



### Arealer for produksjon av biobrensel

Diagram illustrating various forest types suitable for biomass production:

- Gjengrodd skostovell
- Gjengrodd høyfyll
- Kvittfjeller
- Energiskog
- Bekkeliøft med grøt
- Løvskog på Nordlands- og Finnmarksfjella

### Biomassens fordeling på treets ulike deler

Diagram illustrating the distribution of biomass in a tree, showing the percentage of dry matter (kg tørrstoff) in different parts of the tree for different species (Furu, Gran, Bjørk) and tree diameters (15 cm and 30 cm).

Legend for biomass distribution:

- Greiner, døde
- Bar
- Greiner, levende
- Bark
- Stammeved
- Stubbe og rotter

Species and tree diameter categories:

- Furu, Gran, Bjørk (Trø med 15 cm bryshoydediameter)
- Furu, Gran, Bjørk (Trø med 30 cm bryshoydediameter)

### Logistikk

Flowchart illustrating the biomass logistics process:

- Manual felling and skiving of small stems
- Chipping
- Pile of small distributed or piled-up stems near forest road
- Lower haulage of small trees
- Transportation to heating plant
- Heating plant
- Fuller to the plant is supplied by local entrepreneurs.

Handing gullig vasstern.

Gode logistikk-løsninger er viktig for å oppnå god økonomi!

### Skogskjøtsel med flertrehandtering

Four photographs illustrating forest management equipment in operation:

- Harvester
- Forwarder
- Tractor with grapple
- Skidder

**Flisproduksjon**




**Trommelhogger**



**Skivehogger**



**Flishogging og ulike sortimenter**

- Flishoggere med sold gir generelt jevnere flis kvalitet enn hoggere uten sold.
- Virke med kvist og bakhon gir mer stikker enn rundvirke.

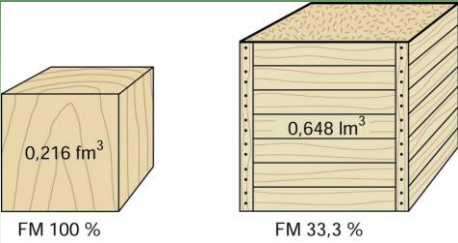
**Skrueinnmating mindre flisfyringsanlegg**



**NB! Flis kvalitet og anlegg må være tilpasset hverandre**

**Forhold mellom fastkubikk og løskubikk**

$1 \text{ fm}^3 \approx 2,5 \text{ lm}^3$

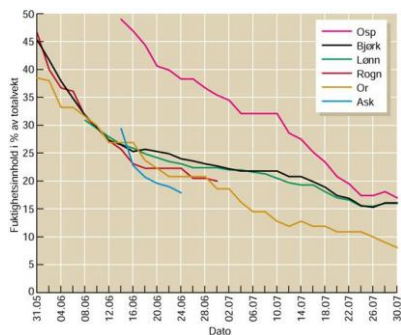


0,216 fm<sup>3</sup> FM 100 %

0,648 lm<sup>3</sup> FM 33,3 %



## Naturlig tørking



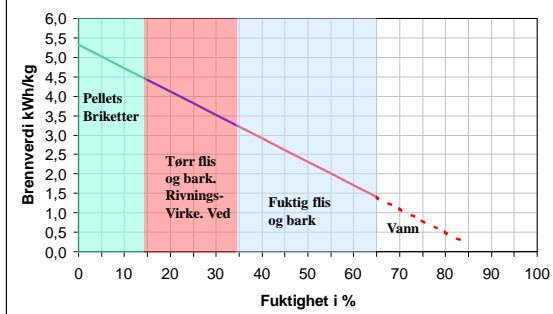
## Naturlig tørking av virke



- Luftige og solrike plasser er godt egnet for naturlig tørking.
- Etablering av tømmerlunna i april/mai, tildekking med GROT-papp før høstregnet begynner.



## Brennverdi for biobrensler



## Kvalitetskrav flis

### Kvalitetskrav:

- Til små – og middels store anlegg (< 1 MW) er flis kvaliteten svært viktig, dvs:
  - Homogen flis uten stikker
  - Jevn fuktighet
- Til større anlegg, dvs > 1 MW er ikke dette fullt så viktig.

### Diverse info skogsflis:

- 20-30 % fukt, 850-780 kWh/lm<sup>3</sup>
- 30-45 % fukt, 780-650 kWh/lm<sup>3</sup>
- 16-23 øre/kWh levert anlegg, eks mva
- FM% = fastmasse% = 35-45%
- Ca 1-1,5 % aske.





### Brenselinnmating

- For mindre anlegg er sirkelmater mest vanlig.
- Sirkelmateranlegg er betydelig billigere og passer best når brenselet ikke er fuktigere enn maks 35 %.



### Brenselinnmating

- For større anlegg brukes som regel stangmater. Det er robust for brenslers opp til 60 % fuktighet.
- Uansett utmatingsprinsipp, er riktig brenselkvalitet avgjørende for driftssikkerheten!

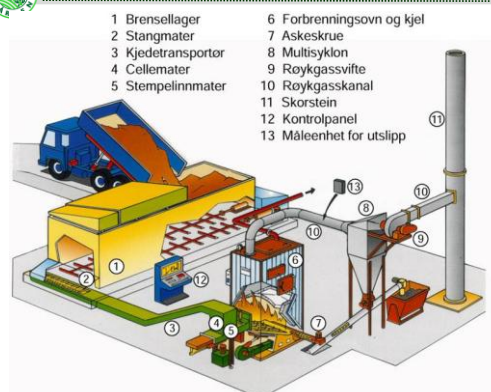


### Brenselssilo

- Lagerkapasiteten bør være stor nok til at kjelen kan gå på maks effekt over sammenhengende helligdager, f. eks jul eller påske.
- Viktig at siloen utformes praktisk i forhold til flisleveransen (side eller baktipp?)

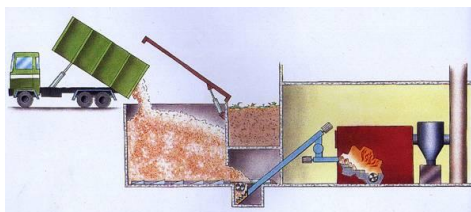


### Biovarmeanlegg





### Anlegg med nedsenket silo (flis eller briketter)



- De fleste flisfyringsanlegg kan også fyres med små briketter og/eller pellets.
- **NB! Viktig å sjekke med leverandør hvilke innstillinger som må endres!**



### Prefabrikerte anlegg 40 – 1000 kW

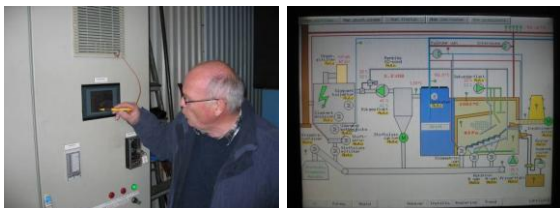
Flissilo og fyrrom  
i samme bygg



Priseksempel :  
100 kW – 550 000 kroner komplett ferdig montert



### Drift av anlegget



### Prinsippet ved forbrenning av faste brensler

- Brenselet må fordeles fysisk i forbrenningsrommet  
(Derfor blir brennkammeret annerledes og større enn ved olje/gassforbrenning)
- Fuktige brensler krever bedre fordeling enn tørre brensler
- Fuktige brensler får et annet forbrenningsforløp enn tørre brensler
- *Fuktige brensler krever lengre oppholdstid for å brenne ut enn tørre brensler*

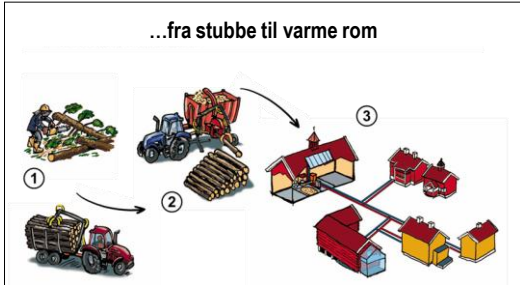


Disse forholdene avgjør  
hvordan forbrenningsanlegget skal bygges opp



## Eksempel på utbygging av biovarmeanlegg

...fra stubbe til varme rom





Legging av nærvarmerør



Prefab. Varmesentral (150 kW) forsyner 3 – 4 bygg + tørke





Oppstart høsten 2004. Samlet kostnad inkl. fjernvarme, hussentraler mv. 750.000,-



## Vedkjel på egen gård



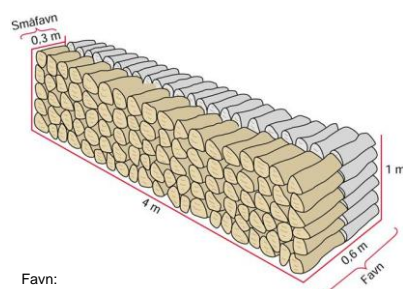
Kilde: Hølandshvitt AS



ENERGIGÅRDEN



## Ved

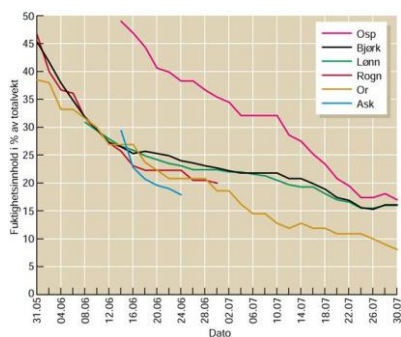


Favn:

$$4\text{ m} \times 1\text{ m} \times 0,6\text{ m} = 2,4 \text{ fm}^3 (1,6 \text{ fm}^3)$$



## Naturlig tørking



## Vedproduksjon



## Omsetning av ved

- Tre typer leveranse:  
Småsekk (80-90 øre/kWh),  
storesekk (50-55 øre/kWh)  
eller traktorhenger (45-50 øre/kWh)
- SSB: Virkesuttak fra skog til vedproduksjon har aldri vært større siden krigen!



## Vedovner – 800.000 brukes jevnlig



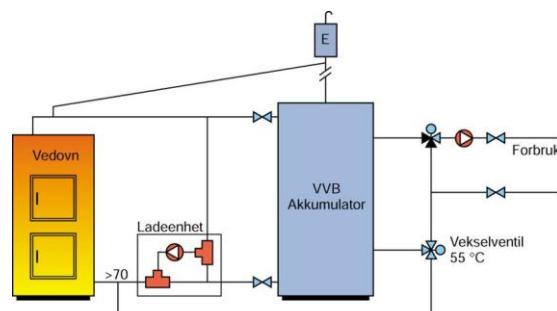
..bidrar med en samlet effekt på 5 000 MW på kalde vinterdager. En betydelig avlastning for et periodevis "overopphetet" elnett.



## Gjennomgang og utforming av vedkjelanlegg



### Vedkjel



### Vedkjel - forbrenning



- 1 I vedmagasinet forgasas veden på keramikrostet.
- 2 Den sugande flakten drar sedan ner den heta vedgasen till slutförbränningen i nedre keramikskålen. Med tillskott av sekundärluft höjs nu förbränningstemperaturen till 900-1000 °C.
- 3 I pannans konvektionsdel och i de sex vattenkylda tuberna tillgodogörs sig pannan den slutförbrända rökgasen. När rökgasen sedan lämnar pannan har den en temperatur på 220-250 °C. Den avgivna effekten är nu mellan 30-40 kW (91% verkningsgrad).

Kilde: Calmar V33, Hallenstvedt AS



### Dimensjonering av vedkjelanlegg

- Kjeleffekt bør være minimum 2 x maks effektbehov.
- Viktig med riktig dimensjonert akkumulatortank i forhold til kjel. Tanken må være stor nok til å kunne lagre varmen produsert i et tillegg, dvs ikke nødvendigvis dimensjoneres i forhold til kW eller m<sup>2</sup>.
  - Eks: vedinnlegg 225 liter, dårlig ved 2,5 m<sup>3</sup> akk.tank
  - Bjørkeved 4 m<sup>3</sup> akk.tank
- Vurderer nytten ved å investere i større kjel og tank enn hva som er nødvendig, f. eks hvis mye borte fra boligen.



## Utforming av anlegg

- Lett tilgang på ved og kjel – tenk logistikk! Unngå trapper eller terskler i fyrrom.
- Ved på paller og bruk av jekketralle er en god løsning.
- Fordel om kjel kan ta lang ved (60 cm+)
- Fyrrommet må være egen branncelle, husk å sjekke pipen.



## Investeringskostnader og varmekostnad

Årlig varmebehov: ca 35 000 kWh, priser eks tilskudd og rør i bakken

50 kW vedkjel, 3 m <sup>3</sup> tank, pipe	105 000 kr
Installering	40 000 kr
Diverse	10 000 kr
<u>IN-tilskudd (35%)</u>	<u>- 55 000 kr</u>
<b>Sum investeringskostnad 100 000 kr ≈ 34 øre/kWh</b>	
<b>+ innomhus installasjoner</b>	

Ved, innkjøpt	40 øre/kWh
Drift, 4-7 timer per uke	20
<u>Strøm, kolbe i buffertank</u>	<u>17</u>
<b>Sum varmekostnad</b>	<b>77 øre/kWh</b>



## Oppsummering

- Halm som brensel er svært billig, men også utfordrende å berge mtp kvalitetskrav og tidspress i høstperioden. Vasket halm gir bedre forbrenning og mindre aske
- Manuelle halmfyringsanlegg er driftssikre og man kan fyre med all slags halm, bare den holder < 20%. Bakdelen er at det ofte er behov for daglige ilegg.
- Tørrgran eller annet biobrensel kan også forbrennes i et manuelt halmannlegg.
- Automatiske halmfyringsanlegg har høyere investeringskostnad, men gir høyere virkningsgrad, men stiller også større krav til halmkvalitet samt høyere investeringskostnader. Viktig å bruke rug, hvete eller raps som brensel.



## Gardsvarme og varmeentreprenørskap

Teknisk/økonomisk kalkyle for biovarme





## Teknisk/økonomisk kalkyle for biovarme



### Eksempel: Beregning av brenselkostnad skogsflis

Kostnadstype	Kostnad	Merknad
Innkjøpt energivirke	250 kr/fm <sup>3</sup>	
Vegtransport	40 kr/fm <sup>3</sup>	
Terminal 1	5 kr/fm <sup>3</sup>	
Måling	3 kr/fm <sup>3</sup>	
Flishogging	65 kr/fm <sup>3</sup>	FM 40 %
Terminal 2	12 kr/fm <sup>3</sup>	Flislager på 200 lm <sup>3</sup>
Sum flisproduksjon	375 kr/fm <sup>3</sup>	2000 kWh/fm <sup>3</sup> eller 800 kWh/lm <sup>3</sup>
Transport til varmesentral	50 kr/fm <sup>3</sup>	
<b>Skogsflis levert varmesentral</b>	<b>425 kr/fm<sup>3</sup> 170 kr/lm<sup>3</sup></b>	<b>= 21 øre/kWh + tap ved forbrenning</b>



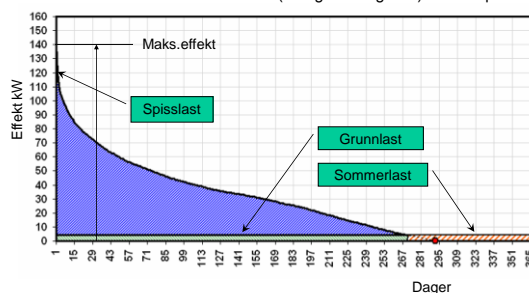
### Årlig flisbehov

Varmekunde : 300 000 kWh  
 10 % nettap: 30 000 kWh  
 Sum biovarme 330 000 kWh

Flisbehov 440 lm<sup>3</sup> (750 kWh/lm<sup>3</sup>)  
 Virkningsgrad kjel 85 %  
 Flisbehov inkl virk.grad 520 lm<sup>3</sup>



### Effektbehov sortert etter størrelse ("varighetsdiagram") - Eksempel





### Investering i små- og mellomstor skala flisfyringsanlegg



- Investeringskalkyle for flisfyringsanlegg, fyrrom og varmerør:
- Ca 2500 - 5000 kr/kW i fyranlegg og fyrrom, 800-1500 kr/m i distribusjonsnett for mindre anlegg.
- Ved etablering av distribusjonsnett i tettsteder kan kostnaden ligge på 3000 kr/m mens de store fjernvarmeaktørene opererer med en kostnad på 5000 – 7000 kr/m i byer.



### Eksempel: Investeringer

\* Fyrrom i eksisterende bygning

Investeringer	Verdi
100 kW flisfyringsanlegg komplett, inkl nett	300 000 kr
Montering i fyrrom (rør og el)	150 000 kr
Diverse	50 000 kr
<b>Sum investeringer</b>	<b>500 000 kr</b>
Investeringsstøtte Innovasjon Norge (35 %)	-175 000 kr
<b>Kapitalbehov</b>	<b>325 000 kr</b>



### Beregning av varmekostnad – forutsetninger

- **Kapitalkostnader:**
  - 15 år, 8 % rente
- **Årlig varmebehov: 250 000 kWh**
  - 90 % bioenergi, 10 % elektrisitet
- **Råvarekostnad skogsflis:**
  - 170 kr/lm<sup>3</sup>, 800 kWh/lm<sup>3</sup>
  - 85 % virk.grad fliskjel – 400 lm<sup>3</sup>/år
- **Kostnad elektrisitet:**
  - 85 øre/kWh



### Driftskostnader

- **Ettersyn og feiing: 2-3 timer per uke.**
- **Strøm til drift: 6-10 promille av produsert varme**
- **Vedlikehold, forsikring, etc., ca 4 %.**
- **Erfaringsmessig ligger driftskostnader i området 5-9 øre/kWh.**

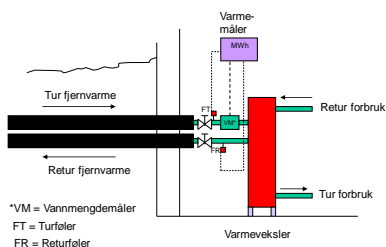


### Beregning av varmekostnad flis

Årlige kostnader	Beløp	kr/kWh
Kapitalkostnader	38 000	0,15
Driftkostnader	17 500	0,07
Flis, etter forbrenning	56 000	0,25
Spisslast, el	18 750	0,08
<b>= Sum varmekostnad eks mva</b>	<b>55 000</b>	<b>0,25</b>



### Måling av varme – abonnentsentral og varmemåler



### Eksempel: Beregning av varmekostnad

- Årlig varme fra bio: 1,1 GWh (85 %)
- Årlig varme fra olje: 0,2 GWh (15 %)
- Virkningsgrad biokjel: 85 %

Tekst	Sum	Kr/kWh
Kapitalkostnad	240 000 kr	0,18 kr
Driftkostnad	80 000 kr	0,06 kr
Fliskostnad	254 000 kr	0,19 kr
Spisslastkostnad	133 000 kr	0,10 kr
<b>Sum varmekostnad eks mva</b>	<b>707 000 kr</b>	<b>0,53 kr</b>

Investering Kr. pr kW	3000	3000	3000	3000
Gangtid	2000	2500	3000	3500
Effekt biokjel, kW	115	115	115	115
Levert energi kWh	230 000	287 500	345 000	402 500
Pris flis	0,19	0,19	0,19	0,19
Kapitalkostnad pr kWh	0,25	0,20	0,17	0,14
Fliskostnad levert etter korr for virkningsgrad 85%	0,22	0,22	0,22	0,22
Vedlikehold og ettersyn	0,09	0,07	0,06	0,05
<b>Total varmepris</b>	<b>0,56</b>	<b>0,49</b>	<b>0,45</b>	<b>0,42</b>

Kilde: Anders Sand, NGF



Avtaler om leveranse av fyringsanlegg.

Avtalen bør inneholde klar ansvarsfordeling:

- Tidsfrister og tiltak/ bot ved forsinkelser
- Installasjon og kostnader forbundet hertil
- Pris og betalingsvilkår
- Brenselkvaliteter
- Miljøforhold
- Vedlegg med tilbud, spesifikasjoner (% lavlast), forhandlingsreferater etc
- Garantier og service
- Tvister



Sjekk leverandørens referanser!

Bli enige om en spesifikasjon som anlegget skal oppfylle!



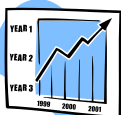
## Oppsummering

- Dimensjoner biokjelen verken for stor eller for liten. Husk valg av kjel og brenselkvalitet henger sammen!
- Vurder hvilke faktorer en verdsetter mest for valg av biovarmeanlegg, f. eks pris, komfort eller driftssikkerhet.
- Velg praktisk siløløsning mtp logistikk!
- Planlegging og gode driftsrutiner er viktig for å oppnå god økonomi i et biovarmeanlegg.
- Mest mulig varme produsert fra bioenergi gir lav varmekostnad og bedre driftsmargin.



## Oppsummert

- Biovarme: Høy kapitalkostnad, lave driftskostnader
- Biovarme bør dekke mest mulig av leveransen
  - Unngå driftsstans!!
  - Bruk homogent brensel av høy kvalitet
  - Sikker brenseltilgang (jfr avtale) til kjent pris
  - Jevnlig vedlikehold av anlegg (feiling)
  - Mål leveranser av biovarme og andre kilder
  - Sjekk virkningsgraden jevnlig. Årvirkningsgraden bør være min. 85-90%.



## Flere eksempler på biobrenselanlegg



Gårdsanlegg



Småskala anlegg



De Haes Gartneri, 720 kW flisfyringsanlegg



De Haes Gartneri, 720 kW





### De Haes Gartneri, 720 kW flisfyrringsanlegg



### Sentralvarme/nærvare



Betydelig marked for konvertering fra el/oljefyrte sentralvarmeanlegg til bioenergi.



### Containerbasert 300 kW flisfyrringsanlegg



### R. Vaage Gartneri: 2 x 300 kW flisfyrringsanlegg





### Eiker Bioenergi: 200 kW plassbygd flisfyringsanlegg



### Eiker Bioenergi



Biovarmeanlegg lagt nær eksisterende bygg, krever derfor brannvegger (2 timers)



### 1,8 MW Järnforsen



Takk for oppmerksomheten



Bioenergi – lokale løsninger på globale utfordringer