{1 + F_0}$$

Fuktigheten for sortimenter måles mest nøyaktig ved hjelp av tørkeveiemetoden. Fremgangsmåten for denne metoden er at prøven veies ved den aktuelle trefuktigheten. Deretter plasseres prøven i et tørkeskap med en temperatur på 103 ± 2 °C, hvor den ligger til vekten har stabilisert seg. Hvor lenge dette tar avhenger av prøven, men erfaringsmessig mellom 12 og 48 timer for prøver opp til 150 gram. Deretter veies prøven på nytt og differansen mellom disse to veiingene representerer det vannet som var i prøven ved den aktuelle trefuktigheten. Trefuktigheten kan da bestemmes ved forholdet mellom vekt av vanninnhold og totalvekt/tørrvekt som beskrevet over.

Fastmasseandel

Volum angis som fastvolum, som er nettovolum av virke i stabel eller haug uten luftvolum, og løsvolum, som er i definert som et totalvolum av virkestabler og hauger inklusiv hulrom.

Fastmasseandel (FM), vanligvis oppgitt i prosent, er forholdet mellom fastvolum og løsvolum, og er avhengig av treslag, partikkelstørrelse og kompresjon av brenslene. Forholdet mellom fastmasse, fastvolum og løsvolum er definert slik når fastmassen oppgis i andeler:

$$FM = \frac{V_{\text{fast}}}{V_{\text{løs}}}$$

For å beregne fastmasseandelen kan en prøve med kjent løsvolum dyppes i vann. Den fortrengte væskemengden representerer da fastvolumet. I og med at trevirket tar til seg fuktighet er feilkildene ved denne målemetoden større jo tørrere prøven er.

Densitet

Med et materiales densitet eller tetthet, forstår vi forholdet mellom vekt og volum av materiale. Trevirke tar til seg fuktighet og volumet endrer seg med fuktigheten under fibermetningspunktet. Densiteten vil derfor være avhengig av fuktighetsinnholdet. For at begrepet densitet skal ha noen

mening, må det derfor angis ved hvilken fuktighet den gjelder, og her benyttes flere varianter.

RÅDENSITET

Rådensitet er forholdet mellom råvekt og rått volum:

$$\rho_r = \frac{m_{\text{rå}}}{V_{\text{rå}}} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Rådensiten er ikke en konstant verdi, da trevirkets vekt vil være avhengig av trefuktigheten, mens volumet er konstant over fibermetningspunktet. Når rådensitet omtales må derfor trefuktigheten angis.

TØRRDENSITET

Tørredensiteten er forholdet mellom tørrvekt og tørrvolum:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

BASISDENSITET

Basisdensiteten er forholdet mellom tørrvekt og råvolum.

$$\rho_m = \frac{m_0}{V_{\text{rå}}} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Basisdensiteten blir også brukt til omregning mellom vekt og volum. I kapittel 8.2, tabell 11, vises basisdensiteten med brennverdien for noen typiske norske treslag. Høyere basisdensitet gir høyere brennverdi.

DENSITET VED GJELDENE TREFUKTIGHET

I en del sammenhenger blir densiteten ved en gitt fuktighet benyttet. Både vekt og volum blir da målt ved en gitt trefuktighet. Densiteten blir da beskrevet ved følgende formel:

$$\rho_u = \frac{m_u}{V_u} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Når densiteten ved en spesifikk fuktighet omtales må fuktigheten angis, ofte ved å benytte for eksempel ρ_{15} for densitet ved 15% fuktighet.

BULKDENSITET

Bulkdensiteten er forholdet mellom vekt og løsvolum.

$$\rho_{\text{bulk}} = \frac{m}{V_{\text{løs}}} \text{ [kg/m}^3 \text{ løs]}$$

Til energiberegninger benyttes råbulkdensiteten ($\rho_{\text{råbulk}}$) mye. Denne angir forholdet mellom rå vekt og rått løsvolum. Råbulkdensiteten kan også angis ved hjelp av fastmasseandelen (FM), basisdensitet (ρ_m) og fuktighet (F_r). For FM og F_r settes verdiene inn som andeler:

$$\rho_{\text{råbulk}} = \frac{FM \cdot \rho_m}{1 - F_r} \text{ [kg/m}^3 \text{ løs]}$$

DENSITETSVARIASJONER

Densiteten varierer ikke bare mellom ulike treslag men også innen samme treslag. Generelt minker densiteten fra roten og mot toppen og den øker med avstanden fra marginen. Densiteten er også avhengig av alder på treet, andel sommerved, proveniens og voksested.

4.2 Brennverdi

Brennverdien uttrykker hvilken energimengde som frigis ved fullstendig forbrenning av trevirket.

Det eksisterer flere måleenheter for brennverdi, hvor de tre viktigste er kWh, MJ og Mcal. I denne håndboka benyttes kWh om brennverdien for at biobrensler uten særlig omregning skal kunne sammenlignes med andre energibærere, som for eksempel elektrisitet. Omregning mellom de ulike måleenhetene finnes i kapittel 8.1.

Det skilles mellom øvre, nedre og effektiv brennverdi, som kan uttrykkes enten pr. vekt- eller volumenhet.

Øvre brennverdi

Ved forbrenning av absolutt tørt trevirke dannes det vanndamp, som dannes fra treets kjemiske innhold av hydrogen og oksygen. Øvre brennverdi (H_o) er brennverdien av det absolutt tørre brenselet uten fradrag for fordampningsvarmen til vanndampen som dannes.

Øvre brennverdi måles som regel i et bombekalorimeter. Dersom den kjemiske sammensetningen (elementsammensetningen) til brenselet er kjent, dvs. innholdet av karbon, hydrogen, nitrogen, svovel, oksygen og aske, kan øvre brennverdi i kWh/kg beregnes med ganske god nøyaktighet ved bruk av følgende empiriske formel:

$$H_o = 9,697 \cdot X_C + 32,731 \cdot X_H + 2,792 \cdot X_S - 0,419 \cdot X_N - 2,872 \cdot X_O - 0,586 \cdot X_{aske} \text{ [kWh/kg]}$$

hvor X_C er massefraksjon (vekt %) av karbon (C), X_H hydrogen (H), X_N av nitrogen (N), X_S av svovel (S), X_O av oksygen (O) og X_{aske} av aske.

Kjemisk sammensetning for en del treslag og tredeler finnes i tabell 13, kapittel 8.2.

Nedre brennverdi

Nedre brennverdi (H_n) er øvre brennverdi (H_o) med fradrag for fordampningsvarmen til vanddampen som dannes i forbrenningsprosessen. Nedre brennverdi forholder seg kun til kjemisk bundet vann i trevirket. Sammenhengen mellom H_o og H_n er beskrevet i formelen under:

$$H_n = H_o - r \cdot 0,52$$

0,52 = mengde vann kjemisk bundet i trevirket (i området 0,45-0,52)

Nedre brennverdi (H_n) for noen norske treslag finner du i tabell 11 og 12, kapittel 8.2. Generelt for bartre benyttes en nedre brennverdi på 5,11 kWh/kg for bark og 5,32 kWh/kg for ved.

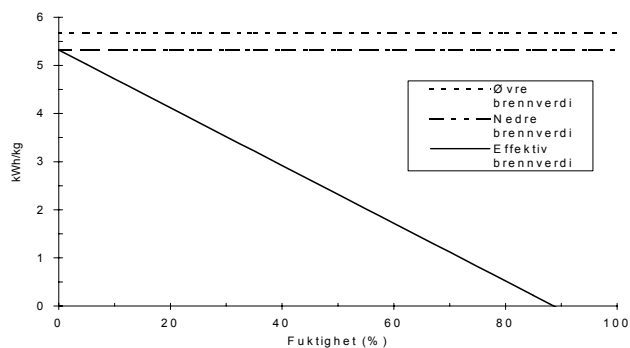
Effektiv brennverdi

Effektiv brennverdi (H_e) er nedre brennverdi redusert med fordampningsvarmen til det vannet som brenselet inneholder. Det er denne verdien som sier noe om hvor mye energi du i virkeligheten får ut av et brensel. Formel for beregning av effektiv brennverdi for rått og tørt virke er:

$$\text{Rått virke: } H_e = H_n - (H_n + r) \cdot F_r \text{ [kWh/kg]}$$

$$\text{Tørt virke: } H_e = H_n - r \cdot \frac{F_r}{1 - F_r} \text{ [kWh/kg]}$$

Sammenhengen mellom H_o , H_n og H_e og fuktighet er illustrert i figur 1.



Figur 1 - Sammenhengen mellom fuktighet og øvre-, nedre- og effektiv brennverdi. Brennverdi for bartreved angitt per kg råvekt.

EKSEMPEL

Vi skal først finne effektiv brennverdi for bark med 50 % vanninnhold i forhold til totalvekten. Vi har et lass på 75 m³ løs og en fastmasse på 55 %. Basisdensiteten til bark er målt til 350 kg/m³. Beregn barkens varmeverdi og det totale lassets potensielle energiinnhold.

r = fordampningsvarmen, 0,69 kWh/kg

H_n = nedre brennverdi som settes til 5,11 kWh/kg for bark

Alle prosentandeler er satt inn som andeler i formlene under.

$$H_e = 5,11 - (5,11 + 0,69) \cdot 0,5 = 2,21 \text{ kWh / kg}$$

$$\rho_{\text{råbulk}} = \frac{0,55 \cdot 350}{1 - 0,5} = 385 \text{ kg/m}^3 \text{ løs}$$

$$\text{Lasset veier: } 75 \cdot 385 = 28\,875 \text{ kg}$$

$$\text{Totalt energiinnhold: } 1,92 \cdot 28\,875 = 64 \text{ MWh}$$

5 Sortimenter

Skurlasten er hovedproduktet i et sagbruk, og utgjør ca. 50 % av skur-tømmerstokken. Resten er biprodukter, som vi deler inn i:

- Bark
- Rå reduserer-/hoggerflis
- Tørr hoggerflis
- Sagflis (rå og tørr)
- Kutterflis/kutterspon (fra høvleri)
- Rotredusererflis
- Kapp

I datatabellene under er det benyttet ulike referanser for innhenting av egenskaper til de forskjellige sortimentene. Primært er data fra /3/, /4/, /7/ og /14/ benyttet, men har blitt supplert og kvalitetssikret mot data fra /1/, /2/, /9/ /10/ og /11/.

Det er for de fleste sortimenter angitt spesifikke data for furu og gran. Disse blir henholdsvis merket (fu) og (gr). Verdier blir enten oppgitt som gjennomsnitt, erfaringsmessige intervaller eller begge deler hvor tall angitt i parentes er det erfaringsmessige intervallet.

5.1 Bark

Barkemaskinen fjerner barken fra stokken til remser eller større og mindre barkpartikler, avhengig av treslag og årstid. Barken går deretter ofte gjennom en barkriver som river barken i mindre biter for å få den mer håndterlig.



I et typisk sagbruk ligger andelen av produsert bark på 8-10 % av tømmervolum under bark. Treindustrien utnytter størstedelen av barkproduksjonen i egen varme-produksjon, med unntak av mindre andeler som går til jordforbedring og til dekkbark.

	Fuktighet (F _r) [%]	Fastmasse (FM) [%]	Basisdensitet (ρ _m) [kg/m ³]	Nedre br.verdi (H _n) [kWh/kg]	Aske [%]
Bartre bark fersk	57 (50-60)	35 (31-37)	300-400	5,20-5,51	
Bartre bark lagret	53 (50-60)	48 (45-52)			
Bartre bark komprimert	55 (50-60)	70 (55-75)			
Bark furu			300 (275-325)	5,11-5,76	2,9
Bark gran			350 (300-425)	4,95-5,51	2,9
Bark+never bjørk	50 (35-65)		500 (475-525)	5,71-6,20	2,8

Fuktigheten i bartrebark varierer meget i løpet av året. I studier har fuktigheten (F_r) i bartrebarken variert fra rundt 50 % i mai til over 60 % i oktober. Tømmer som overrisles med vann i sommermånedene kan ha fuktigheter opp mot 65 %. Lagret bark synes å ha noe mindre fuktighetsinnhold enn fersk bark.

For bjørkebark er det stor forskjell på inner- og ytterbarkens fuktighet. Ytterbark har vanligvis en fuktighet på 15-20 % mens innerbarkens fuktinnhold ligger på rundt 50 % /7/.

5.2 Rotreducererflis

Rotreducererflis produseres i forbindelse med at roten på tømmerstokkene dreies bort før saging. Til formålet brukes rotreducerere av forskjellige typer. Avhengig av om stokkene rotreduceres før eller etter at de er barked, vil rotreducererflisen inneholde mer eller mindre bark. Selv om rotreducererflisen i enkelte tilfeller kan oppfylle kravene til celluloseflis når det gjelder flisgeometri, har strengere krav til renhet hos flisen gjort at rotreducererflisen nå nesten utelukkende brukes som brensel.

Produsert mengde rotredusererflis utgjør 1-2 % av stokkvolum under bark i et sagbruk, avhengig om stokken rotreduseres før eller etter barking.

Fuktighet (F_r) [%]	Fastmasse (FM) [%]	Basisdensitet (ρ_m) [kg/m ³]	Nedre br.verdi (H_n) [kWh/kg]	Aske [%]
55 (50-60)	34	455 (400-510) (fu) 425 (400-450) (gr)	5,30-5,45 (fu) 5,15-5,29 (gr)	0,5-0,7

Flis fra rotenden av stammen antas å ha høyere basisdensitet og nedre brennverdi enn flis høyere oppe i stammen.

5.3 Rå reduserer-/hoggerflis

Rå redusererflis, eller rå celluloseflis og industriflis som den også kalles, er flispartikler med en tykkelse på 2-6 mm og en lengde på ca. 20-28 mm. Bredden kan variere fra noen få mm til 20-40 mm.



Redusererflisen produseres ved at stokkens sider hugges til flis i planreduserere, eller sages bort i form av hun som så flises i en flishugger. Også ribb fra innkanting av bord, dvs. avkapp fra rå bord og plank, hugges til celluloseflis. Denne rå flisen blir for en stor del solgt til masseindustrien, og blir kun i unntaksfall brukt til brensel. Produsert mengde rå reduserer-/hoggerflis er som regel mellom 34 - 38 % av stokkvolum under bark i et sagbruk.

	Fuktighet (F_r) [%]	Fastmasse (FM) [%]	Basisdensitet (ρ_m) [kg/m ³]	Nedre br.verdi (H_n) [kWh/kg]	Aske [%]
Hogget	54 (51-59)	37 (35-41)	430 (375-510) (fu)	5,19-5,36 (fu)	0,4-0,5
Redusert		34 (32-36)	400 (375-450) (gr)	4,99-5,36 (gr)	

Det er kun egenskapene fra bartre som er omtalt. Reduserer-/hoggerflis flisen er vanligvis mest fuktig i månedene januar/februar og tørrest i september/oktober /7/.

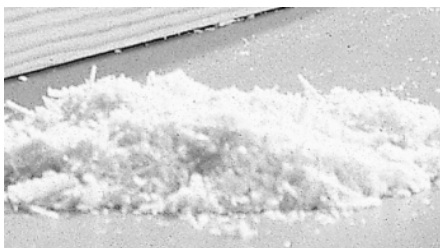
5.4 Tørr hoggerflis

Tørr hoggerflis omtales også som tørr celluloseflis og tørrflis, og produseres i huggmaskiner som hugger avkapp og vrak tørket virke. Andelen tørr hoggerflis er vanligvis mellom 4-7 % av trelastvolumet som skal sorteres i et tradisjonelt sagbruk. Tidligere gikk størstedelen av denne flisen til masseindustrien. Nye krav til celluloseflis gjør at mesteparten av hoggerflisen nå går til sponplateindustrien. En mindre del av hoggerflisen går til forbrenning.

Fuktighet (F_r) [%]	Fastmasse (FM) [%]	Basisdensitet (ρ_m) [kg/m ³]	Nedre br.verdi (H_n) [kWh/kg]	Aske [%]
23 (15-23)	35 (35-41) (hogget)	430 (375-510) (fu) 400 (375-450) (gr)	5,19-5,36 (fu) 4,99-5,28 (gr)	0,4-0,5

Fastmasseandelen for tørr hoggerflis ligger erfaringsmessig ca. 2 % under fastmasseandelen for rå redusererflis.

5.5 Sagflis



Sagflis fremkommer ved saging av tømmer. Dette biproduktet benyttes for en stor del til sponplateproduksjon, men mye går også til energiproduksjon og strø. Den rå sagflisen utgjør mellom 7 og 10 % av den totale tømmer-mengde under bark, mens den tørre sagflisen, som oppstår ved kapping av tørr

skurlast, kun utgjør brøkdeler av én prosent. Noe mer tørr sagflis, opp mot 1 %, produseres i høvlerier i forbindelse med kløyving av plank.

	Fuktighet (F_r) [%]	Fastmasse (FM) [%]	Basisdensitet (ρ_m) [kg/m ³]	Nedre br.verdi (H_n) [kWh/kg]	Aske [%]
Rå	57 (35-64)	33 (31-34)	430 (375-510) (fu)	5,19-5,36 (fu)	0,3-0,5
Tørr	12 (10-40)	33 (32-38)	400 (375-450) (gr)	4,99-5,28 (gr)	

Dataene er for blandet sagflis av bartre. Målinger angir imidlertid en midlere fuktighet (F_r) for rå sagflis på 53,4 % for furu og 50,4 % for gran.

5.6 Kutterflis

Kutterflisen stammer fra høvling av saget tømmer. Sagbruk høvler ofte større eller mindre deler av sin skurlastproduksjon og produserer dermed kutterflis på lik linje med rendyrkede høvlerier. Dette biproduktet benyttes for en stor del i sponplate-



industrien, men noe går også til strø og brensel. Kutterflisen utgjør i størrelsesorden 15 % av råstofforbruket på et høvleri. Hvis hele skurlastproduksjonen skulle høvles, så tilsvarer kutterflismengden ca. 7 % av den totale tømmermengde under bark.

Fuktighet (F_r) [%]	Fastmasse (FM) [%]	Basisdensitet (ρ_m) [kg/m ³]	Nedre br.verdi (H_n) [kWh/kg]	Aske [%]
15 (10-40)	20 (18-25)	430 (375-510) (fu) 400 (375-450) (gr)	5,19-5,36 (fu) 4,99-5,28 (gr)	0,4-0,5

Basisdensiteten til kutterspon antas å være den samme som for sagflis, og vil variere med fordelingen av furu og gran i sponet.

5.7 Avkapp

Avkapp stammer fra justerkapping og endekapp. Omkring halvparten av kappet blir hugget til celluloseflis mens det resterende stort sett går til energiproduksjon eller vedsalg. Avkapp utgjør 3-4 % av den totale tømmermengde under bark.

Data fra oppfliset avkapp finnes under beskrivelsene av tørr og rå huggerflis.

5.8 Gjenvinningsvirke

Gjenvinningsvirke består av trevirke som tidligere har hatt en annen anvendelse innen det ble brukt som brensel. Til dette sortimentet hører eksempelvis emballasje, rivningsvirke, formvirke og rester fra nybygg og ombygging.



Foto: Johs Bjørndal

I 1997 ble det estimert at bygg- og anleggsnæringen i Norge genererte ca. 230 000 tonn trevirke i året. Dette tilsvarer omkring 20 % av det totale treavfallet som ble generert dette år, inkludert treavfall (biprodukter) fra tre- og masseindustrien. Ifølge "Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall" bør 70 % av det trevirke som årlig genereres som

avfall i byggenæringen innen 2005, energiutnyttet. /13/

Avfall fra bygg- og anleggsnæringen vil bestå av både rent og behandlet trevirke, hvor det rene trevirket kan benyttes direkte til energiproduksjon i biobrenselanlegg. Det behandlede trevirket (malt, limt, lakket) skal kun brennes i godkjente forbrenningsanlegg. Impregnert trevirke skal sorteres ut som en egen fraksjon og leveres til avfallsanlegg med opplysninger om hva slags avfall dette er. Trykkimpregnert trevirke anbefales ikke brukt i biobrenselanlegg, og gjøres dette skal anlegget følge de godkjenningskrav som kreves for forbrenning av impregnert virke.

Fuktighet (F _r) [%]	Fastmasse (FM) [%]	Basis- bulkdensitet [kg/m ³ løs]	Nedre br.verdi (H _n) [kWh/kg]	Aske [%]
20 (20-50)	37 (35-41)	220*	ca. 4,9	1-20

* Det gjøres oppmerksom på at dette er basis bulk-densiteten [kg/m³ løs] og ikke basisdensitet.

Alle verdier er oppgitt for ferdig fliset gjenvinningsvirke. Fastmasseandelen antas derfor å være den samme som for hoggerflis. På grunn av forurensninger i form av sand m.m. kan askeinnholdet bli høyt sammenlignet med de andre sortimentene.

6 Bruk av bioenergi

Når biomasse brennes genereres varmeenergi som bl.a. kan utnyttes til oppvarming, industrielle prosesser eller produksjon av andre energiformer.

Salg av biprodukter, både uforedlede og foredlede, til eksterne varmeprodusenter eller private forbrukere er også en mulig måte å nyttiggjøre seg energien i treindustriens biprodukter på. Transport av energi til eksternt bruk vil kunne foregå ved salg av varme gjennom et fjernvarmenett. Omforming av bioenergien til elektrisitet er en annen mulighet, men vil ikke bli omtalt her.

6.1 Egenbruk

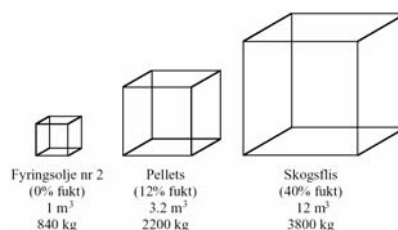
Trelastindustrien utnytter størstedelen av barkproduksjonen i egen varmeproduksjon. Noe sagflis/tørr hoggerflis blir i perioder tilført for å oppnå bedre forbrenning.

6.2 Foredlede bioenergiprodukter

Foredlede bioenergiprodukter er i ferd med å vokse seg populære i både private husholdninger og i varmeproduksjon i næringslivet pga. sin håndterbarhet og sitt høye energiinnhold. Råstoffet, skogsbrensel og biprodukter fra sagbruk og trebearbeidende industri, blir hugget eller malt til flis og tørket før det blir presset til briketter eller pellets.

Foredling gjør biobrenselet dyrere, men det oppnås en rekke fordeler. Et høyt energiinnhold per volumenhet gir lavere transportkostnader og redusert lagervolum enn uforedlede bioenergiprodukter. Et homogent brensel gir også en enklere regulering av forbrenningen samt stabile lagringsegenskaper (unngår forråtnelse) og minimale energitap ved lang tids lagring. Det er i tillegg lavere investeringskostnader på forbrenningssiden enn ved bruk av uforedlede biobrenslers.

Mulighetene for å konvertere oljefyrte anlegg til pellets eller briketter er også meget god, men på grunn av den relativt lave energitettheten for trebrenslers, må man påregne større lagringsplass for biobrenslers enn for fyringsolje.



BRIKETTER

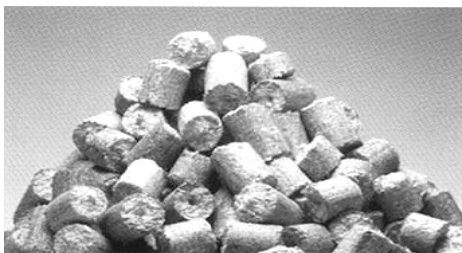


Foto: Bioenergi AS/Atle Johnsen

Briketter er stavformede “kubber” av sammenpressede flispartikler. Brikettene har en diameter på 50-75 mm og lengden kan variere fra noen få cm opp til rundt 20 cm, avhengig av råstoffets beskaffenhet og produksjonsprosess. Råstoffet utgjøres gjerne av kutterflis og tørket sagflis, men også rivingsvirke og grønnflis fra skogen kan

benyttes til brikettproduksjon. Råstoffet bør ikke være fuktigere (F_r) enn 12 %. Selve produksjonen skjer i spesialbygde presser.

Briketter benyttes som regel i større fyringsanlegg og privat i vedovner. Distribusjonen foregår ved hjelp av lastebil og småsekk/storsekk.

Fuktighet (F_r) [%]	Fastmasse (FM) [%]	Basisdensitet (ρ_m) [kg/m ³]	Nedre br.verdi (H_n) [kWh/kg]	Aske [%]
12 (8-15)	50-55	1000-1200	5,0-5,2	0,7

Brennverdien av briketter vil være avhengig av hvilke fraksjoner og treslag den er laget av.

PELLETS

Pellets er små sylindriske enheter med en diameter mindre enn 20 mm, laget av komprimert/presset og tørket biomateriale. Standard diameter er 6, 8 og 12 mm.

Råstoffet utgjøres stort sett av sagflis som tørkes til 9 % eller lavere fuktighet (F_r) og deretter males til fine partikler.

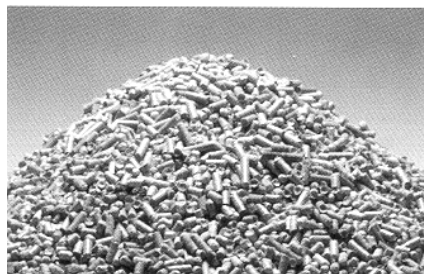


Foto: Bioenergi AS/Atle Johnsen

Pellets skiller seg fra briketter ved at de er enklere å håndtere. På grunn av de små dimensjonene får pellets tilnærmet samme håndteringsegenskaper som fyringsolje og gjør den ideell å transportere i bulk for større transporter eller i storsekk og småsekk ved mindre transporter.

Pellets bør håndteres i lukkede systemer for å unngå støvproblemer. For private husholdninger er det utviklet enkle pelletskaminer hvor man fyller på en lagertank to til fem ganger i uken.

Pelletsbrennere er en forbrenningsenhet som monteres i forbindelse med en kjele, eksempelvis en eksisterende kjele som er dimensjonert for å brenne olje. Pelletsbrennere finnes i alle størrelser fra 15-50 kW tilpasset privatmarkedet og opp til 1-1,5 MW tilpasset større varmesentraler.

Pellets brukes i utlandet også i store oljefyrte fjernvarmeanlegg. Pelletsen males da opp til trestøv, og forbrennes i støvbrennere som erstatter oljebrennerne.

Fuktighet (F _r) [%]	Fastmasse (FM) [%]	Basisdensitet (ρ _m) [kg/m ³]	Nedre br.verdi (H _n) [kWh/kg]	Aske [%]
8 (7-12)	58-59	1200	5,2-5,3	0,7

6.3 Fjernvarme

Med fjernvarme mener vi et system for transport av varme som består en varmesentral, et fjernvarmenett, abonnentsentraler eller undersentraler og et sekundærnett, dvs. internt varmenett hos abonnent.

Fram til 1995 fantes det bare to biobrenselbaserte fjernvarmeanlegg i Norge (Trysil og Kirkenær), men dette bildet er nå i ferd med å endres. Per 2001 var det 7 anlegg i drift og langt flere anlegg er under planlegging. Gardermoen, som fyres på flis, er størst med sine 60 GWh i året. Trysil Skogs fjernvarmeanlegg fyres på flis og bark fra egen produksjon og har en årlig produksjon på 32 GWh.

Det finnes ingen generell regel for hvor mye en ledningstrasé for fjernvarme vil koste. Til det er det for mange faktorer som spiller inn. Bl.a. gjelder det faktorer som grunnforhold, trasévalg, temperaturdifferanser, trykkfall, rørtype og lokal konkurranse. Vanligvis ligger prisen på selve fjernvarmerøret med armaturer på 20-30 % av den totale prisen /3/.

I en del tilfeller kan det lønne seg med samproduksjon av elektrisitet og varme for å kunne opprettholde en mer konstant forbrenning enn ved kun varmeproduksjon.

6.4 Økonomi

Biobrenselanlegg kan være basert på flere forskjellige teknologier, men denne håndboken vil ikke gå nærmere inn på de ulike anleggstypene. "Veiledning for forbrenningsanlegg" fra Sintef /12/ og "Bioenergi Guiden" fra NoBio /10/ gir imidlertid en oversikt over litteratur som vil kunne gi mer informasjon om dette emnet. Fagbøker som /3/ og /11/ inneholder også nyttig informasjon om emnet.

Biobrenselkostnad

Tabell 3 viser pris på en del ulike biobrensler omregnet til øre/kWh ved 100 % virkningsgrad (vanlig virkningsgrad er 80-90 %).

Tabell 3 - Pris på ulike biobrensler inkl. frakt inntil 10 mil (eks. mva) /5/

Brensel	øre/kWh
Skogsflis, bulk	12-16
Bark sagflis	7-15
Sortert, gjenvunnet trevirke	7-11
Halm	10-14
Ved, bulk	25-35
Ved, sekk	Ca. 50
Briketter, bulk	14-18
Pellets, bulk	17-20
Pellets, sekk	25-35

Når den effektive brenselkostnaden skal beregnes, er virkningsgraden (η) av stor betydning. Virkningsgraden vil være avhengig av brenselstyper, kjeletyper, driftsforhold, vedlikehold og dimensjonering. Netto brenselpris beregnes ut fra følgende formel:

$$P_n = P_b / \eta$$

Der:

P_n = brenselpris for nyttiggjort varme

P_b = brutto brenselpris

Investeringskostnader

Investeringskostnadene for selve forbrenningsanlegget vil bl.a. avhenge av brenseltype, forbrenningsteknologi, samt utslippskrav knyttet til bl.a. effektstørrelse.

I tillegg vil kostnader til investering i brensellager og utstyr for brenselhåndtering variere sterkt. Noen eksakte investeringskostnader er derfor vanskelig å angi. Bioenergi Guiden til NoBio /10/ inneholder en oversikt over produsenter av fyrings- og renseanlegg som vil kunne være nyttig i forbindelse med prosjektering. Tabell 4 oppgir en del nøkkeltall i kr per installert kW eks. moms for nybygde anlegg samt for konvergering av eksisterende oljefyrte anlegg til biobrenselanlegg.

Tabell 4 - Investeringskostnader for biobrenselanlegg (eks. moms) /5/ og /2/

Investeringskostnader for biobrenselanlegg	Investering
Nyinvesteringer	
Vedovner (6 kW) (villa-anlegg)	3 000-12 000 kr
Pelletsovn (2-12 kW) (villa-anlegg)	13 000-24 000 kr
Nytt anlegg inkl. VVS i fyrrom (villa-anlegg)	2 500 - 4 000 kr/kW
Nytt anlegg i ny varmesentral (større anlegg)	2 000 - 3 500 kr/kW
Flis/barkfyringsanlegg (Store anlegg >10 MW)	1 000 - 2 500 kr/kW
Konvertering av anlegg	
Konvertering av oljekjele til biobrensel	1 200 - 2 000 kr/kW
Konvertering av oljekjele til biobrensel (større anlegg)	1 000 - 1 400 kr/kW
Nytt anlegg i eksisterende varmesentral (større anlegg)	1 500 - 2 500 kr/kW

De oppgitte prisene kan variere meget, bl.a. som følge av tilskuddsordninger, distribusjonsteknikk, brenselhåndtering og forbrenningsteknikk.

7 Biobrensler og miljø

I motsetning til fossile brensler som olje, gass og kull, som alle er begrensede lagerressurser, er biomasse en fornybar ressurs. Dette fordi plantevekster baserer seg på solenergi via fotosyntesen.

Utslipp til luft

Forbrenning av biomasse gir en redusert luftforurensing i forhold til forbrenning av fossile brensler, fordi biomasse kun inneholder små mengder svovel, klor og tungmetaller. Den viktigste faktoren er imidlertid den positive effekten bruk av bioenergi har på global oppvarming. Biobrensler er CO₂-nøytrale og bidrar ikke til økt bidrag av CO₂ til atmosfæren fordi CO₂ inngår i en naturlig karbonsyklus. Den CO₂ som produseres gjennom forbrenning bindes opp i biomasse igjen gjennom fotosyntesen.

Hvis bruk av bioenergi erstatter bruk av fossile brensler, vil dette medføre en reduksjon av de samlede CO₂-utslipp til atmosfæren.

Tabell 5 - CO₂ utslipp for utvalgte energibærere /6/

	g CO₂/kWh_{biobrensel} *
Biobrensel	0 **
Metan	196
Propan	211
Naturgass	209
Parafin	227
Fyringsolje 1&2	229
Tungolje	239
Kull (Sverige)	391

*CO₂-utslipp per potensiell energi i brenselet. Ved omregning til CO₂-utslipp per energienhet produsert [g/kWh_{prod}] må det tas hensyn til virkningsgrad ved energikonvertering.

**Bioenergi er CO₂-nøytral. Når dyrking av biomasse holdes ved like, fører bruk av biomasse til at netto bidrag av CO₂ til atmosfæren ikke øker fordi CO₂ forbrukes i fotosyntesen til nye plantevekster.

Ved forbrenning av biomasse oppstår uønskede komponenter i røykgassen som bør minimaliseres. Dette gjelder hovedsaklig CO, HC, PAH, NO_x og partikler (sot/tjære) som man kan redusere ved mer optimale forbrenningsbetingelser. Det er først og fremst fra gamle anlegg hvor man har ufullstendig forbrenning, at man kan få betydelig lokale utslipp av CO, tjærestoffer (PAH) og partikler (sot). /2/

Tabell 6 - Utslipp av SO₂, NO_x, støv og Cd for noen energibærere /6/

	SO ₂		NO _x		Støv ⁸⁾			Kadmium (Cd)		
	mg/kWh _{ut}		mg/kWh _{ut}		mg/kWh _{ut}			µg/kWh _{ut}		
Flisfyring	125	410 ¹⁾	280 ²⁾	190 ³⁾	350 ⁵⁾	47 ⁶⁾	24 ⁷⁾	5 ⁵⁾	0,5 ⁶⁾	0,5 ⁷⁾
Naturgass	0		120		0			0		
Propan	0		150		0			0		
Lettolje	105		250		13			1,8		
Lavsvovlig tungolje	1 700		630		130			2,9		
Tungolje nr. 6	4 900		1 000		130			2,9		
Steinkull	2 900		790 ⁴⁾		53 ⁶⁾			-		

1) Ristovner

2) BFB - boblende fluidized bed

3) CFB - sirkulerende fluidized bed

4) Vandrerist

5) Multisyklon

6) Elektrofilter

7) Posefilter

8) Moderne støvfiltre er i dag i stand til å fjerne 99,9 % av støvet, også for kull

Deponering

Biomasse bør ikke deponeres. Ved deponering brytes majoriteten av biomasse ned under oksygenfrie forhold hvor metan dannes i stedet for CO₂. Metan er en drivhusgass som er over 20 ganger kraftigere enn CO₂, så det er derfor til miljøets beste at biprodukter i treindustrien enten videreforedles til nye produkter eller benyttes til energiproduksjon.

Aske

Hos våre viktigste treslag varierer askeinnholdet mellom 0,1 % og 1,0 % av tørrvekten.

Askeinnholdet varierer med alderen på treet, slik at yngre trær som regel inneholder mer aske enn eldre. I kjerneved er askeinnholdet vesentlig lavere enn i yteved.

Tabell 7 - Typisk askeinnhold for ulike biobrensler (% av tørrstoffinnhold) /3/

Biobrensel	Bjørk	Furu	Gran
Stammeved	0,4	0,4	0,5
Bark	2,2	2,6	3,2
Greiner	1,2	1,0	1,9
Bar og lauv	5,5	2,4	5,1
Heltre med lauv/bar	1,0	0,9	1,6
Heltre uten lauv/bar	0,8	0,8	1,3

Sammensetningen av asken er noe forskjellig avhengig av om den kommer fra forbrenning av trematerialer fra kjerne- eller yteved. Dette fordi kjerneveden har stort innhold av kalsium, mens yteveden utmerker seg ved høyt fosfor- og kaliuminnhold.

Makronæringsstoffene kalsium, kalium og magnesium utgjør størstedelen av næringsementene i asken, mens fosfor kun utgjør en mindre fraksjon av asken.

Aske inneholder også en rekke viktige sporstoffer som bor, kobber, molybden og sink, samt giftige tungmetaller som kadmium, bly og kvikksølv. Disse forekommer oftest i små mengder, men noen av dem er en absolutt betingelse for trærnes vekst.

Innholdet av kadmium ligger ofte nært opptil SFT's grenseverdier og kan skape vansker for deponering av aske. Rensing av asken er derfor ofte nødvendig, noe som kan skje gjennom en prosess der oppvarming av asken inngår.

Næringsstoffene i asken kan tilbakeføres til skogen gjennom aske-spredning. Viktige faktorer å ta hensyn til da er at kadmiuminnholdet er under grenseverdiene, samt at asken er lett å håndtere og spre. Den skal være i en slik form at den ikke påvirker dyr og vekster negativt. For å sikre en lønnsom spredning er det viktig at asken har et normalt næringsstoffinnhold, og at asken er godt utbrent (høyst 20 % uforbrent materiale).

Tabell 8 - Mineralstoffer i aske /9/

		Gran		Furu		Eik	
		Yte	Kjerne	Yte	Kjerne	Yte	Kjerne
Aske i % av vedens tørrstoff		0,26	0,21	0,19	0,15	0,42	0,16
Mineralstoffer i % av ren aske	K ₂ O	38,1	29,0	29,0	15,1	46,5	40,9
	P ₂ O ₅	11,2	1,0	7,4	0,9	12,4	2,6
	CaO	21,5	35,9	28,2	41,3	16,5	24,9
	MgO	5,7	9,6	11,2	15,8	6,2	2,7
	Fe ₂ O ₃	6,0	8,3	6,4	5,5	3,5	3,1
	SO ₃	4,3	4,2	5,3	4,5	3,4	3,1
	SiO ₂	3,6	1,0	2,1	3,4	1,3	5,4
	Na ₂ O	1,5	3,2	4,7	3,1	2,7	1,4

8 Tabeller

8.1 Omregningstabeller

Tabell 9 - Omregningsfaktorer for energienheter

	kWh	MJ	Mcal	Ktoe*	Kbtu **
1 kWh	1	3,600	0,860	0,086	3,412
1 MJ	0,278	1	0,239	0,024	0,948
1 Mcal	1,163	4,187	1	0,100	3,968
1 ktoe	11,628	41,860	9,998	1	39,674
1 kbtu	0,293	1,055	0,252	0,025	1

* kilotonn oljeekvivalent

** kilo British thermal unit

Tabell 10 - Omregningseffekter for effektenheter

	kcal/s	hk	kW	Mbtu/h	GJ/h
1 kcal/s	1	5,692	4,187	0,0143	0,0151
1 hk	0,176	1	0,736	0,0025	0,0027
1 kW	0,239	1,359	1	0,0034	0,0036
1 Mbtu/h	69,930	398,042	292,797	1	1,0559
1 GJ/h	66,225	376,954	277,285	0,9470	1

8.2 Egenskapstabeller

**Tabell 11 - Nedre brennverdier uttrykt
pr. fastvolum [m³] for noen norske treslag /9/**

Treslag	Basisdensitet [kg/m³]	H _n [kWh/m³]
Gråor	360	1 900
Gran	380	2 000
Osp	380	2 000
Selje	430	2 280
Svartor	440	2 350
Furu	440	2 350
Bjørk	500	2 650
Lønn	530	2 800
Ask	550	2 900
Eik	550	2 900
Bøk	570	3 000
Rogn	600	3 190

Tabell 12 - Nedre brennverdier for tredeler av gran, furu og bjørk /4/

Treslag	Tredeler	Nedre brennverdi [kWh/kg]	
		Min	Maks
Furu	Ved	5,19	5,36
	Bark	5,11	5,76
	Greiner	5,39	5,69
	Bar	5,85	
	Hele treet	5,44	5,67
	Stubber	5,33	5,44
Gran	Ved	4,99	5,28
	Bark	4,95	5,51
	Greiner	5,49	
	Bar	5,50	5,60
	Hele treet	5,33	5,44
	Stubber	5,26	5,29
Bjørk	Ved	4,84	5,31
	Innerbark	4,76	5,12
	Never (ytterbark)	7,88	8,14
	Greiner	7,88	9,70
	Hele treet	5,31	5,44

Tabell 13 - Fastmasse for endel typer fastmasser /9/

	min.	mid.	maks.
Fersk bark	31	<u>35</u>	37
Bark lagret i haug	55	<u>70</u>	80
Cell.flis, reduserer	32	<u>34</u>	36
Cell.flis, hugget	35	<u>38</u>	41
Flis fra hogstavfall	39	-	49
Flis fra stubber	30	-	34
Fersk sagflis	31	<u>33</u>	34
Kløvsagflis	32	<u>33</u>	38
Kutterflis	18	<u>20</u>	25
Trekull		45	
Knott		50	
Ved:			
Løst mål (30 cm)	40	-	50
Stablet, gran og furu (60 cm)	58	-	76
Stablet, bjørk (60 cm)		63	
Bakhon (60 cm)		52	

Tabell 14 - Kjemisk sammensetning av biobrensler /2/

	Elementanalyse (vekt %,tørr)				
	C	H	N	O	Aske
Ren treflis (furu)	51,8	6,1	0,3	41	0,6
Treflis fra skogsavfall (Sverige)	51,3	6,1	0,4	41	1,33
Treflis fra skogsavfall (Finland)	51	5,8	0,9	38	4,05
Salix (piletre) (energiskog)	49,7	6,1	0,4	43	1,18
Sagflis furu	51	6,0	0,1	43	0,08
Bark fra gran	49,9	5,9	0,4	41	2,34
Bark fra furu	52,5	5,7	0,4	40	1,7

H = hydrogen, S = svovel, N =nitrogen, O = oksygen

Tabell 15 - Egenskaper og brennverdier i biprodukter fra sagbruk /9/ *

Sortiment	Fukt. innhold FM			Råvekt kg/m ³ løs	Tørrvekt kg/m ³	Effektiv brennverdi		
	F ₀	F _r	%			kJ/kg	MJ/m ³ løs	kWh/kg
Rotreduser, flis	110	53	34	290	140	7 500	2 200	2,1
Bark, fersk	150	60	35	360	140	5 800	2 100	1,6
Bark, lagret	110	53	70	600	290	7 300	4 400	2,0
Flishakk, hon	110	53	38	330	160	7 700	2 500	2,1
- reduserer	110	53	34	290	140	7 700	2 200	2,1
- tørr	17	15	30	180	160	15 900	2 900	4,4
Sagflis, fersk	65	39	33	220	140	10 700	2 400	3,0
Kløvsagflis, tørr	17	15	33	160	140	15 900	2 500	4,4
Kutterflis	17	15	20	96	82	15 900	1 500	4,4

* Denne tabellen samsvarer ikke nødvendigvis med egenskapene beskrevet tidligere. Den er gjengitt for å gi et perspektiv på hvilke effektive brennverdier som man erfaringsmessig har hos de forskjellige sortimentene.

9 Referanser

9.1 Litteraturhenvisninger

- /1/ "Bioenergi; ressurser og teknologi" - Beyer, Khalil, Fossum, Grønli, Sæther - Sintef Energiforskning 2000
- /2/ "Norsk Bioenergi Nettverk (BioNett 1998-2000) Sluttrapport" - Fossum, Sørsum, Hustad, Grønli, Skreiberg 2000
- /3/ "Bioenergi - Miljø, teknikk og marked", Erik Eid Hohle, Energigården 2001
- /4/ "Status for bioenergi basert på skogvirke", Jørn k. Lileng og Simen Gjølshj, NISK 1998
- /5/ "Nye fornybare energikilder 2001" - NVE 2001
- /6/ "Bioenergi og miljø" - NoBio 2001
- /7/ "Trädbrennslesortiment - Definitioner och egenskaper", Malin Ringman - Sveriges Lantbruksuniversitet 1996
- /8/ "Hovedtall og statistikk fra trelastindustrien" - TL 2001
- /9/ "Treteknisk Håndbok", Norsk Treteknisk Institutt 1999
- /10/ "Bioenergi guiden ", NoBio 1999
- /11/ "Energi fra biobrensel", Jan Sandviknes, Vett & Viten 2001
- /12/ "Forbrenningsanlegg - veiledning for saksbehandlere", Hefte utgitt av SFT, nr. 95:13
- /13/ "Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall", BNL, MEF, PGL og TELFO 2001
- /14/ "Miljöstyrd produktutveckling i träindustrien", Beyer, Haggason og Johansson, Träteknisk 2001

9.2 Nyttige adresser

Norsk Treteknisk Institutt
 Forskningsveien 3B
 Postboks 113, Blindern
 0314 Oslo
 Telefon: 22 96 55 00
 Telefaks: 22 60 42 91
 Internett: www.treteknisk.no

Statens forurensningstilsyn (SFT)
 Strømsveien 96
 Postboks 8100 Dep
 0032 Oslo
 Telefon: 22 57 34 00
 Telefaks: 22 67 67 06
 Internett: www.sft.no

Norsk Bioenergiforening (NoBio)
 Wergelandsveien 23b
 0167 OSLO
 Telefon: 23 36 58 70
 Telefaks: 23 36 58 79
 Internett: www.nobio.no

ENOVA SF
 Innherredsveien 7A
 7014 Trondheim
 Telefon: 73 84 57 50
 Telefaks: 73 84 57 51
 Internett: : www.enova.no

9.3 Nyttig på internett

- Energigården: www.energigarden.no
- Sintef Energiforskning: www.energy.sintef.no
- Institutt for energiteknikk: www.ife.no
- Miljøverndepartementet: odin.dep.no/md
- Olje og energidepartementet: odin.dep.no/oed
- Dansk Bioenergiforening (DanBio): www.biomass.dk
- Svensk Bioenergiforening (SveBio): www.svebio.se
- Energiportalen: www.energiportalen.com
- Norsk Fjernvarmeforening: www.fjernvarmeforeningen.org
- Statistisk sentralbyrå: www.ssb.no
- IEA (Int. Energy Agency) Bioenergy: www.ieabioenergy.com
- Bioenergy Information Network: bioenergy.ornl.gov
- Pelletsindustrins Riksförbund: www.pelletsindustrin.org
- Novator (Bioenergy International): www.novator.se