

Kostnader og brukererfaringer med vedkjeler

Costs and user experiences from wood boilers

UNA GLENDE JANSON

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR NATURFORVALTNING
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2008



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB), Institutt for naturforvaltning (INA) våren 2008. Masteroppgaven er på 30 studiepoeng, og den avslutter et femårig universitetsstudium som leder til tittelen master i Skogindustriell økonomi.

Etter å ha tatt kurs i bioenergi på UMB, bestemte jeg meg for å skrive masteroppgave innen dette fagfeltet. Valget falt på kostnader og brukererfaringer på vedkjeler. Emnet ble valgt etter god veiledning og idemyldring med ansatte ved Norsk institutt for skog og landskap.

Jeg vil takke mine to veiledere, professor Birger Eikenes ved INA og forsker Simen Gjølshø ved Norsk institutt for skog og landskap for god faglig veiledning og nyttige innspill til denne masteroppgaven.

I tillegg vil jeg takke bioenergikonsulent Arne Evjen Fønhus ved Viken Skog BA for å ha delt nyttige erfaringer fra sin masteroppgave om Kostnader og brukererfaringer fra et utvalg av mindre flisfyringsanlegg i Norge (Fønhus 2007). Norsk institutt for skog og landskap har bidratt med økonomisk stønad, kontorplass og et inspirerende fagmiljø. Jeg vil takke Trond Hammeren og Øyvind Halvorsen, med faglige innspill til oppgaven, begge fra Innovasjon Norge. Videre vil jeg takke rørleggere og leverandører som har bidratt med kunnskap for å øke min kompetanse innen vannbåren varme og vedkjel.

Til slutt vil jeg rette en stor takk til alle mine informanter. Uten dem ville det vært umulig å få gjennomført denne oppgaven.

Ås, 15. august 2008

Una Glende Janson

Innholdsfortegnelse

INNHALDSFORTEGNELSE.....	2
SAMMENDRAG.....	4
SUMMARY.....	7
1 INNLEDNING.....	10
1.1 BAKGRUNN.....	10
1.2 FORMÅL MED OPPGAVEN.....	16
1.3 KORT INNFORING I VEDKJELER.....	16
2 METODE OG MATERIALE.....	21
2.1 METODE.....	21
2.1.1 VALG AV METODE.....	21
2.1.2 KUNNSKAPSOPPBYGGING.....	22
2.1.3 INTERVJUGUIDEN.....	22
2.1.4 UTVELGELSESPROSESSEN AV ANLEGG.....	23
2.1.5 DATAINNSAMLING.....	24
2.1.6 DATABEARBEIDING.....	25
2.2 FORUTSETNINGER OG UTREGNINGSMETODE	25
2.2.1 MERVERDIAVGIFT OG TILSKUDD.....	25
2.2.2 RÅSTOFF.....	25
2.2.3 RÅSTOFFKOSTNADER.....	27
2.2.4 DRIFTS- OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER.....	29
2.2.5 KAPITALKOSTNAD.....	29
2.3 MATERIALE.....	31
3 RESULTATER.....	32
3.1 INVESTERINGSKOSTNADER.....	33
3.1.1 INVESTERINGSKOSTNADER FORDELT PÅ KOMPONENTENE I VEDFYRINGSANLEGGET.....	37
3.2 ALTERNATIVE RÅSTOFF.....	39
3.3 LØNNSOMHETSBEREGNINGER.....	41
3.3.1 TOTALE KOSTNADER.....	42
3.3.2 KAPITALKOSTNADER.....	43
3.3.3 RÅSTOFFKOSTNADER.....	45
3.3.4 DRIFTS- OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER.....	46
3.3.5 SAMMENHENG MELLOM INVESTERINGSKOSTNADER, ENERGIBEHOV OG LØNNSOMHET.....	46
3.4 BRUKERERFARINGER.....	47
4 DISKUSJON.....	56
4.1 METODE.....	56

4.1.1 VALG AV METODE.....	56
4.2 FORUTSETNINGER OG UTREGNINGSMETODER.....	57
4.2.1 RÅSTOFF.....	57
4.2.2 AVSKRIVNINGSTID.....	58
4.2.3 KALKULASJONSRENTE.....	58
4.3 MATERIALET.....	59
4.4 RESULTAT.....	59
 5 KONKLUSJON.....	 65
 6 LITTERATURLISTE.....	 67

Sammendrag

Formålet med denne masteroppgaven har vært å se på kostnader og brukererfaringer med vedkjeler.

Et vedfyringsanlegg består av en vedkjel som er koblet til et vannbårent system i ett eller flere hus. Vedkjelen behøver manuell ilegging av ved, for eksempel en eller to ganger i døgnet vinterstid. Vedkjelen er koblet til en akkumulatortank slik at en ikke trenger hyppige vedinnlegg som i en vedovn.

Data ble innhentet via kvalitativ metode med intervju hjemme hos informantene. Det er tilsammen 13 vedkjeler som danner grunnlag for denne masteroppgaven. Åtte av disse er med i lønnsomhetsberegningene av anleggene. Kostnader i forbindelse med varmedistribusjon inne i bygningene er ikke tatt med i kostnadsberegningene. Alle beløp i denne masteroppgaven er uten mva.

De totale gjennomsnittlige kostnadene for de åtte vedkjelene ligger på kr 152 000 uten mva.

Pr. installert effekt ligger de gjennomsnittlige investeringene på kr 3 400 uten mva.

For å beregne lønnsomheten på vedfyringsanleggene er det benyttet 20 års avskrivningstid for alle installasjonene tilknyttet vedfyringsanlegget, unntatt på kulvertledningen. På kulvertledningen har det blitt benyttet 30 års avskrivningstid. Det er benyttet 7 % kalkulasjonsrente ved utregning av de årlige kapitalkostnadene.

De totale gjennomsnittlige kostnadene for vedkjel ligger på 91 øre pr. kWh. De totale kostnadene består av kapitalkostnaden på 42 øre pr. kWh, råstoffkostnaden på 26 øre pr. kWh og drifts- og vedlikeholdskostnadene på 23 øre pr. kWh.

Mange av mine informanter har mottatt tilskudd fra Innovasjon Norge. Med tilskudd på kr 20 000, forbedres den totale lønnsomheten i gjennomsnitt med 6 øre pr. kWh.

Det er usikkerhet rundt energiforbruket til en del av informantene siden energiinnholdet i veden ikke er målt, men lagt inn som en fast variabel. Er energiforbruk 5 000 kWh større enn antatt, vil lønnsomheten bli forbedret med 6 øre pr. kWh. Er energibehovet 5 000 kWh lavere enn

antatt, reduseres lønnsomheten med 8 øre pr. kWh. Energibehovet er viktig for lønnsomheten til vedfyringsanleggene. Anlegg med større energibehov har større mulighet til å få bedre lønnsomhet pr. kWh fordi faste kapitalkostnader blir mindre pr. kWh med økende energibehov. Råstoffkostnadene har stor innvirkning på lønnsomheten. Råstoffkostnadene er beregnet ut fra en tidsstudie av vedproduksjon gjort av Gjølshjøl og Kjøstelsen (2008). Vedprisen er satt til kr 259 pr. lm^3 uten mva. Dette gir en råstoffkostnad på 26 øre pr. kWh. Velger informantene å kjøpe veden i stedet for å produsere den selv, har jeg gått ut fra en vedpris på kr 415 pr. lm^3 uten mva. (Norsk Ved 2007). Dette gir en råstoffpris på 42 øre pr. kWh.

For å se på lønnsomheten til vedfyringsanleggene, har jeg sammenliknet anleggene med gjennomsnittlig strømpris fra 2007 på 51 øre pr. kWh uten mva. (SSB 2008g), og totale kostnader for flisfyringsanlegg på 50 øre pr. kWh (Fønhus 2007). Vedfyringsanleggene ligger totalt på 91 øre pr. kWh og er dermed ikke lønnsomme sammenliknet med elektrisitet og flisfyring.

Hvis en kun ser på kapitalkostnadene, har vedfyringsanlegg en gjennomsnittlig kostnad på 42 øre pr. kWh. Mange informanter vurderer kun dette ved installering. Da blir vedkjel lønnsomt i forhold til strøm og flis. Råstoffkostnadene og drifts- og vedlikeholdskostnadene ble ikke sett på som en kostnad.

De fleste av informantene hadde et ønske om å redusere energiutgiftene. Tilgang på råstoff fra egen skog og utstyr for vedproduksjon ser ut til å være to avgjørende faktorer for at informantene valgte å installere nettopp vedkjel.

Flere informanter opplevde at budsjettet sprakk i forbindelse med rørlegger- eller elektrikerarbeidet. Det er spesielt viktig å få tak i fagfolk som har erfaring med å installere vedkjel. På den måten kan en få mer korrekte prisoverslag, raskere installering og kanskje et billigere anlegg.

For å få en rasjonell drift av anlegget, er det viktig med en enkel vedhåndtering. Flere skulle ønske de hadde alt eller større deler av vedlageret under tak. Flere informanter satte pris på å ha god plass i fyrrommet. Andre erfaringer som er viktig under planleggingsfasen, er å få tilbud fra flere leverandører. På den måten kan en sammenlikne priser og tekniske løsninger.

Det ville ha vært interessant å se nærmere på investerings- og driftskostnadene til oljekjel for å sammenlikne lønnsomheten med vedkjel. Uansett utfall av lønnsomhetsberegningene bruker vedkjelen et klimanøytralt råstoff og har i følge Energimyndigheten (2006) åtte ganger mindre klimapåvirkning i forhold til oljekjel. Investeringskostnadene for etablering av vedfyringsanlegg er store og for å få flere til å installere vedfyringsanlegg, bør tilskuddsatsene økes ytterligere.

Summary

The purpose of this thesis has been to look at costs and user experiences from wood boilers. A wood boiler system consists of a wood boiler connected to a hydronic heat-distribution system in one or more houses. Manual wood feeding is required, for example once or twice a day during the winter. The wood boiler is connected to an accumulator tank which reduces the need for wood feeding as compared with an ordinary wood burner.

Data was collected qualitatively from interviews with the informants at their homes. This thesis is based on the experiences from 13 wood boilers. The profitability estimates are based on eight of the wood boilers. The cost estimates do not include costs related to the hydronic heat-distribution system in the buildings.

The average investment costs per boiler are estimated to NOK 152,000 exclusive of VAT.

Average investment per installed capacity is NOK 3,400 exclusive of VAT.

When calculating the profitability of the wood boiler systems, a depreciation period of 20 years has been used for all components of the wood boiler system, except of the service pipe, where the depreciation period has been set to 30 years. The interest rate used when calculating annual costs of capital, is 7 per cent.

The total average costs of a wood boiler system are 91 øre per kWh. The total costs includes the capital costs of 42 øre per kWh, the cost of raw material of 26 øre per kWh and operation and maintenance costs of 23 øre per kWh.

Many of my informants have received a grant from Innovation Norge. With a grant of NOK 20,000 the overall profitability increases by an average of 6 øre per kWh.

The energy consumption of some of the informants is uncertain as the energy content of the wood has not been measured, but has been entered as a fixed variable. With an energy requirement of 5,000 kWh higher than estimated, the profitability will improve by 6 øre pr. kWh. If the energy requirement is 5,000 kWh lower than estimated, the profitability is reduced by 8 øre pr. kWh. The energy requirement is important for the profitability of the wood boiler systems. Systems with larger energy requirements have a higher opportunity of improved

profitability per kWh as the fixed capital cost per kWh declines with an increasing energy requirement.

The cost of raw material has a large impact on the profitability. The cost of raw material is estimated based on a time study of wood production made by Gjølshjøl and Kjølshjøl (2008). The price of wood is set to NOK 259 per cubic metre loose, exclusive of VAT. This gives a raw material cost of 26 øre per kWh. If the informants choose to buy the wood instead of producing it themselves, I have based my estimates on a wood price of NOK 415 per cubic metre loose, exclusive of VAT (Norsk Ved 2007). This gives a raw material cost of 42 øre per kWh.

The profitability of the wood boiler systems is compared with the average price of electricity. In 2007 the average price of electricity was 51.5 øre per kWh, exclusive of VAT (Statistics Norway 2008g), and the total cost of chip heating systems of 50 øre per kWh (Fønhus 2007). The total cost of the wood boiler systems is 91 øre per kWh, and as such they are not profitable compared with electricity and chip heating.

If we only look at the cost of capital, the average cost of the wood boiler systems is 42 øre per kWh. Many informants only consider this cost when they install their systems. If so, a wood boiler system is profitable compared with electricity and chip heating.

Most of the informants wanted to reduce their energy costs. Access to own wood and wood production equipment seems to be decisive factors for informants who choose to install wood boiling systems.

Some of the informants experienced a budget deficit related to plumbing or electrical installation. It is especially important to use skilled personnel with experience from the installation of wood boiler systems. This will give more correct price estimates, faster installation and perhaps also a cheaper system.

To achieve rational operation of the system, it is important to make the wood handling as easy as possible. Several of the informants wished that they could store all of, or larger parts of, their wood supplies under a roof. Several of the informants appreciate having a spacious boiler room. Another important experience from the planning phase is to obtain offers from several suppliers. This will make it possible to compare prices and technical solutions.

It would have been interesting to look at the investment and operating costs of oil boilers in more detail to compare their profitability with that of wood boilers. Regardless of the result of the profitability estimates, a wood boiler uses a climate neutral raw material, and according to the Swedish Energy Agency (Energimyndigheten 2006), affects the climate eight times less than an oil boiler.

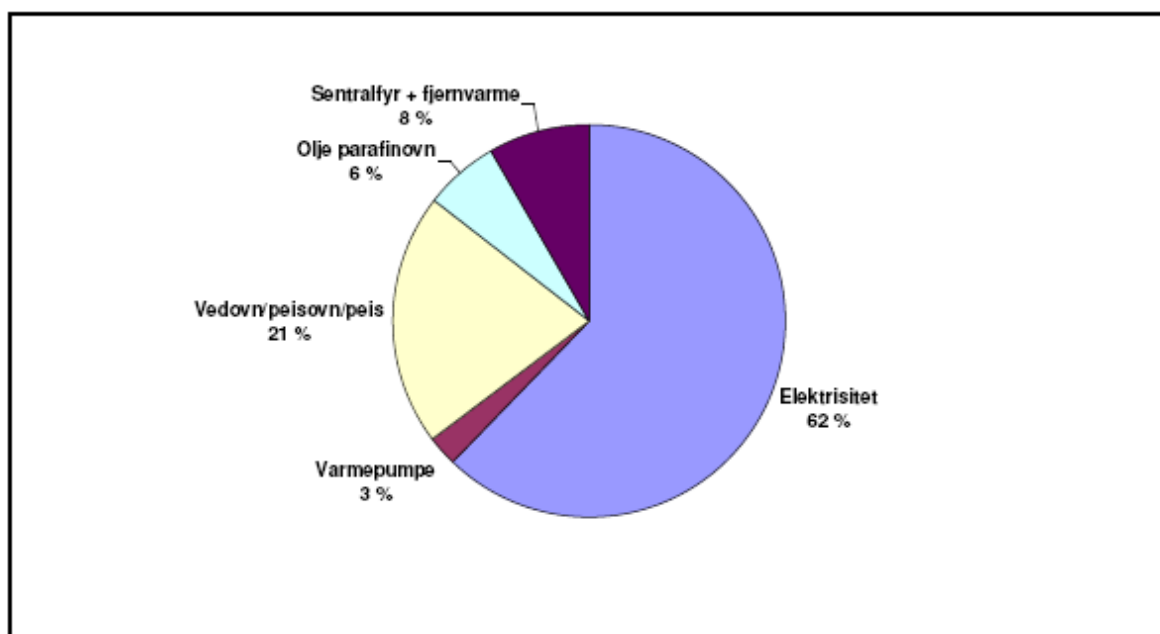
Investment costs by establishing wood boilers are large. In order to encourage more users to install wood boilers, the subsidies should be further increased.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

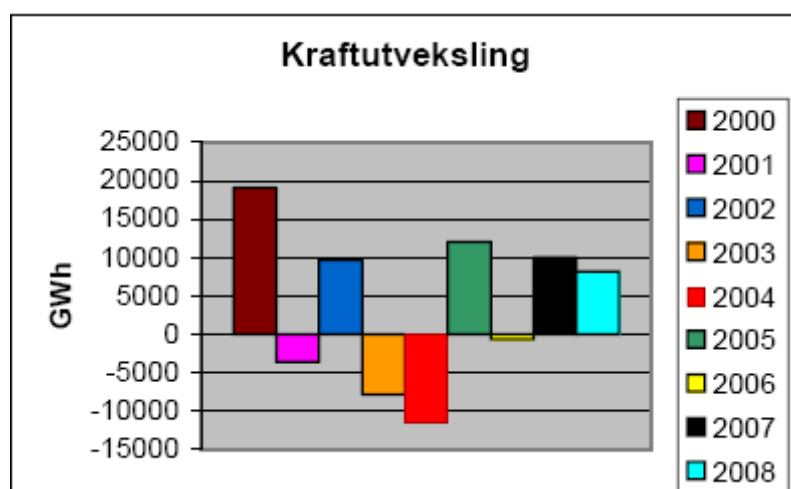
Det siste årene har det vært satt fokus på luftforurensing. Interessen for bioenergi i Norge og resten av verden har økt. I følge Olje- og energidepartementets bioenergi strategi (*Bioenergi strategien 2008*), er målet å øke utbyggingen og bruken av bioenergi med 14 TWh innen 2020. I følge Bioenergi i Norge (2007), var den samlede bruken av bioenergi i 2006 på ca 14,5 TWh. Litt over halvparten gikk til oppvarming av bolig, hovedsakelig ved (*Bioenergi i Norge 2007*). For sammenlikning anslår de at det brukes 30 TWh elektrisitet og 8 TWh oljeprodukter til oppvarming av boliger og næringsbygg i Norge. Økt bruk av bioenergi har i følge Bioenergi strategien (2008), først og fremst et potensial i å varme opp:

- Tappevann
- Romoppvarming
- Damp og prosessvarme til industri
- Kraftproduksjon



Figur 1: Fordeling av boligmassen etter hovedoppvarmingskilde (Bioenergi i Norge 2007:126)

Elektrisiteten som blir produsert i Norge er hovedsakelig produsert fra vannkraft. Dette er en fornybar og høyverdig energikilde. Stor tilgang på vannkraft til lave priser har gjort at satsningen på andre energikilder har vært mindre i Norge enn land som for eksempel Sverige. ”I 2007 var årsproduksjonen av elektrisitet på 137 TWh i Norge, dette var den tredje største årsproduksjonen noen sinne. Samme kalenderår satt elektrisitetsforbruket ny rekord med 127 TWh” (NVE 2007:3). Øker forbruket mer enn produksjonen av elektrisitet, må vi importere elektrisitet som ofte er produsert fra kullkraftverk, noe som skjedde sist i 2006. Mer fleksible oppvarmingsmuligheter er ønskelig, slik at boligmarkedet ikke er like sårbart for svingninger i strømprisen.



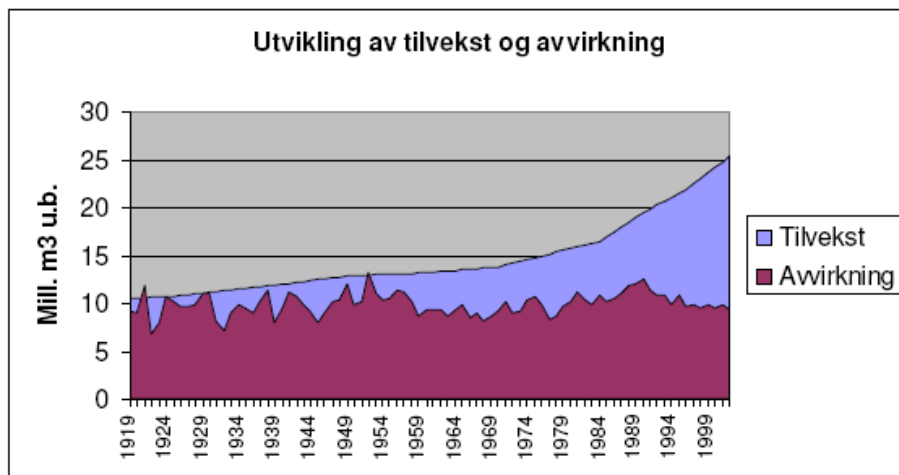
Figur 2: Kraftutveksling i Norge med utlandet. Fra år 2000 til foreløpige tall i 2008 (Energirapporten 2008:9)

Omlegging til bruk av bioenergi vil i følge Bolkesjø *et al.* (2007) først erstatte bruken av olje til oppvarming. Dermed har omleggingen til bioenergi liten påvirkning på etterspørselen etter elektrisitet på kort sikt. De legger også fram at økt bruk av ved- og pelletsovn kan samlet redusere elektrisitetsforbruket med 3-4 %.

Tilvekst i norske skoger

Bioenergi er en samlebetegnelse for biologisk materiale (biomasse) og regnes som CO₂- nøytral og fornybar ved bærekraftig utnyttelse. Skogen binder CO₂ mens den vokser og forblir lagret i tømmeret når det hogges. CO₂ som er lagret i trærne frigis derimot når trærne råtner eller blir brukt til brensel. Det er derfor viktig med en bærekraftig utnyttelse av skogen slik at avvirkningen ikke er større enn tilveksten.

Det stående volumet i norske skoger har økt fra 312 millioner m^3 i 1925 under bark til 715 millioner m^3 under bark 2002 (Bioenergi i Norge 2007). Den totale tilvekst i norske skoger, under bark, har stabilisert seg de siste årene rundt 25 mill m^3 pr. år (SSB 2008a).



Figur 3: Utvikling av tilveks og avvirkning i Norge (Bioenergi i Norge 2007:35)

Figur 3 viser at netto tilvekst i norske skoger er positiv. Det er gode muligheter for å øke avvirkning rent teoretisk.

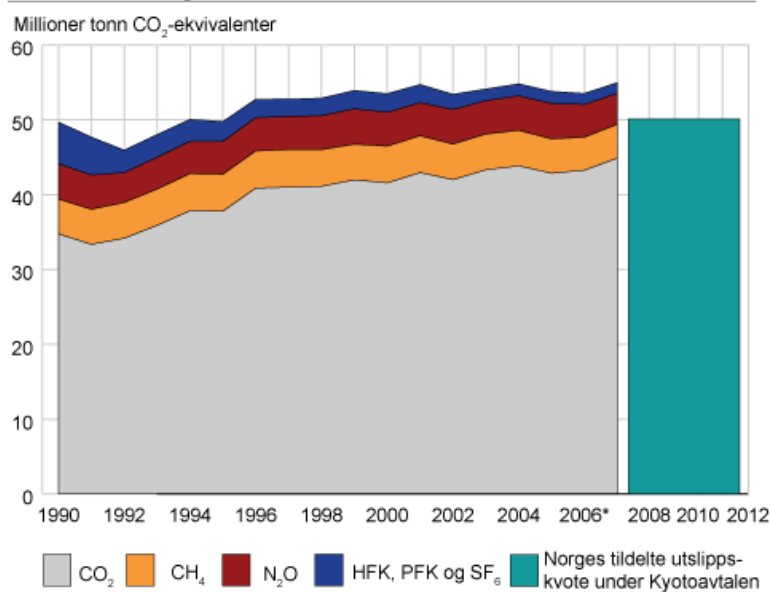
En økning i avvirkningen kommer midlertidig ikke av seg selv. Med økte tømmerpriser eller en økt merverdi for skogeier med for eksempel uttak av hogstavfall til bioenergiformål, vil forhåpentligvis avvirkningen øke.

For å relatere avvirkningskvantum i m^3 til TWh, mener jeg en omtrentlig huskeregel kan være følgende: For å øke produksjon av bioenergi med 2 TWh, tilsvarer det at en må øke avvirkning med 1 million m^3 tømmer, som er ca 1/10 av den total årlig avvirkningen i Norge.

Kyoto-protokollen

Norge har forpliktet seg til å følge opp Kyoto-avtalen etter å ha skrevet under på protokollen. For Norge innebærer dette at klimagassutslippene i perioden 2008-2012 ikke skal være høyere enn 1 prosent over 1990 nivå (Miljøstatus i Norge 2008). Klimagasser er et samlebegrep for de seks gassene som omfattes av Kyoto-avtalen: karbondioksid (CO_2), metan (CH_4), lystgass (N_2O) og de tre fluorgassene HFK-er, PFK-er og svovelheksafluorid (SF_6) (SSB 2008b).

Utvikling i klimagassutslipp 1990-2007* og utslippskvote 2008-2012.
Millioner tonn CO₂-ekvivalenter



Kilde: Utslppsregnskapet til Statistisk sentralbyrå og Statens forurensningstilsyn.

Figur 4: Utviklingen i klimagassutslipp fra 1990-2007 og utslippskvote 2008-2012 (SSB 2008b)

Klimagassutslippene i 2007 var på 55 millioner tonn CO₂-ekvivalenter¹, noe som er en økning på 2,7 % fra 2006 og 11 % i forhold til 1990-nivå (SSB 2008c). Norge vil trolig ikke oppfylle kravene i Kyoto-protokollen uten kjøp av klimakvoter. Utslipp fra utenriks sjøfart samt internasjonal luftfart er ikke inkludert i Kyoto-avtalen (SSB 2008c).

Norge får godskrevet 1,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter som følge av CO₂-binding i skog (SSB 2008c). Den totale bindingen av CO₂ i norske skoger var i følge Statistisk sentralbyrå på 27,8 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2006 (SSB 2008c). Hvis den totale CO₂-bindingen fra skog hadde blitt regnet med i Kyoto-avtalen, ville det norske nettoutslippet ha gått ned med 29 % fra 1990 til 2006 (SSB 2008c). Her er heller ikke utslippene med utenriks sjøfart og internasjonal luftfart tatt med.

Med CO₂-binding i skog satt opp mot et nasjonalt mål om økt bruk av bioenergi, vil dette til en viss grad være motstridene. Balanseregnskap og avklaring rundt dette strategivalget vil ikke bli nærmere belyst i denne oppgaven.

¹ Klimagassene har ulik påvirkning på oppvarmingen av atmosfæren. CO₂-ekvivalenter er en enhet for å sammenlikne klimagassenes påvirkning på klima.

Vedkjeler kan erstatte oljekjeler

I følge Bioenergistrategien (2008) jobber Kommunal- og regionaldepartementet med forbud om å installere oljekjeler i nye bygninger. Det vurderes også å innføre forbud mot å erstatte gamle oljekjeler med nye (Bioenergistrategien 2008).

Installering av vedkjel kan være et alternativ til oljekjel for anlegg med effektbehov under ca 100 kW, både i nye bygg og ved utskifting av gammel oljekjel. I følge *Bioenergi i Norge* (2007) vil potensialet ligge rundt 1 TWh i å skifte ut oljekjel med vedkjel. Utbygging av gamle oljekjeler avlastar ikke strømmettet. Hvis alternativet er å sette inn el-kjel, vil den indirekte gjøre det.

I følge Bioenergistrategien (2008) blir det poengtert at det er viktig å sørge for at økt bruk av bioenergi ikke fører til dårlig lokal luftkvalitet. Selv om bioenergi er en fornybar energikilde med bærekraftig utnyttelse, kan de føre til lokale partikkelutslipp ved dårlig forbrenningsteknologi og fyringsrutiner.

I Sverige har det blitt gjennomført flere forskningsstudier på hvordan pellets- og vedkjeler bidrar til luftforurensning samt miljø- og helseskader (BHM 2008).

I Sverige finnes det totalt ca 260 000 biobrenselfyrte kjeler og 56 % av disse er vedkjeler (Energimyndigheten 2006). En stor andel av de eksisterende vedkjelene i Sverige blir ikke fyrte mot akkumulatortank.

I Sverige er det utført en feltstudie for Energimyndigheten, hvor en undersøkte utslipp av metan og andre viktige komponenter fra vedkjeler. Der kommer det fram at utslippene fra vedkjeler gir en klimapåvirkning på omlag åtte ganger mindre enn en oljekjel (Energimyndigheten 2006). I denne studien er det målt utslipp fra husholdninger med vedkjeler installert på 1970 tallet og fram til 2004. De vedkjelene med minst utslipp og mest effektiv forbrenning i denne feltstudien, var de som har omvendt forbrenning, sugende vifte og forbrenningskammer i keramikk (Energimyndigheten 2006).



Et keramisk brennkammer gir god isolasjon. "Det kan bli opp mot 1000 °C i brennkammeret, noe som er nødvendig for en fullstendig forbrenning" (Baxi 2008:8).

Bilde 1: Brennkammer i keramikk (Baxi 2008:8)

Vedkjeler i Norge

For å gi et inntrykk av antall nyetablerte vedfyringsanlegg, ble det gitt støtte til ca 25 anlegg i 2006 og 2007 i Akershus og Østfold fra Innovasjon Norges bioenergiprogram (Innovasjon Norge 2008a).

Innovasjon Norges bioenergiprogram skal stimulere jord- og skogbrukseiere til å produsere, bruke og levere bioenergi i form av brensel eller ferdig varme. I tillegg til å gi økt verdiskapning, skal det legges vekt på de ringvirkninger og kompetanseeffekt programmet kan bidra med (Bioenergiprogrammet 2008:1).

Innovasjon Norge skiller mellom to typer gårdsanlegg ved beregning av tilskudd fra Bioenergiprogrammet. Type 1: gårdsvarmeanlegg på landbrukseiendom med betydelig næringsvirksomhet og type 2: med lite varmekonsum i næring. Tilskuddssatsen på gårdsvarmeanlegg type 2 for vedkjel, lå i 2007 på kr 20 000. I 2008 har tilskuddssatsen gått opp til kr 30 000 (Bioenergiprogrammet 2008).

For de som ikke er knyttet til jord- og skogbrukseiendom, har Enova ulike støtteordninger for konvertering til bruk av bioenergi, både for husholdninger, industri og offentlige forvaltningsinstitusjoner (Enova 2008a).

Både Innovasjon Norge og Enova bidrar med tilskuddsordninger som er viktige virkemidler for økt omlegging til bruk av bioenergi.

I 2007 leverte Arne E. Fønhus masteroppgaven *Kostnader og brukererfaringer* fra et utvalg av mindre flisfyringsanlegg i Norge (Fønhus 2007). Det var tidligere ikke gjort liknende undersøkelser.

Når det gjaldt vedkjel, var det heller ikke gjort registrering knyttet til kostnader og brukererfaringer i Norge. Etter idemyldring sammen med ansatte på Norsk institutt for skog og landskap, kom det fram at det var behov for å samle erfaringer knyttet til vedkjel. Dette dannet bakgrunnen for denne masteroppgaven: *Kostnader og brukererfaringer med vedkjeler*.

1.2 Formål med oppgaven

Formålet med denne oppgaven er å se på kostnader og brukererfaringer med vedkjeler. Jeg håper denne masteroppgaven kan være til hjelp for forbruker ved valg av miljøvennlig oppvarming.

Håper også oppgaven vil bidra til større bevissthet innen de mulighetene som finnes innen bruk av bioenergi.

Følgende problemstillinger vil bli belyst:

- Hvor store er de totale investeringskostnadene for et vedfyringsanlegg?
- Hvor lønnsomt er vedfyringsanlegg sammenliknet med elektrisitet og flisfyring?
- Hvilke faktorer er avgjørende for valg av vedkjel som oppvarmingsalternativ?
- Hva er hovedutfordringene knyttet til installering av vedfyringsanlegg?
- Er det noen gjennomgående forbedringspotensialer i anleggene?
- Hvilke momenter er viktige å huske på i planleggingsfasen og under installeringen av vedfyringsanlegg?

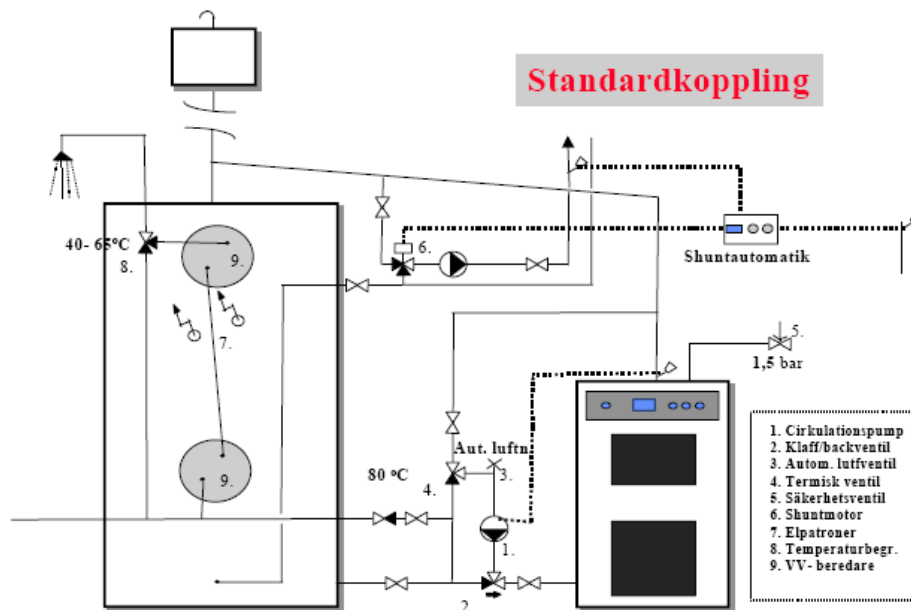
1.3 Kort innføring i vedkjeler

Vedfyringsanlegget i denne masteroppgaven er definert som de tekniske installasjonene som må til for å levere varmen fra vedkjelen og fram til fordelingssystemet i huset.

Et vedfyringsanlegg er en vedkjel som er koblet opp mot et vannbårent system i ett eller flere hus. Vedkjelen behøver manuell ilegging av ved, for eksempel en eller to ganger i døgnet vinterstid. Dette varierer ut i fra utetemperatur, energibehov og dimensjonert akkumulatortank og vedkjel.

En akkumulatortank er en stor tank med vann og fungerer som batteriet til vedfyringsanlegget. Det er her det varme vannet blir lagret slik at en ikke trenger å fyre konstant, som i en vedovn.

Størrelsen på akkumulatortanken varierer ut i fra varmebehovet og ønsket intervaller på fyringen. 10 liter pr. m² som varmes opp kan være en passende størrelse (Gårdsvarmeanlegg- en byggeveileder 2006). Anleggene jeg har besøkt har hatt akkumulatortanker fra 1 500-5 000 liter vannvolum. Se manualen *Gårdsvarmeanlegg- en byggeveileder* (2006), *Bioenergi- miljø, teknikk og marked* (Hohle 2005) eller Äfab (2008) for nærmere beskrivelse avdimensjonering av akkumulatortank. Akkumulatortanken er isolert slik at lite varme går tapt.



Här är ett exempel på hur en standardkoppling kan se ut. Notera att tappvarmvattenberedning, shuntgrupp och elpatroner är placerade i akkumulatortanken och inte i pannan.

Figur 5: Et eksempel på kobling av vedkjel mot akkumulatortank (Löfgren 2003:1)

Fyrrommet kan være plassert for eksempel i en kjeller, låve, garasje, stall, eget bygg eller et tilbygg på eksisterende bygningsmasse. Velger en å ha fyrrommet utenfor huset en varmer opp, er en nødt til å ha en kulvertledning som transporterer vannet fra fyrrommet til huset(ene). Fyrrommet skal være en lukket branncelle. Retningslinjer og kriterier til fyrrommet er blant annet beskrevet i *Gårdsvarmeanlegg- en byggeveileder* (2006) og *Veien til biovarme* (2004).

Fyrrommet inneholder blant annet:

- Vedkjel
- Akkumulatortanken
- Diverse styringssystemer
- Ventiler, blant annet ladningsutrustning
- Rørsystemer
- Ekspansjonssystem, åpen eller lukket



Bilde 2: Illustrasjon av vedkjel (Baxi 2008:7) og (Vedsol AB 2008:3)

Hvor lang ved som får plass i kjelen varierer ut i fra kjelestørrelse, type og merke. Tretti til femti cm lange vedkubber er ganske vanlig. Etter opptenning vil vannet som er i kjelen bli varmet opp. Når vannet i kjelen er varmt nok begynner vannet i kjelen å sirkulere mot akkumulatortanken og videre til rørsystemet i huset.

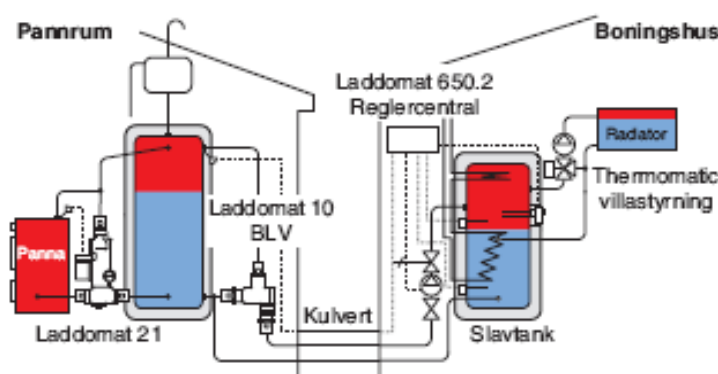
Det er vanlig å varme opp tappevannet når en har et vannbåret system. Tappevannet blir varmet opp via varmeoverføring fra det lukkede systemet som skal varme opp husene. Tappevannet kan for eksempel gå i varmeslynger i toppen av akkumulatortanken.

Det er vanlig å ha en slvetank i de husene som varmes opp hvis ikke fyrrommet er i samme hus. Slvetank er en liten akkumulatortank. Vannet som sirkulerer i radiatorene, gulvene etc. får varmtvann fra slvetanken. Når temperaturen i slvetanken er lav, skiftes vannet ut med nytt varmt vann fra akkumulatortanken. På den måten unngår en konstant sirkulasjon med utskifting av varmt vann over gårdsplassen, noe som kan føre til varmetap. Forbruksvannet varmes da opp i forbindelse med selve slvetanken.



Bilde 3: Illustrasjon av en ladningspakke (Acaso AB 2008:1)

Det er ikke uvanlig å varme opp forbruksvannet med elektrisitet om sommeren når varmebehovet i resten av huset er liten. Det er også mulig å koble et solvarmeanlegg opp mot eksisterende vedfyringsanlegg. På den måten kan en varme opp forbruksvannet via solenergi om sommeren.



"Bilde 3 viser ladningspakken som sammenkobler vedkjelen og akkumulatortanken. Den termiske innsatsen følger hele tiden hvilken temperatur varmtvannet fra vedkjelen har og blander varmtvann med returvannet fra akkumulatorsystemet før det pumpes inn i vedkjelen. Returvannet inn til vedkjelen er dermed alltid varmt."

(Acaco AB 2008:1)

Figur 6: Vedfyringsanlegg med kulvertledning og slvetank (Termoventiler 2008:2)

I følge manualen *Veien til biovarme* (2004), skal alle kjelanlegg som leveres til Norge være CE merket.” Dermed er de godkjent i henhold til EUs direktiver og standarder om klimautslipp. EU-standarden: NBS-EN 303-5 gjelder for mindre anlegg opp til 300 kW ”(Veien til biovarme 2004:58).

I en Svensk rapport utgitt av Energimyndigheten (2003), er det gjort en sammenfatning av ulike kravsystem som gjelder i Sverige. Eu-standarden som også gjelder i Norge er tatt med her. På Sveriges tekniska forskningsinstitut sin hjemmeside (SP 2008) finnes det en oversikt over hvilke vedkjeletyper som er godkjent av Boverkets byggregler. Mange av de samme kjelene som er testet av Svensk tekniska forskningsinstitut, selges i Norge.

Tabell 1: Sammenstilling av ulike kravsystemer for klimautslipp på forbrenningskjeler i Sverige (Energimyndigheten 2003:16)

	Pannotyp	OGC (mg/m ³ tg vid 10 % O ₂)	CO (mg/m ³ tg vid 10 % O ₂)	Stoft (mg/m ³ tg vid 10 % O ₂)	Verkningsgrad i %
Boverkets byggregler		150	-	-	-
Svanmärkning, pannor	manuell	70	2000	70	Beroende på panneffekt
	automatisk	70	1000	70	Beroende på panneffekt
Svanmärkning, eldstäder	ackumulerande	180 (vid 13 % O ₂)	2500 (vid 13 % O ₂)	3 (g/kg bränsle)	80
	manuell	180 (vid 13 % O ₂)	2500 (vid 13 % O ₂)	10 (g/kg bränsle)	75
	automatisk	55 (vid 13 % O ₂)	1250 (vid 13 % O ₂)	10 (g/kg bränsle)	75
P-märkning	pelletsbrännare, pellets pannor	75	2000	-	80/86
	pelletskaminer	75	2000	100	75
Europastandarder för pannor (SS-EN 303-5)	manuell	150	5000	150	-
Europastandarder för pannor (mg/m ³ , 10 % O ₂) (SS-EN 303-5)	Automatisk	100	3000	150	-
Europastandarder lokaleldstäder (i % vid 13 % O ₂)		-	0,3	-	strängast 70

Pannor = kjeler, OGC= organisk bundet kull, CO= kolmonoxid, Stoft = partikkelutslipp

2 Metode og materiale

Under metodekapittelet vil jeg beskrive hvordan planleggingsprosessen og innhenting av datamaterialet ble planlagt og gjennomført. Beregningsmetoder og forutsetninger vil også bli presentert her. I materialkapittelet vil nøkkleinformasjon om vedfyringsanleggene bli presentert.

2.1 Metode

2.1.1 Valg av metode

For å se på lønnsomheten og brukererfaringer knyttet til vedkjeler, ble det vurdert to alternative metoder for innhenting av data, en kvantitativ og en kvalitativ metode. Den kvantitative metoden går ut på å hente inn informasjon fra et forholdsvis stort utvalg av personer slik at en kan generalisere utvalget til å gjelde hele populasjonen som en vil undersøke.

Problemstillingen må være ferdig utformet og spørsmålene entydige slik at statistiske beregninger på datamaterialet kan utføres.

Den kvalitative metoden baserer seg på å gi grundig informasjon fra få informanter. ”Dette er en tidkrevende metode som gir intervjueren en dyp og kompleks forståelse av hva intervjuobjektene virkelig mener. Et viktig hovedtrekk for den kvalitative metoden, er at det fokuseres på en naturlig hendelse i dets naturlige miljø. På den måten kan en vite hvordan det ”virkelig livet” fungerer ” (Hubermann & Miles 1994:8). Den kvalitative metoden ble vurdert som den mest hensiktsmessige for innhenting av data til denne masteroppgaven og intervju ble valgt som datainnsamlingsmetode.

2.1.2 Kunnskapsoppbygging

Arbeidet med denne masteroppgaven startet januar 2008. For å øke min kunnskap om vedfyringsanlegg, deltok jeg på et gårdsvarmekurs i regi av Energigården og et kveldsseminar om bioenergi i regi av Skogselskapet. For å få en grunnleggende forståelse av hvordan en vedkjel fungerer, var jeg i kontakt med rørleggere som hadde god erfaring i å installere slike

anlegg. Dette var viktig forarbeid for å utarbeide en hensiktsmessig intervjuguide. Sekundærdata om vedkjeler ble samlet inn fra ulike leverandørers hjemmesider.

2.1.3 Intervjuguiden

Det ble utarbeidet en intervjuguide for å effektivisere intervjuet. Intervjuguiden ble utformet som et semistrukturert intervjuform. Dette er en blanding av en strukturert og ustrukturert intervjuform. ”Det semistrukturerte intervjuet kjennetegnes ved at man på forhånd har satt opp en del spørsmål og temaer, uten å fastlegge i detalj spørsmålsformuleringer og rekkefølgen av spørsmålene” (Ryen 2002a:99). Dette gir intervjuer en mulighet til å få utdypende informasjon om enkelte temaer som kan dukke opp uforutsett.

Intervjuguiden består av tre deler. Første delen består av faktaopplysninger om anlegget og daglige rutiner tilknyttet bruk av vedkjelen. Andre del består av investeringskostnader knyttet til vedfyringsanlegget. Siste del består av erfaringer knyttet til planleggingsfasen, installering, og erfaringer med vedhåndtering og rørleggerarbeidet. Se *vedlegg 1* for gjennomsyn av intervjuguiden.

Før det ble gjort en utvelgelse av hvilke anlegg som skulle være med, ble det gjennomført en pilotstudie med besøk på fire anlegg. Disse anleggene er tatt ut av datamaterialet og danner ikke grunnlag for resultatene. Under pilotstudie, hadde jeg problemer med blant annet å notere informasjon på riktig plass i intervjuguiden. Det var nødvendig å forenkle og strukturere intervjuguiden. Pilotstudie var også ment for å øke min kunnskap om vedkjeler. Av den grunn besøkte jeg vedanlegg eid av personer med god erfaring. Intervjuguiden ble i tillegg forbedret under selve datainnsamlingsperioden.

2.1.4 Utvelgelsesprosessen av anlegg

For å forenkle innhenting av datamaterialet ble søket etter vedfyringsanlegg konsentrert til Østlandet.

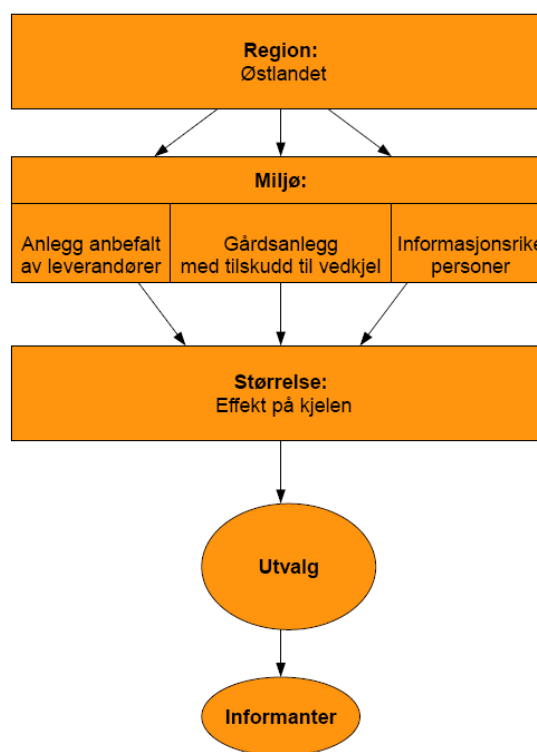
I følge Ryen (2002b:84), ”er det ingen hensikt i kvalitativ metode å strebe etter å få et utvalg som representerer et ”miniunivers” av populasjonen en skal undersøke”. Hvordan bør en gå frem for å trekke ut utvalget? Å nøste seg fram til informanter via snøballmetoden er ikke å anbefale Ryen (2002c). Hun anbefaler at intervjuer må tenke gjennom hvilke miljøer som må

undersøkes (Ryen 2002d). For å få svar på mine problemstillinger, var det viktig å få et utvalg av informanter fra ulike miljøer.

Det ble gjort et utvalg av informanter valgt ut i fra tre miljøer. Den første utvelgelsen ble gjort fra gårdsanlegg eid av personer som har fått støtte fra Innovasjon Norge i 2006 og 2007 til å installere vedkjel. Bakgrunnen for dette var at jeg ville nå personer som nylig hadde installert anlegg. Dermed var det mulig å få oppdaterte kostnadstall og erfaringer knyttet til installering av vedkjel. Jeg var i kontakt med de regionale kontorene til Innovasjon Norge for å informere om prosjektet før jeg kontaktet aktuelle informanter. Den andre utvelgelsen ble gjort etter kontakt med ulike leverandører av vedkjeler. Enkelte av leverandørene kunne videreformidle kontakt med personer som muligens kunne være åpen for et besøk. Her håpet jeg på å komme i kontakt med personer som hadde velfungerende anlegg med mer enn ett års erfaring med bruk. Den tredje gruppen ble valgt ut i fra anbefalinger fra personer innen bioenergisektoren. På denne måten kunne jeg komme i kontakt med personer som forhåpentligvis hadde god oversikt over investeringskostnadene.

Videre ble det vektlagt å få en fordeling i forhold til den installerte effekten på vedkjelene, fra 20 til 120 kW. Dette ble gjort for eventuelt å kunne sammenlikne lønnsomheten og investeringskostnadene til anlegg installert med liten og stor effekt.

Til slutt bestod utvalget av et titalls personer som jeg kunne ta kontakt med. Aktuelle personer ble videre kontaktet via telefon. Skriftlig informasjon om oppgaven ble sendt via e-post eller per post etter telefonsamtale. Den skriftlige informasjonen bestod av en kort prosjektbeskrivelse, samarbeidspartnere i prosjektet, antatt tid på intervjuet og presisering om konfidensialitet. Besøk ble avtalt både før og etter informantene mottok skriftlig informasjon.



Figur 7: Utvelgelse av informanter

2.1.5 Datainnsamling

Innhenting av data til denne masteroppgaven ble foretatt våren 2008, via intervjuer hjemme hos eierne av anleggene. Informantene ble lovet full konfidensialitet angående all innhentet informasjon. Dermed var det lettere å få en åpen diskusjon angående erfaringer og kostnader knyttet til vedfyringsanleggene. Hvert intervju tok mellom 3-4 timer. Store deler av intervjuet foregikk i fyrrommet.

Samtidig som jeg prøvde å få fylt ut hele intervjuguiden under intervjuene, var det viktig å få notert andre erfaringer som kom uoppfordret fra informanten.

Informant og intervjuer hadde begge en aktiv rolle under intervjuet. Opptenning i vedkjelen ble ofte demonstrert for å vise hvordan anlegget fungerte samtidig som det ga et inntrykk i fyringsrutinene. Bilder ble tatt av fyrrommet for dokumentasjon i ettertid etter tillatelse av informantene. På den måten kunne jeg enkelt friske opp hvordan anlegget så ut under bearbeiding av datamaterialet i etterkant. Intervjuet ble avsluttet med å informere informantene om at de fikk tilsendt et ferdig eksemplar av masteroppgaven. Jeg holdt muligheten åpen for å kunne ta kontakt igjen hvis det manglet nødvendig informasjon.

2.1.6 Databearbeiding

Etter intervjuene ble notatene renskrevet innen 24 timer slik at data ikke skulle gå tapt. Etter databearbeiding ble det klart at det var behov for utfyllende informasjon på enkelte anlegg. Informantene ble derfor ringt opp for få samlet inn den informasjonen som manglet.

I denne masteroppgaven er brukererfaringene knyttet til anleggene sammenfattet uten bruk av statistiske beregninger. Opptelling og oppsummering vil bli brukt for å gi oversiktlig presentasjonen av datamaterialet. Når det gjelder sammenfatningen av investeringskostnadene og lønnsomheten på anlegget, vil jeg benytte enkle statistiske beregninger.

2.2 Forutsetninger og utregningsmetode

Forutsetninger og utregningsmetoder er beskrevet nedenfor. Alle anleggene er beregnet til 2007 priser uten mva. og konsumprisindeksen er benyttet for å kompensere for prisstigningen.

2.2.1 Merverdiavgift og tilskudd

Alle oppgitte kostnadstall og utregninger i denne masteroppgaven er uten merverdiavgift. Noen av anleggene har mottatt tilskudd fra Innovasjon Norge. Tilskuddsordningen er beskrevet under kapittel 1 i innledningen av denne masteroppgaven. For de anleggene som mottok tilskudd, er det sett på hva tilskuddet gjør med lønnsomheten på disse anleggene. Tilskuddet i 2007 var på kr 20 000 for gårdsanlegg med vedkjel. Tilskuddet er fratrasket investeringskostnadene med avskrivningstid på 20 år. Det vil si at tilskuddet ikke er fratrasket den totale investeringskostnaden hvis anlegget har kulvertledning, der jeg har valgt å bruke 30 års avskrivningstid.

2.2.2 Råstoff

”Brennverdi uttrykker hvilken energimengde som frigis ved fullstendig forbrenning av trevirket” (Treteknisk håndbok 1999:119). Vi skiller mellom øvre, nedre og effektiv brennverdi. Ved bruk av effektiv brennverdi kan en finne energiinnholdet i trevirket pr. kilo trevirke med en gitt fuktighet. Øvre og nedre brennverdi tar utgangspunkt i absolutt tørt trevirke. De blir ikke benyttet i videre beregninger. Uttrykket nedenfor kan i følge Hohle (2005:85) tilnærmet brukes på de fleste faste biobrensler, uavhengig av treslag.

$$H_e = 5,32 - 6,02 * (F_r/100)$$

H_e = Effektiv brennverdi (kWh pr. kg)

F_r = Fuktighetsinnholdet i prosent av totalvekta

Det har ikke blitt målt fuktighet på veden til informantene. Fuktigheten i veden og den effektive brennverdien er derfor forutsetninger. Det blir benyttet en fuktighet på 20 % av totalvekten i videre beregninger i denne oppgave.

$$H_e = 5,32 - 6,02 * 20/100$$

$$H_e = 4,1 \text{ kWh pr. kg}$$

Jeg har vært nødt til å standardisere råstoffet til informantene. Furu er valgt som standard råstoff for alle informantene. For å finne vekten av en lm^3 med furu med fuktighet 20 %, finner

en først rådensiteten for furu. ”Rådensiteten angir brenselets tetthet oppgitt som forholdet mellom rå masse og rått fastvolum” (Hohle 2005:88).

$$r = (FM \cdot M) / (1 - F_r)$$

r = Rådensiteten, kg pr. lm^3

FM = Fastmasseprosenten.

- *Ustabilia ved i en 1000 liters sekk (Eurosekk), har i følge Norsk Ved (2008a) en fastmasse på 50 %.*
- *For informanter som ikke bruker sekker, men stabler veden, har jeg omregnet vedforbruket til å gjelde Europaller. For vedstabler har jeg gått ut i fra en fastmasseprosent på 67 % (Hohle 2005).*

M = Basisdensiteten til treslaget. Furu: 440 kg pr. fm^3 (Hohle 2005)

- *Basisdensiteten er tørr masse i forhold til rått volum (Treteknisk Håndbok 1999)*
- *Desto høyere basisdensitet, desto høyere er brennverdien til hvert enkelt treslag (Hohle 2005).*

F_r = Gjennomsnittsfuktigheten av totalvekt: Her fastsatt til 20 %

$$r = (FM \cdot M) / (1 - F_r)$$

$$r = (0,50 \cdot 440) / (1 - 0,20)$$

$$r = 275 \text{ kg pr. } \text{lm}^3$$

Den effektive brennverdien er 4,1 kWh pr. kg og rådensiteten er på 275 kg pr. lm^3 .

Energiinnholdet i en lm^3 av furuved med 20 % fuktighet av totalfuktigheten blir derfor

$$= 275 \text{ kg} / \text{lm}^3 \cdot 4,1 \text{ kWh pr. kg}$$

$$\approx 1\,100 \text{ kWh pr. } \text{lm}^3$$

Det årlige varmebehovet er i de fleste tilfeller regnet ut fra årlig vedforbruk. Energiinnholdet i veden er standardisert til å gjelde 1 100 kWh pr. lm^3 . For de vedfyringsanleggene som ikke har vært i drift en hel fyringssesong, har informantene angitt et estimert forbruk. Enkelte informanter hadde gode estimater på årlig varmebehov. For å finne nyttiggjort energi, er det benyttet den teoretiske virkningsgraden på kjelen.

2.2.3 Råstoffkostnader

For å finne råstoffkostnaden, tar jeg utgangspunkt i en tidsstudie av vedproduksjon gjort av Gjølshj og Kjøstelsen (2008). Produksjonsutstyret i dette studie hadde stokkstativ, kjerrat og transportbånd. Forutsetninger for utregning av vedprisen er listet opp under i tabell 2. I tillegg vil det bli benyttet en alternativ vedpris som tar utgangspunktet i en markedsundersøkelse gjort av Norsk Ved (2007). Prisene i denne undersøkelsen er ikke veiledende markedspriser, men er et gjennomsnitt av hva produsentene oppgir som deres vedpris vinteren 2006/2007. Vedprisen beregnet på Gjølshj og Kjøstelsen (2008) sine forutsetninger, vil bli benyttet gjennomgående i lønnsomhetsberegningene. Vedprisen fra Norsk Ved (2007) vil bli brukt for å se hva vedprisen utgjør på lønnsomheten, om informantene kjøper ved istedenfor å produsere selv.

Tabell 2: Forutsetninger fra tidsstudie vedproduksjon (Gjølshj og Kjøstelsen 2008)

Forutsetninger	
Investeringer	100 000 kr
Antall år avskrivninger	10 år
Antall sekker pr. år	300 sekker
Drivstoff kr/time	30 kr
Sekkekostnad Euro (Norsk Ved 2008b)	14 kr
Lønnskostnad pr. time	200 kr
Råstoff furu massevirke pris fm^3 (Viken Skog 2008)	250 kr
4% volumkrymping fra 30 til 20 % fukt	0,4 fm^3
Fastmasseprosent i en lm^3	50% fastmasse
Vedlengde	30 cm

Tabell 3: Utregning vedpris kr pr. fm^3 (uten mva.)

Utregning vedpris pr. fm^3	
	1 person i arbeid
Avskrivninger	42 kr
Drivstoffkostnad	23 kr
Sekkekostnad	28 kr
Lønnskostnad	156 kr
Råstoffkostnad	250 kr
Sum	499 kr
Krymping	19 kr
Kr pr. fm^3	518 kr
Kr pr. lm^3	259 kr

Vedprisen med tillegg for krymping kommer på kr 518 pr. fm³. Med fastmasseprosent på 50 % i en eurosekk, blir opparbeidingskostnaden pr. eurosekk på kr 259 som tilsvarer 1lm³.

Tabell 4: Gjennomsnittlige vedpriser som produsentene oppgav at de brukte vinter 2006 og 2007 (inkludert mva.) (Norsk Ved 2007:11)

	Østlandet			Sørlandet		Vestlandet		Nord-Norge		Landsgj.snitt	
	Pris	*Komm		Pris	*Komm	Pris	*Komm	Pris	*Komm	Pris	*Komm
60 ltr bjørk	Kr	67,-	60,-	57,-	55,-	63,-	65,-	63,-	62,-	63,-	61,-
60 ltr furu	Kr	49,-	43,-	46,-		54,-	55,-	56,-	35,-	51,-	44,-
60 ltr annet	Kr	47,-	50,-	48,-	60,-	49,-	45,-	49,-	42,-	48,-	49,-
80 ltr bjørk	Kr	67,-	65,-	65,-	62,-	68,-	67,-	65,-	65,-	66,-	65,-
Eurosekk bjørk	Kr	649,-	612,-	595,-	525,-	679,-	750,-	744,-	760,-	667,-	662,-
Eurosekk furu	Kr	519,-	450,-	511,-		546,-	500,-	567,-		536,-	475,-
Eurosekk annet	Kr	525,-	650,-	525,-		579,-	400,-	550,-		545,-	503,-
Hydrosekk bjørk	Kr	825,-	850,-	828,-	1 062,-	800,-		887,-		835,-	956,-
Hydrosekk furu	Kr	656,-		683,-		755,-		617,-		678,-	
Hydrosekk annet	Kr	655,-		750,-		667,-		650,-		680,-	
Favn bjørk	Kr	1 793,-	1 933,-	1 689,-	1 650,-	1 688,-		1 623,-		1 698,-	1 791,-
Favn furu	Kr	1 267,-		1 525,-		1 381,-		1 440,-		1 403,-	
Favn annet	Kr	1 269,-	1 500,-	1 350,-	1 550,-	1 400,-		1 117,-		1 284,-	1 525,-

* Kommunale foretak

Jeg velger å benytte meg av en pris på kr 519 for en Eurosekk med furu fra produsenter på Østlandet, ikke kommunale foretak. Eksklusiv mva. vil det gi en vedpris på kr 415.

Vedprisene som blir brukt videre i denne oppgaven er derfor på kr **259** pr. lm³ ut i fra forutsetninger til Gjølssjø og Kjøstelsen (2008) og på kr **415** pr. lm³ (Norsk Ved 2007).

2.2.4 Drifts- og vedlikeholdskostnader

Egeninnsats i forbindelse med driften av anlegget som fyring, feiing og uttak av aske er verdsatt til kr 200 pr. time. Informantene har oppgitt tidsbruk pr. fyring og gitt et grovt anslag på hyppighet av fyringen i de ulike årstidene. Informantene har i tillegg anslått hyppighet og tidsbruk på feiing og uttak av aske. Den samlede tidsbruken danner grunnlag for drifts- og vedlikeholdskostnadene. Innkjøring og flytting av veden til fyrrommet er ikke tatt med i drifts- og vedlikeholdskostnadene.

2.2.5 Kapitalkostnad

Kapitalkostnadene er summen av renter og avskrivninger (Hohle 2005). For å beregne årlige kapitalkostnader på de ulike anleggene, har jeg valgt å benytte annuitetsmetoden. Ved bruk av annuitetsmetoden forutsettes det at summen av rentene og avskrivningene i anlegget er like store hvert år i hele anleggets levetid (Hohle 2005).

$$A = I_0 * (r/100) * (1+r/100)^n / (1 + r/100)^n - 1$$

A: Årlig kapitalkostnad (kr)

I_0 : Investert beløp (kr)

a: Annuitet (% av investert beløp)

r: Kalkulasjonsrente (%)

n: Avskrivningstid (år)

Investert beløp (I_0)

Det investerte beløpet for hvert av anleggene inneholder kostnader knyttet til vedfyringsanlegget. Alle investeringskostnadene er beregnet til 2007-priser for å kunne sammenlikne anleggene som er bygd i 2007 og tidligere. Konsumprisindeksen er benyttet for å kompensere for prisstigningen (SSB 2008d).

Kalkulasjonsrente (%)

Kalkulasjonsrenten uttrykker avkastningskravet en har for penger som skal investeres (Hoff 2003). Kalkulasjonsrenten til prosjektet avhenger blant annet av størrelse av den gjennomsnittlige rente på lånemarkedet, inflasjonstakten i samfunnet og prosjektets risiko (Hoff 2003). I følge Hohle (2005) kan en beregne kalkulasjonsrenten slik:

$$\text{Kalkulasjonsrente} = \text{risikofri realrente} + \text{risikotillegg}$$

Realrenten er den reelle avkastningen et prosjekt har. Med bruk av realrenten får en se avkastningen prosjektet har uten den generelle prisstigningen (inflasjonen) i samfunnet. I følge Hohle (2005) kan en forhåndskalkulere den risikofrie realrenten ved å ta utgangspunkt i

avkastningene på statsobligasjoner. I 2007 var den effektive renta på 10-årig statsobligasjoner på 4,8 % (SSB 2008e). Risikotillegget som blir benyttet er 2 %. Kalkulasjonsrenten blir derfor tilnærmet 7 %, noe som blir brukt videre i beregningene i denne masteroppgaven.

Avskrivningsperiode

For å beregne årlige kapitalkostnader, er det blitt benyttet 20 års avskrivningstid for alle komponenter som hører til vedfyringsanlegget, blant annet: røranlegg, vedkjel, pumper, akkumulatortank, automatikk, slavetank osv. Det er kun benyttet 30 års avskrivningstid for kulvertledningen. Under er det gjengitt Hohles liste over hvilken økonomisk levetid de ulike komponentene i et biobrenselanlegg har.

Tabell 5: Økonomisk levetid for anlegg og komponenter i biobrenselanlegg (Hohle 2005:302)

Anlegg og komponenter	Økonomisk levetid
Komplett varmesentral	20 år
Ovner og forbrenningsenheter	15-20 år
Murverk i ovner	5-10 år
Røranlegg	20 år
Automatikk	10 år
Pumper	15 år
Vifter	15 år
Fjernvarmerør	30-40 år

2.3 Materiale

Det ble besøkt 17 vedfyringsanlegg i forbindelse med denne masteroppgaven. Fire av disse ble brukt til pilotstudie for å teste ut intervjuguiden. Tilsammen er det 13 anlegg som danner grunnlaget for resultatene i denne masteroppgaven. Etter en nærmere vurdering, ble det besluttet at 8 av 13 anlegg hadde gode nok dokumenterte og detaljerte data til å være med i lønnsomhetsberegningene. Det er derfor færre anlegg med i kostnads- og lønnsomhetsberegningene enn i resultatene angående brukererfaringene om vedkjelene.

Tabell 6: Antall besøkte vedfyringsanlegg fylkesvis fordelt

Fylke	Antall
Akershus	6
Buskerud	1
Oppland	1
Østfold	5
Sum	13

Tabell 7: Nøkkelinformasjon om de ulike vedfyringsanleggene

Anlegg	Kjelens plassering	Installert effekt kW	Årlig varmebehov erstattet med ved, kWh
1	Bolighus	25	32 000
2	Bolighus	26	32 000
3	Bolighus	40	15 000
4	Bolighus	50	23 000
5	Låve	50 *	
6	Låve	50	25 000
7	Låve	50	32 000
8	Låve	50	45 000
9	Låve	50	50 000
10	Låve	70	38 000
11	Låve	70	40 000
12	Låve	70	40 000
13	Låve	70	50 000

*Manglete informasjon p.g.a. restaurering av huset

Ti av tretten anlegg i denne oppgaven er gårdsanlegg. Som tabell 7 viser, har ni informanter valgt å legge fyrrommet i forbindelse med låven. Betegnelsen låven blir her bruk i vid forstand. Eksempler på plassering av fyrrommet i ”låven” kan være, redskapshus, stall, utbygg på låve eller annen bygningsmasse på gården. Disse anleggene har nedgravd rørledning fra fyrrommet og inn til husene som varmes opp. Hva som varmes opp varierte noe, men alle varmet opp hovedbygningen og de fleste varmet opp forbruksvannet. Enkelte varmet opp to boenheter og andre et verksted i tillegg til hovedhuset.

De fleste av anleggene ble for første gang tatt i bruk i 2006 og 2007. De nyeste anleggene har derfor ikke vært i bruk i et helt kalenderår.

Installert effekt på anleggene varierer fra 25-70 kW. Årlig beregnet energibehov erstattet med ved ligger mellom 15 000 til 50 000 kWh. Størrelsen på akkumulatortankene varierer fra 1 500 liter til 5 000 liter.

3 Resultater

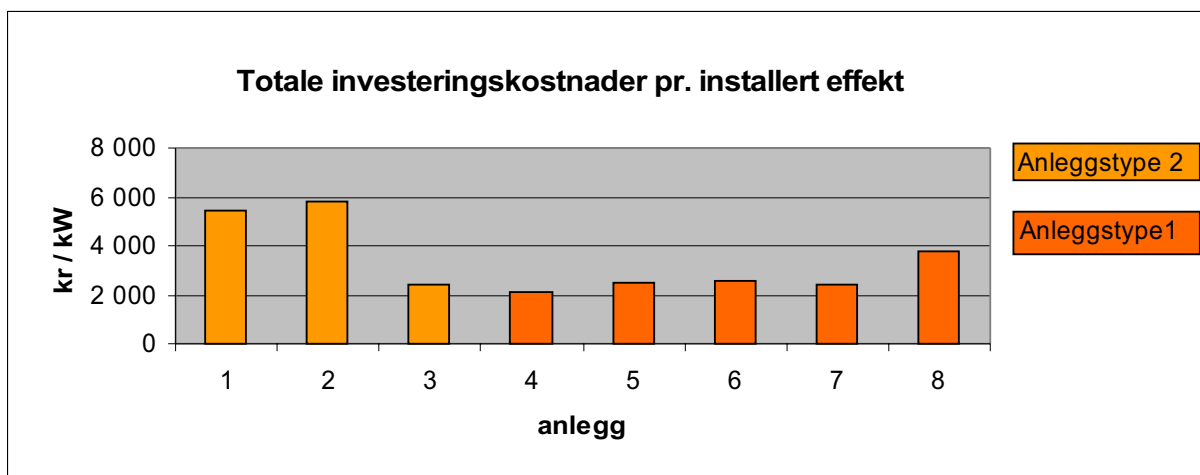
Dette kapittelet er delt opp i fire deler: investeringskostnader, alternative råstoff, lønnsomhetsberegninger og brukererfaringer. Forutsetningene og utregningsmetodene er beskrevet i kapittel 2 Metode og materiale. Ved gjennomlesing av resultatene er det viktig å huske på at resultatene ikke kan skaleres opp til å representere alle vedfyringsanlegg. Resultatene representerer kun de vedfyringsanleggene som danner grunnlag for denne masteroppgaven. Selv om ikke resultatene i denne oppgaven kan skaleres opp til å gjelde alle slike anlegg, håper jeg at resultatene kan være med på å gi leser en god indikasjon på størrelsen på investeringskostnader, lønnsomhet og brukererfaring med vedkjel.

3.1 Investeringskostnader

Jeg har valgt å ikke inkludere kostnader angående varmedistribusjon inne i bygningene. Installasjonskostnadene for et vannbårent system inne i et hus er likt uansett hvordan en velger å varme opp det vannbårne vannet. Dette forenkler også en eventuell sammenlikning av lønnsomheten mellom vedkjeler, andre anleggstyper, og annet råstoff. Jeg har i tillegg valgt å ikke inkludere kostnadene med å bygge fyrrommet.

Jeg har delt opp vedfyringsanleggene i to hovedgrupper, anleggstype 1 og 2. Anleggstype 1 har plassert fyrrommet slik at det er nødvendig å transportere vannet i en kulvertledning fra fyrrommet til huset som varmes opp. Anleggstype 2 har plassert fyrrommet i samme hus som varmes opp.

For å få en rask innføring i investeringskostnadene har jeg satt opp hva anleggstype 1 og anleggstype 2 kostet i gjennomsnitt pr. installert effekt. Anleggstype 1 representerer seks anlegg, mens anleggstype 2 representerer tre vedfyringsanlegg.



Figur 8: Totale investeringskostnader pr. installert effekt kW (uten mva.)

Investerte kr pr. kW installert effekt ligger fra litt over kr 2 000 til litt under kr 6 000. For anleggstype 1 ligger gjennomsnittlige totale investeringskostnader pr. installert effekt på kr 2 700. For anleggstype 2 ligger gjennomsnittet på kr 4 600 pr. installert effekt. Totale gjennomsnittlige investeringskostnader pr. installert effekt for begge anleggstypene ligger på kr 3 400 pr. kW. Den installerte effekten for de åtte anleggene ligger mellom 25 og 70 kW.

Til sammenlikning har jeg nedenfor listet opp en tabell for investerte kr pr. installert effekt for flisfyringsanlegg.

Tabell 8: Totale investeringskostnader i kr pr. installert effekt for flisfyringsanlegg. Investeringskostnadene inkluderer ikke kostnader for vannbårne installasjoner i bygg (uten mva.) (Fønhus 2007:32)

<i>Antall obs</i>	<i>Gjennomsnitt</i>	<i>Standardavvik</i>	<i>Standardavvik til gjennomsnittet</i>	<i>Min</i>	<i>Maks</i>
19	4665	1471	337	2612	7674

Gjennomsnittlige totale investeringskostnader for flisfyringsanlegg ligger på kr 4 665 pr. installert effekt (Fønhus 2007).

I tabell 9 og 10, har jeg satt opp hva vedfyringsanlegg type 1 og type 2 kostet totalt i gjennomsnitt. Hva som inngår i de ulike kostnadsbærerene vil bli gjennomgått mer i detalj senere i dette kapittelet.

Tabell 9: Gjennomsnittlige totale investeringskostnader for anleggstype 1 vedkjel (uten mva.)

Anleggstype 1	
Vedkjel	45 000 kr
Akkumulatortank	19 000 kr
Tekniske deler	20 000 kr
Rørleggerkostnader	25 000 kr
Elektrikerkostnader	11 000 kr
Slavetank og deler utenom fyrrommet	13 000 kr
Kulvertledning	28 000 kr
Sum totale investeringskostnader	161 000 kr
Totale investeringskostnader pr. kW instalert effekt	2 700 kr pr. kW

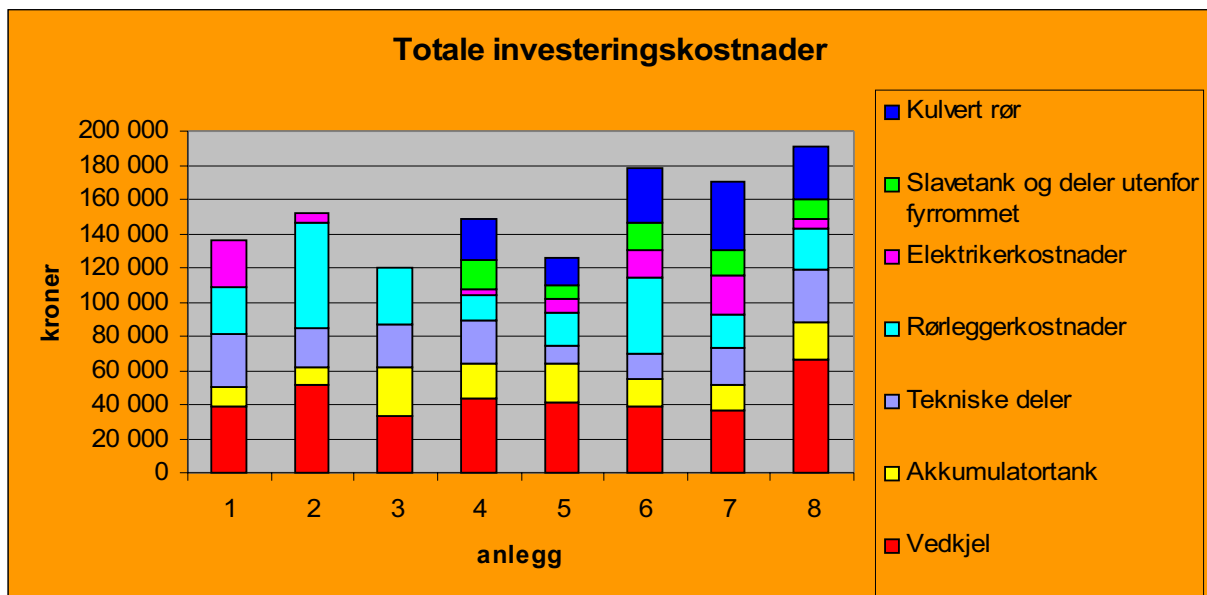
* Anleggstype 1 er anlegg som har plassert fyrrommet utenfor huset(ene) som varmes opp, og transporterer vannet i en kulvertledning fra fyrrommet til huset som varmes opp. Anleggstype 1 representerer seks anlegg

Tabell 10: Gjennomsnittlige totale investeringskostnader for anleggstype 2 vedkjel (uten mva.)

Anleggstype 2	
Vedkjel	41 000 kr
Akkumulatortank	17 000 kr
Tekniske deler	26 000 kr
Rørleggerkostnader	41 000 kr
Elektrikerkostnader	11 000 kr
Sum totale investeringskostnader	136 000kr
Totale investeringskostnader pr. kW installert effekt	4 600 kr pr. kW

* Anlegg 2 har installert fyrrommet i huset som varmes opp, representerer tre anlegg

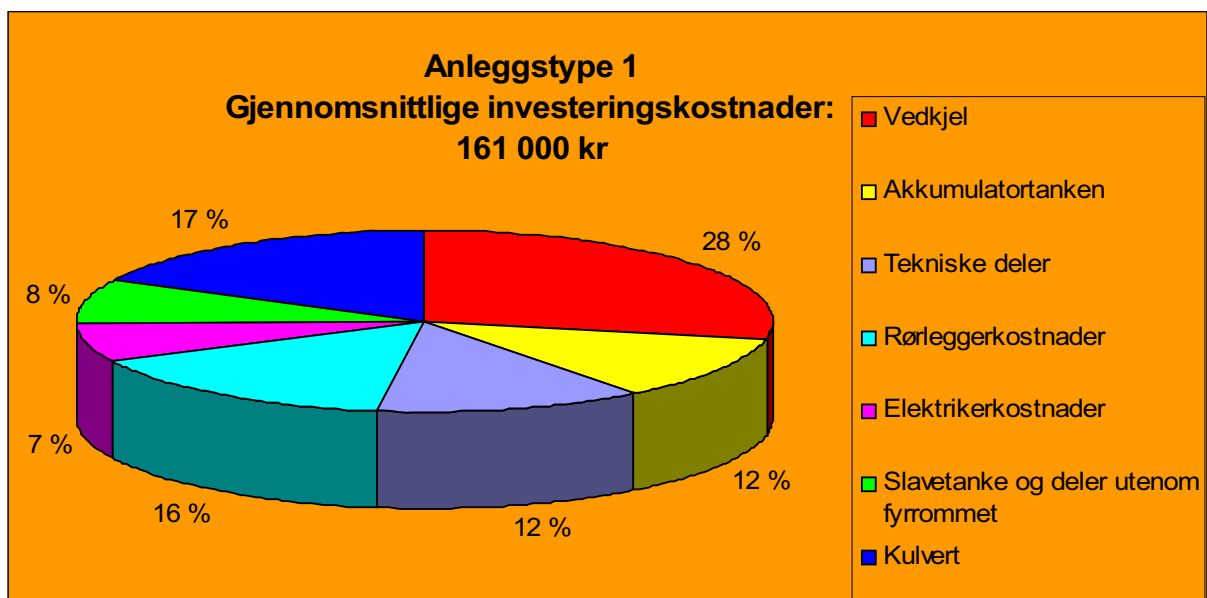
De totale investeringskostnadene for vedfyringsanlegg av type 1 ligger i gjennomsnitt på kr 161 000. Anleggstype 2 ligger i gjennomsnitt på kr 136 000 i totale investeringskostnader. Totale gjennomsnittlige investeringskostnader for anleggstype 1 og 2 er på kr 153 000. De totale kostnadene for anleggstype 1 og 2, fordelt på kostnadselementene, er illustrert nedenfor i figur 9.



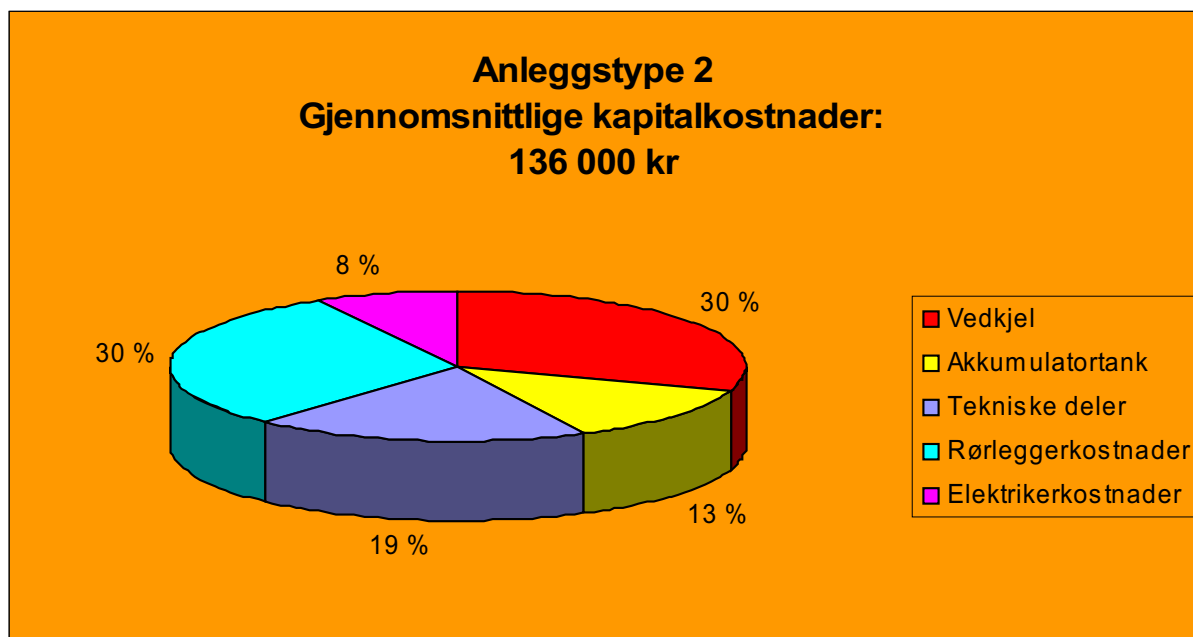
Figur 9: Totale investeringskostnader i kr (uten mva.). Anleggstype 2: anlegg 1-3. Anleggstype 1: anlegg 4-8.

Anlegg 3 har lavest investeringskostnad på kr 120 000. Anlegg 8 har de største investeringskostnadene på kr 190 000.

Nedenfor er investeringskostnadene prosentvis fordelt på de ulike kostnadsbærerne for anleggstype 1 og 2.



Figur 10: Gjennomsnittlig totale investeringskostnader prosentvis fordelt for anleggstype 1 (uten mva.)



Figur 11: Gjennomsnittlig totale investeringskostnader prosentvis fordelt for anleggstype 2 (uten mva.)

For anleggstype 1 utgjør vedkjelen 28 % av totalkostnaden. For anleggstype 2 utgjør vedkjelen i gjennomsnitt 30 % av totalkostnaden. Kulvertledningen utgjør den nest største kostnadsbæreren for anleggstype 1 i gjennomsnitt på 17 %. For anleggstype 2 utgjør rørleggerkostnadene like stor prosentandel som vedkjelen, 30 %. Rørleggerkostnadene utgjør 12 % for anleggstype 1.

3.1.1 Investeringskostnader fordelt på komponentene i vedfyringsanlegget

Vedkjelen

Komponenten *vedkjelen*, består av vedkjelens kostnad alene samt eventuelt frakt av kjelen.

Akkumulatortanken

Komponenten *akkumulatortanken*, består av kostnaden for selve tanken samt isolasjon til tanken. Noen av informantene har ferdigisolerte tanker, mens andre har gjort dette selv. Egeninnsatsen i form av arbeidstimer med isolering er ikke tatt med grunnet manglende informasjon.

Tekniske deler

Komponenten *tekniske deler*, består av de tekniske delene leverandøren tilbyr i sin pakke for vedanlegget i fyringssentralen. Det vil si pumper, shunter, ventiler, ekspansjonstank, el-kolber osv. Gjennomsnittlige kostnader for tekniske deler er på kr 22 500. Standardavviket for tekniske deler ligger på kr 7 200.

Tabell 11: Gjennomsnittlige kostnader for tekniske deler (uten mva.)

Tekniske deler		
Antall	8	
Gjennomsnitt	22 500	kr
Standardavvik	7 200	kr
Minimum	9 720	kr
Maksimum	31 300	kr

Rørleggerkostnader

Rørleggerkostnadene består i hovedsak av rørdelene i fyrrommet og arbeidskostnadene. Gjennomsnittlige kostnader for rørlegger ligger på kr 30 800. Minste verdi er på kr 14 500 og mens største verdi er på kr 61 600.

Tabell 12: Rørleggerkostnader (uten mva.)

Rørleggerkostnader		
Antall	8	
Gjennomsnitt	30 800	kr
Standardavvik	15 600	kr
Minimum	14 500	kr
Maksimum	61 600	kr

Elektrikerkostnader

Elektrisitetskostnadene består av selve elektrikerarbeidet og tilhørende deler til vedfyringsanlegget. Gjennomsnittlig elektrikerkostnad for alle anleggene er kr 11 100. Standardavviket er på kr 9 900.

Tabell 13: Elektrikerkostnader (uten mva.)

Elektrikerkostnader		
Antall	8	
Gjennomsnitt	11 100	kr
Standardavvik	9 900	kr
Minimum	1 000	kr
Maksimum	27 500	kr

Slavetank

Komponenten slavetanken, består av kostnaden for selve slavetanken og deler som tilhører vedfyringsanlegget utenom fyrrommet. Dette gjelder kun for de vedfyringsanleggene som har fyrrommet plassert utenfor det huset som varmes opp.

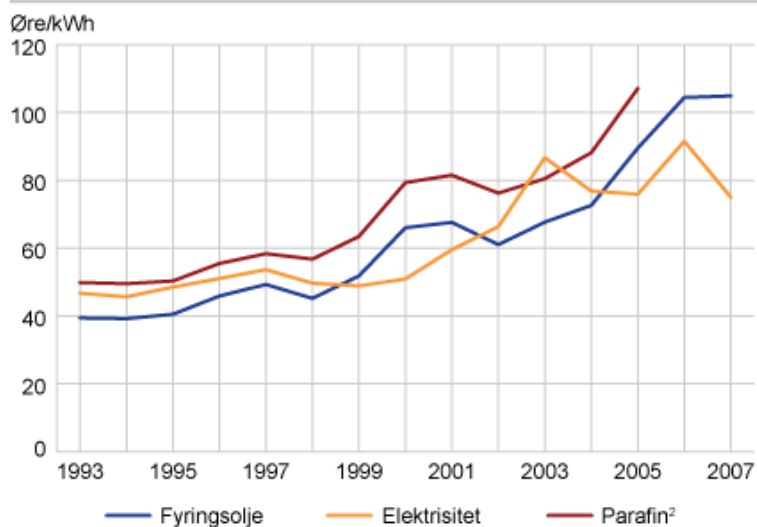
Kulvertledning

Komponenten kulvertledning, består av graving, legging av kulvertledning og tildekking av grøfta. Mange av informantene har gjort mye av arbeidet med leggingen av kulvertledningen selv. Antall timer på eget arbeid er anslått av informant.

3.2 Alternative råstoff

Prisutviklingen på elektrisitet, parafin og olje til husholdninger er fremstilt i figur 12. Prisene inneholder mva. For å begrense oppgaven, har jeg valgt å sammenlikne lønnsomheten til vedkjelene med elektrisitet og flisfyringsanlegg. Det er ikke sett på lønnsomheten sammenliknet med oljekjel. Hvis en skal sammenlikne lønnsomheten mellom vedkjel og oljekjel må en i tillegg regne ut kapital- og driftskostnadene til oljefyringsanlegget. Lønnsomhetsberegningen for flisfyringsanlegg er tatt fra masteroppgaven: Kostnader og brukererfaringer fra et utvalg av mindre flisfyringsanlegg i Norge (Fønhus 2007).

Priser på elektrisitet til husholdninger, og listepriser på fyringsolje og fyringsparafin omregnet til nyttigjort energi¹. 1993-2007. Alle avgifter inkludert. Øre/kWh



¹ Virkningsgrader som er brukt i figuren: Fyringsparafin: 0,75 for alle år.

Fyringsolje: Gradvis økning fra 0,7 til 0,8 i perioden 1992-2002, deretter 0,8. Strøm: 1.

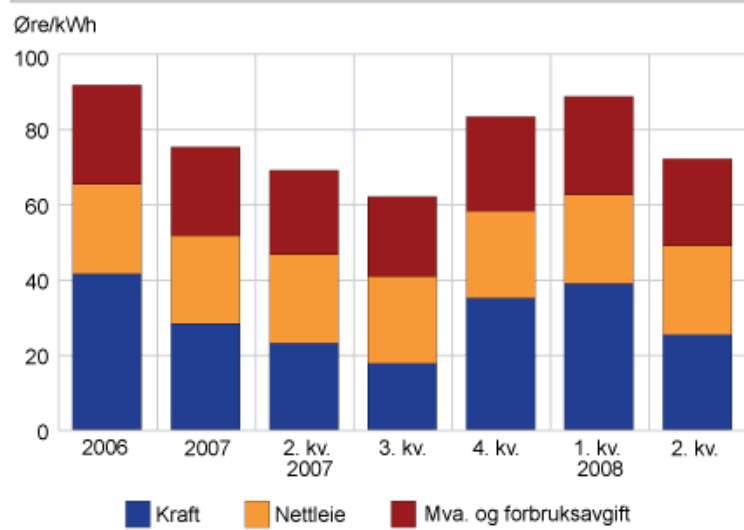
² Prisen på fyringsparafin er ikke tilgjengelig for 2006.

Kilde: Statistisk sentralbyrå og Norsk Petroleumsinstitutt.

Figur 12: Utvikling i priser på fyringsolje, elektrisitet og parafin inklusiv mva. (SSB 2008f)

I følge figur 12 lå den gjennomsnittlige strømprisen i 2006 og 2007 inklusiv mva., og nettleie på henholdsvis 92 og 75 øre pr. kWh (2008g). Alle kostnadene til vedfyringsanlegget er beregnet uten mva. og derfor har det blitt benyttet strømpris uten mva. I 2007 lå den gjennomsnittlige strømprisen uten mva. på 51,5 øre pr. kWh (SSB 2008g). Ut i fra figur 13 ser en hvordan strømprisene varierer kvartalsvis.

Kraftpris, nettleie og avgifter for husholdninger. Kvartalsvis. Øre/kWh



Figur 13: Kvartalsvise endring i kraftprisen fordelt på kraft, nettleie, mva. og forbruksavgift (SSB 2008h)

I følge masteroppgaven til Arne E. Fønhus (2007), Kostnader og brukererfaringer fra et utvalg av mindre flisfyringsanlegg i Norge, ligger de gjennomsnittlige totale kostnadene for flisfyring på 46,57 øre pr. kWh.

Tabell 14: Gjennomsnittlig totale kostnader i øre pr. kWh for flisfyringsanlegg. Kapitalkostnaden som inngår er beregnet med 6 % kalkulasjonsrente (eksklusiv mva.). Kostnader for vannbårne installasjoner inne i bygg er ikke innregnet (Fønhus 2007:37)

<i>Antall</i>	<i>Gjennomsnitt</i>	<i>Standardavvik</i>	<i>Standardavvik til gjennomsnittet</i>	<i>Min</i>	<i>Maks</i>
19	46,57	7,69	1,76	33,32	58,59

De totale kostnadene på flisfyring inneholder kapitalkostnader og driftskostnader.

Driftskostnadene inneholder blant annet vedlikeholdskostnader og kostnader for råstoff.

Kapitalkostnadene som inngår i de totale kostnadene er beregnet med 6 % kalkulasjonsrente.

Jeg har benyttet meg av 7 % kalkulasjonsrente gjennomgående i denne oppgaven. Endring fra 6 % til 7 % kalkulasjonsrente utgjør en økning i kapitalkostnadene på ca 3 øre pr. kWh for flisfyringsanleggene i følge Fønhus (2007). Totale kapitalkostnader for flisfyring blir derfor ca 50 øre pr. kWh med 7 % kalkulasjonstente. Det er blitt benyttet 20 års avskrivningstid for varmesentral og 30 år for varmedistribusjon i beregningene for flisfyringsanleggene og vedfyringsanleggene.

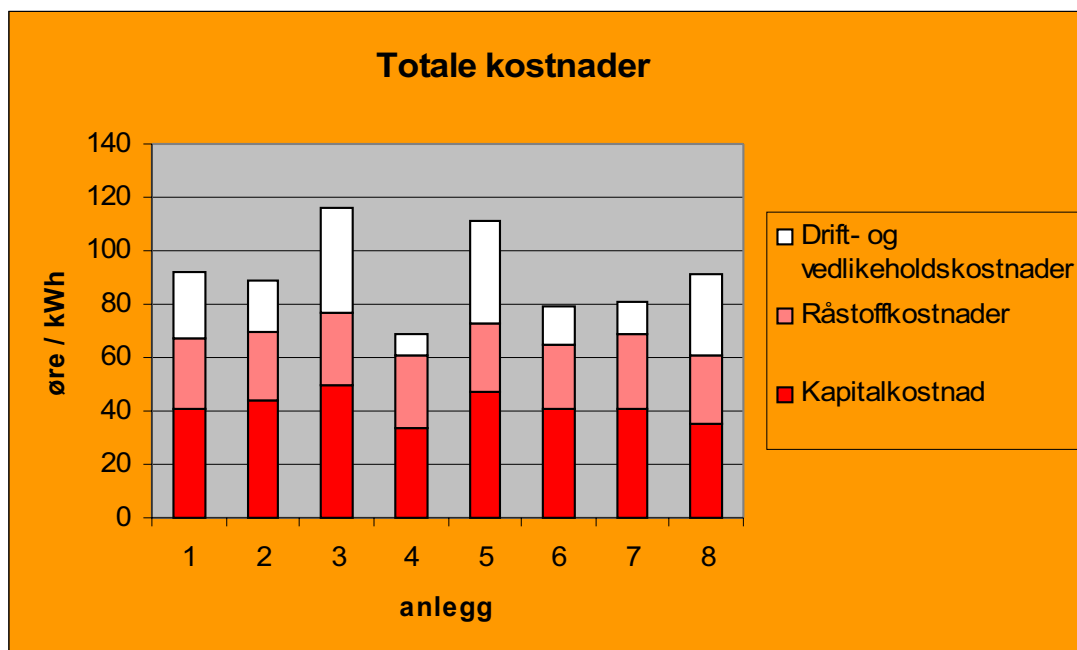
3.3 Lønnsomhetsberegninger

I dette kapittelet vil jeg først gå gjennom de totale kostnadene for vedfyringsanlegget pr. kWh. Videre vil jeg beskrive kapitalkostnader, drifts- og vedlikeholdskostnader og råstoffkostnader som inngår i de totale kostnadene. Det er også tatt med kapitalkostnader for flisfyringsanlegg for sammenlikning. Tilslutt er det sett på sammenhengen mellom totale kostnader pr. kWh, totale kapitalkostnader og energibehovet for anleggene.

3.3.1 Totale kostnader

Gjennomsnittlige totale kostnader for alle vedfyringsanleggene ligger på 91øre pr. kWh.

Anlegg nr fire har lavest totale kostnader på 70 øre pr. kWh og anlegg nr tre har de høyeste totale kostnadene på 116 øre pr. kWh.



Figur 14: Totale kostnader i øre pr. kWh fordelt på anlegg (uten mva.)

I tabell 15 er det de gjennomsnittlige totale kostnadene beskrevet for alle anleggene. Den viser en oversikt over hvordan de gjennomsnittlige totale kostnadene varierer med ulike forutsetninger. Tilsvarende tabell er laget for anleggstype 1 og 2 hver for seg, se tabell 16 og 17. Variasjonen i kapitalkostnader, råstoffkostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader blir nærmere beskrevet i de påfølgende underkapitlene.

Tabell 15: Gjennomsnittlig totale kostnader pr. kWh for anleggstype 1 og 2 (uten mva.)

Gjennomsnittlige totale kostnader pr. kWh for anleggstype 1 og 2						
	Totale kostnader (min-maks)	Fratrukket tilskudd 20 000 kr	Råstoffkostnader basert på (Norsk Ved 2007)	Hvis årlig kWh øker med 5000 kWh	Hvis årlig kWh reduseres med 5000 kWh	
Kapitalkostnader	42 (34 - 50)	36	42	36	49	øre pr. kWh
Råstoffkostnader	26 (24 - 28)	26	42	26	26	øre pr. kWh
Drifts- og vedlikeholdskostnader	23 (8 - 39)	23	23	23	23	øre pr. kWh
Sum totale kostnader øre pr. kWh	91 (70- 116)	85	107	85	98	øre pr. kWh

De totale gjennomsnittlige kostnadene ligger på 91 øre pr. kWh. Kapitalkostnadene utgjør 42 øre pr. kWh, mens råstoffkostnadene utgjør i gjennomsnitt 26 øre pr. kWh. Drifts- og vedlikeholdskostnaden ligger i gjennomsnitt på 23 øre pr. kWh.

Tabell 16: Gjennomsnittlige totale kostnader for anleggstype 1 (uten mva.)

Gjennomsnittlige totale kostnader øre pr. kWh på anleggstype 1						
	Totale kostnader	Fratrukket tilskudd 20 000 kr	Råstoffkostnader basert på (Norsk Ved 2007)	Hvis årlig kWh øker med 5000 kWh	Hvis årlig kWh reduseres med 5000 kWh	
Kapitalkostnader	40	34	40	35	46	øre pr. kWh
Råstoffkostnader	26	26	42	26	26	øre pr. kWh
Drifts- og vedlikeholdskostnader	20	20	20	20	20	øre pr. kWh
Sum totale kostnader øre pr. kWh	86	80	102	81	92	øre pr. kWh

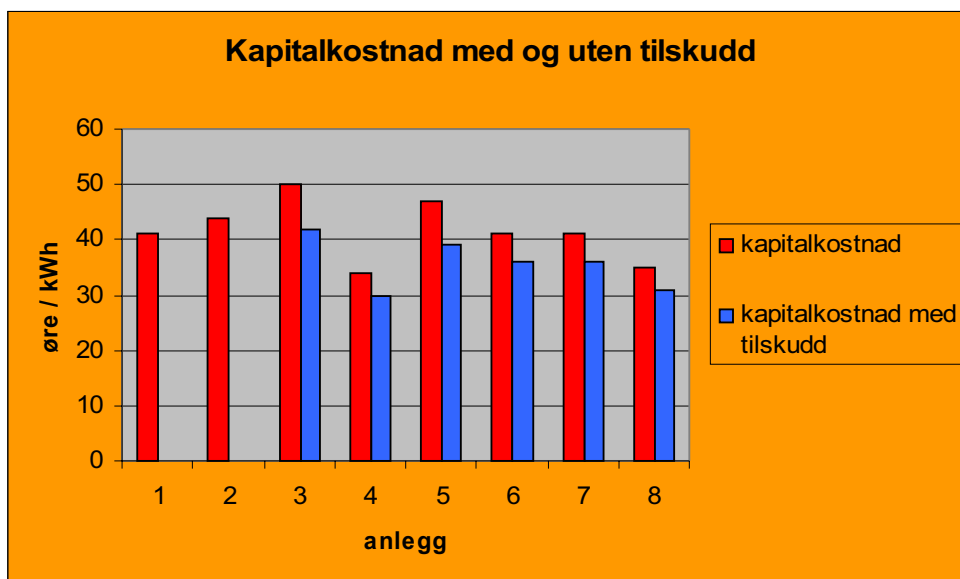
Tabell 17: Gjennomsnittlige totale kostnader for anleggstype 2 (uten mva.)

Gjennomsnittlige totale kostnader øre pr. kWh på anleggstype 2						
	Totale kostnader	Fratrukket tilskudd 20 000 kr	Råstoffkostnader basert på (Norsk Ved 2007)	Hvis årlig kWh øker med 5000 kWh	Hvis årlig kWh reduseres med 5000 kWh	
Kapitalkostnader	45	42	45	38	54	øre pr. kWh
Råstoffkostnader	26	26	42	26	26	øre pr. kWh
Drifts- og vedlikeholdskostnader	28	28	28	28	28	øre pr. kWh
Sum totale kostnader øre pr. kWh	99	96	115	92	108	øre pr. kWh

De gjennomsnittlige totale kostnadene for anleggstype 1 ligger på 86 øre pr. kWh. For anleggstype 2 ligger de totale kostnadene på 99 øre pr. kWh. Kapitalkostnadene er i gjennomsnitt 5 øre pr. kWh høyere enn for anleggstype 2 i forhold til anleggstype 1. Drifts- og vedlikeholdskostnadene for anleggstype 2 er 8 øre høyere pr. kWh enn anleggstype 1 med kulvertledning.

3.3.2 Kapitalkostnader

De gjennomsnittlige kapitalkostnadene for alle anleggene reduseres fra 42 øre pr. kWh til 36 øre pr. kWh, med tilskudd på kr 20 000 fra Innovasjon Norge. I gjennomsnitt gir tilskuddet en forbedret lønnsomhet på 6 øre pr. kWh.



Figur 15: Kapitalkostnad før og etter fratrullet tilskudd (uten mva.)

Energiinnholdet i veden til informantene er standardisert. Derfor er det faktiske energiforbruket noe usikkert. Det er derfor beregnet hvor mye kapitalkostnadene endrer seg i kr pr. kWh i gjennomsnitt med økt eller redusert energiforbruk. Underestimeres energiforbruket med 5.000 kWh, vil kapitalkostnadene reduseres fra 42 øre pr. kWh til 36 øre pr. kWh. Er derimot energiforbruket overestimert med 5 000 kWh, vil kapitalkostnadene gå opp til 49 øre pr. kWh fra 42 øre pr. kWh. Råstoffkostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader forblir konstant.

For å regne ut lønnsomheten på vedfyringsanleggene er det benyttet en kalkulasjonsrente på 7 % for kapitalkostnadene. De gjennomsnittlige kapitalkostnadene ligger på 42 øre pr. kWh med standardavvik på 5,5 øre pr. kWh. For å se på hvordan endring i kalkulasjonsrenten påvirker de årlige kapitalkostnadene pr. kWh, er det gjort en følsomhetsanalyse med kalkulasjonsrente på 6- og 8 %.

Tabell 18: Følsomhet for gjennomsnittlige kapitalkostnader med forskjellig kalkulasjonsrente (uten mva.)

Kapitalkostnad øre pr. kWh ved forskjellig kalkulasjonsrente					
Kalkulasjonsrente	Antall anlegg	Gjennomsnitt	Standardavvik	Største observasjon	Minste observasjon
6 %	8	38	4,8	46	32
7 %	8	42	5,5	50	34
8 %	8	45	5,8	54	37

De gjennomsnittlige kapitalkostnadene blir redusert med 4 øre pr. kWh til 38 øre pr. kWh med bruk av 6 % kalkulasjonsrente. Velger en å benytte 8 % kalkulasjonsrente, vil kapitalkostnadene øke med 3 øre pr. kWh til 45 øre pr. kWh.

Kapitalkostnad for flisfyringsanlegg

I masteroppgaven Kostnader og brukererfaringer fra et utvalg av mindre flisfyringsanlegg i Norge (Fønhus 2007), er de gjennomsnittlige kapitalkostnadene på 23,92 øre pr. kWh.

Kapitalkostnadene er beregnet med 6 % kalkulasjonsrente. Jeg har gjennomgående benyttet 7 % kalkulasjonsrente i mine beregninger, men i tabell 18 er har jeg sett hva kapitalkostnadene for vedfyringsanleggene blir med 6 % kalkulasjonsrente. Det er benyttet lik avskrivningstid for flis og vedfyringsanleggene.

Tabell 19: Kapitalkostnad øre pr. kWh for flisfyringsanlegg. Kostnadene er beregnet med 6 % kalkulasjonsrente (uten mva.). Vannbårne installasjoner i bygg inngår ikke i kostnadene (Fønhus 2007:33)

<i>Antall observasjoner</i>	<i>Gjennomsnitt</i>	<i>Standardavvik</i>	<i>Standardavvik til gjennomsnittet</i>	<i>Min</i>	<i>Maks</i>
19	23,92	8,48	1,94	12,22	40,61

Gjennomsnittlige kapitalkostnader med 6 % kalkulasjonsrente er 14 øre pr. kWh høyere for vedfyringsanleggene enn flisfyringsanleggene. Standardavviket på vedkjeler er mindre enn standardavviket til flisfyringsanleggene.

3.3.3 Råstoffkostnader

Råstoffkostnadene er beregnet ut fra en tidsstudie av vedproduksjon gjort av Gjøsjo og Kjøstelsen (2008). Vedprisen er satt til kr 259 pr. lm^3 uten mva. Dette gir en råstoffkostnad på 26 øre pr. kWh. Velger informantene å kjøpe veden i stedet for å produsere den selv, har jeg gått ut fra en vedpris på kr 415 pr. lm^3 uten mva (Norsk Ved 2007). Dette gir en råstoffpris på 42 øre pr. kWh.

3.3.4 Drifts- og vedlikeholdskostnader

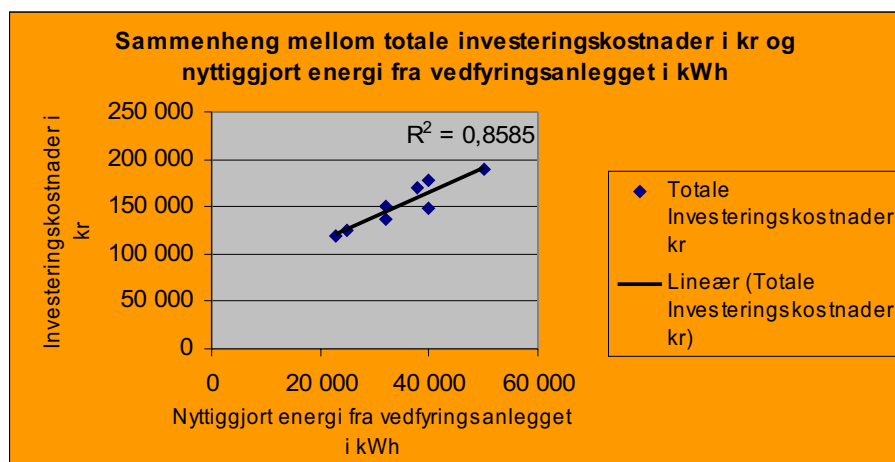
Gjennomsnittlige drifts- og vedlikeholdskostnader for vedfyringsanleggene ligger på 22 øre pr. kWh. Største og minste verdi ligger på henholdsvis 39- og 8 øre pr. kWh. Dette er en stor forskjell. Standardavviket er på 11 øre pr. kWh

Tabell 20: Drifts- og vedlikeholdskostnader i øre pr. kWh (uten mva.)

Drifts- og vedlikeholdskostnader		
Antall anlegg	8	
Gjennomsnitt	22	øre pr. kWh
Standardavvik	11	øre pr. kWh
Største observasjon	39	øre pr. kWh
Minste observasjon	8	øre pr. kWh

3.3.5 Sammenheng mellom investeringskostnader, energibehov og lønnsomhet

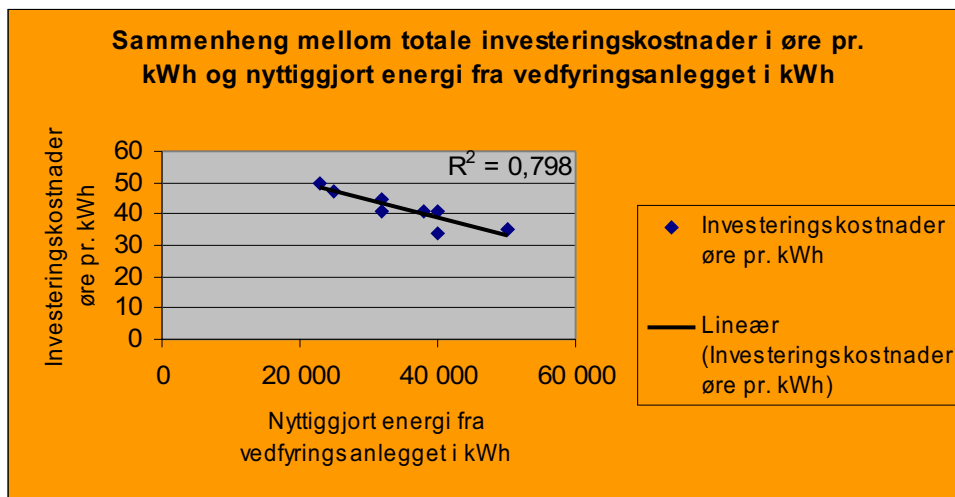
Figur 16 ser en sammenheng mellom investeringskostnadene i kr og det nyttiggjorte energibehovet fra vedfyringsanleggene. De anleggene med større nyttiggjort energibehov har større investeringskostnader enn de anleggene med mindre nyttiggjort energibehov. Trendlinja har en R^2 på 0,8585. R^2 forklarer hvor godt trendlinja beskriver sammenhengen mellom totale investeringskostnader i kr og nyttiggjort energi fra vedfyringsanlegget.



Figur 16: Sammenheng mellom totale investeringskostnader i kr og nyttiggjort energi fra vedfyringsanlegget i kWh (uten mva.)

Figur 17 viser en sammenheng mellom de totale investeringskostnader i øre pr. kWh og nyttiggjort energi fra vedfyringsanlegget. De anleggene med lave investeringskostnader i kroner har høyere investeringskostnader i øre pr. kWh. Anleggene med de største

investeringskostnadene og et stort nyttiggjort energibehov fra vedfyringsanlegget, har bedre lønnsomhet i øre/ pr. kWh enn de anleggene som har mindre nyttiggjort energibehov fra vedfyringsanlegget. Trendlinja har en R^2 på 0,798.



Figur 17: Sammenheng mellom totale investeringskostnader i øre pr. kWh og nyttiggjort energi fra vedfyringsanlegget i kWh (uten mva.)

3.4 Brukererfaringer

Nedenfor vil jeg presenterer resultatene angående brukererfaringen. Spørsmålene under er de samme som i intervjuguiden (vedlegg1). Noen av spørsmålene er slått sammen og presentert i temaer. For å illustrere mine sammenfatninger er det tatt med enkelte svar fra informantene. Svarene er ikke direkte sitater siden båndopptaker ikke er brukt.

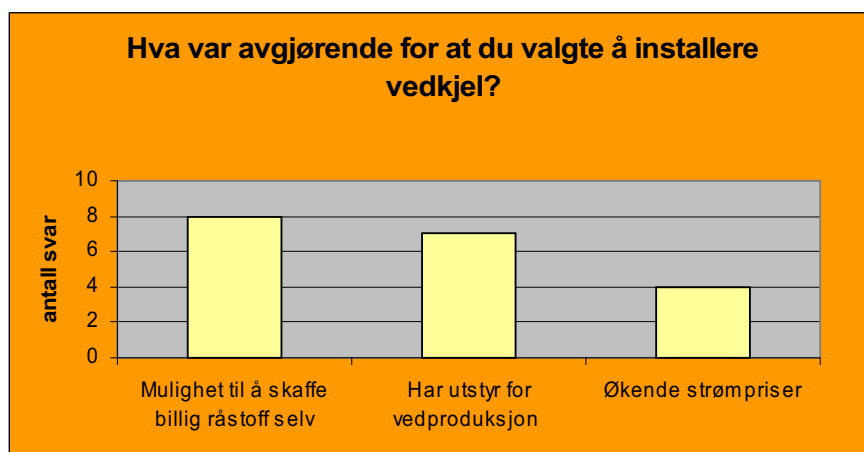
Hva var avgjørende for at du valgte å installere vedkjel?

Installering av vedkjel kom ofte i forbindelse med renovering av huset. Tre av mine informanter valgte vannbåren varme med vedkjel før de bygde nytt hus. Fire informanter hadde tidligere oljefyr som måtte skiftes ut. Fire informanter fyrte med vanlig Jøtulvedovn med hyppige tillegg.

Med installering av vedfyringsanlegg har en mulighet til å bruke råstoff fra egen skog. Åtte av tretten informanter nevnte at dette var avgjørende for å velge vedkjel. De informantene som ikke hadde egen skog, kjøpte billig råstoff, tok på seg ryddejobber eller fikk råstoffet gratis.

Svar fra informanter:

- *Tar ut gevinsten ved å være så nær råvarene som mulig. Bedre å ta ut gevinsten selv i stede for at andre får denne gevinsten. Råstoff blir dyrere med bearbeiding.*
- *Har tilgang på rimelig tømmer og utstyr for vedhåndtering og oppbevaring.*
- *Så etter hva de hadde som egne ressurser: Har skog og derfor ble vedfyring valgt.*
- *Har tilgang på egen ved. Usikker på om de hadde valgt vedkjel hvis ikke de hadde egen ved.*



Figur 18: Informanters svar på hva som var avgjørende for valg av vedkjel

Sju av informantene sa at de har eget utstyr for vedproduksjon, og at dette direkte var avgjørende for at de valgte vedkjel. Dette henger nok nært sammen med at mange har ved fra egen skog. Mange av informantene bruker den dårligste veden selv. Enten det er overskuddsved eller dårlig ved som de ikke kan få solgt. Flere nevner at de var lei vanlig vedfyring i vedovn med hyppige tillegg.

Svar fra informanter:

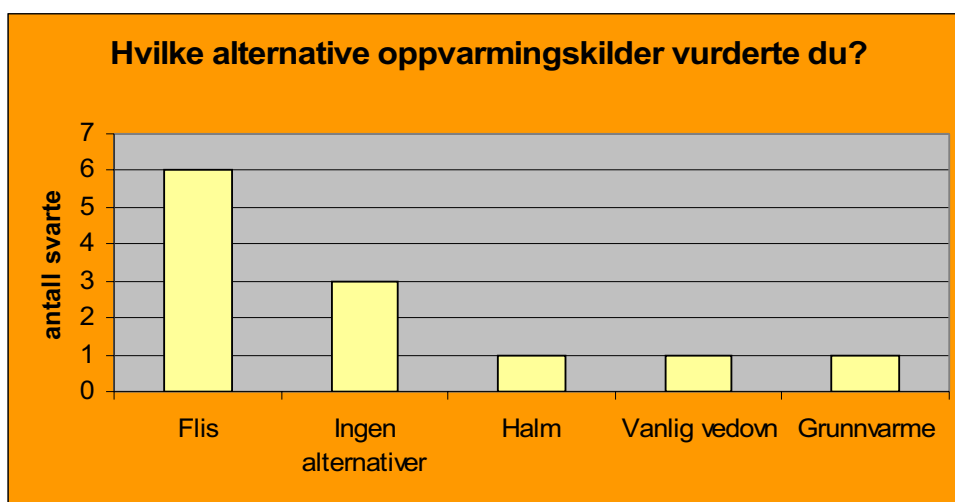
- *Får brukt overskuddsveden selv.*
- *Har utstyr til vedhåndtering samt tradisjon med bruk av ved som brensel.*

Fire informanter nevnte direkte at det var avgjørende å redusere utgiftene til oppvarming ved installering av vedkjel. Miljøvennlig oppvarming og bekjente som har vedkjel, er også nevnt som avgjørende for at noen av informantene valgte å installere vedkjel. Flere legger vekt på at vedfyring og vedproduksjon har en helsebringende effekt i forbindelse med det fysiske arbeidet.

Svar fra informanter:

- Redusere kostnadene ved å spare strømutfgifter og oljeutfgifter.
- Ingen hjemme på dagtid, to boliger, lei tungvint vedfyring i ovner, økende el-pris.
- Kjennskap til en som har vedkjel og som var godt fornøyd. Han har lik vedkjel.
- Får trim med vedhåndtering – positivt.
- Er en hobbyaktig greie.

Hvilke alternative oppvarmingskilder vurderte du?



Figur 19: Alternative oppvarmingskilder informantene vurderte

Tre informanter svarte at de egentlig ikke vurderte andre oppvarmingsalternativer. De resterende vurderte en eller to alternativer. Få svarte at de vurderte flere enn dette. Seks av informantene vurderte flis som et alternativt oppvarmingsråstoff i planleggingsfasen. Manglende plass til å tørke og lagre flisa er argumenter flere informanter brukte som motargument for flisfyring. Et annet argument mot flisfyring, var at de ikke har mulighet til å flise flisa selv. Mer mekanikk og dyrere anlegg taler også mot flisfyring i følge flere av informantene. Automatisk innmating av flis taler for flisfyringsanlegg. Mange har vedmaskin selv, som for flere av informantene var et argument for å velge vedfyring. Flere av informantene nevnte at de hadde for lite energibehov til å installere flisfyring. Andre oppvarmingsmuligheter som ble nevnt av informantene var halmfyring, grunnvarme og vanlige vedovner med hyppige tillegg.

Svar fra informanter:

- *Vurderte flis som er enklere, men har ikke lager til flis og den må tørkes. Er mye teknikk. Sett også i ettertid at dette ville vært dyrere.*
- *Vurderte flisfyring, det er mindre arbeid pga. automatisk innmating. Valgte ved siden flis er dyrere råstoff.*
- *Vurderte mange løsninger. Med flis må en ha mulighet for tørking, men hadde ikke stort nok varmebehov til å velge flis samt at dette var dyrt.*
- *Vurderte flis, men for komplisert, hadde vedproduksjonsutstyr.*
- *Vurderte halmfyringsanlegg, mulig han hadde gått for halmfyring hvis varmebehovet var større. Har ikke lagerplass til halmen. Må eventuelt kjøpt/fått halmen fra andre.*
- *Vurderte å bore etter grunnvarme, men fant ut at det var dyre deler som måtte byttes ut etter ca 20 år, da var det ikke lønnsomt.*

Hvis du skulle installere anlegget på ny, hvilken varmeløsning ville du da valgt?

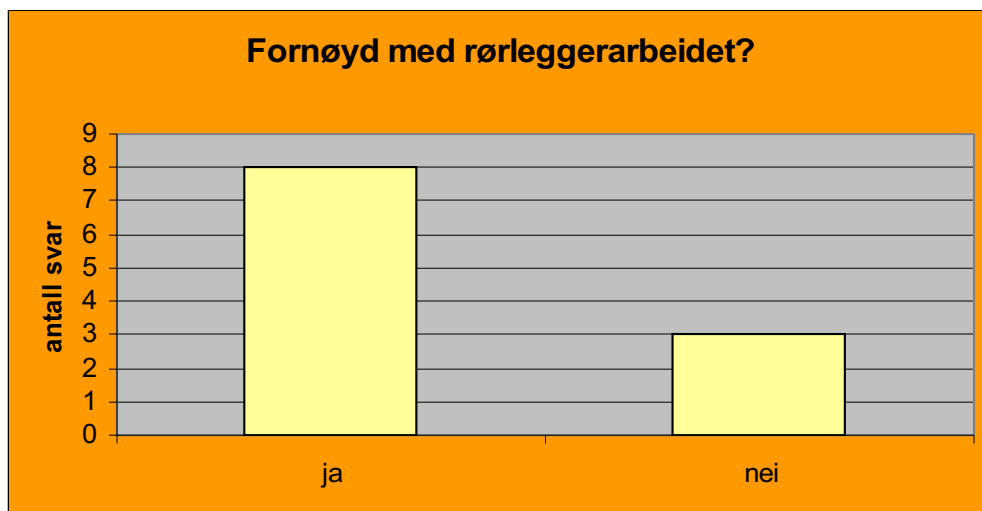
Mange av informantene ville ha valgt den samme løsningen som de allerede hadde. Tre informanter sier valget ville ha stått mellom ved eller flis. En informant ville muligens valgt jordvarme. En ville ha installert varmeslynger i taket slik at han kunne ha varmet opp forbruksvannet med solenergi om sommeren.

Svar fra informanter:

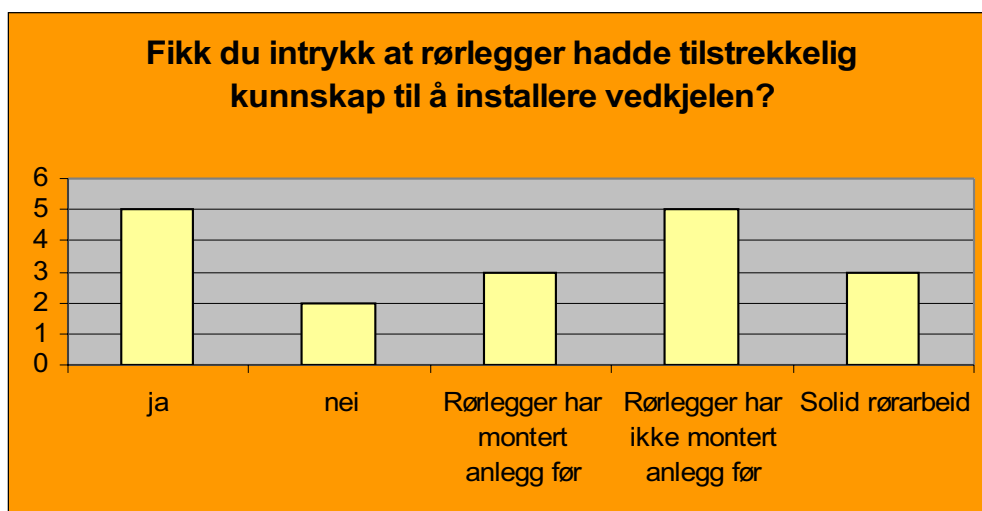
- *Ville ha valgt det samme. Komforten er topp, det praktiske er bra og er fornøyd økonomisk..*
- *Ville ha valgt vannbåren varme med enten flis eller ved.*
- *Føler at de var kommet fram til det rette valget så langt. De hadde en lang planleggingsfase og var fornøyd, men har ingen å sammenlikne seg med.*
- *Ville ha arbeidet mer for å få naboene med på å bygge et felles flisanlegg til gårdene rundt, men er fornøyd med vedfyringen.*

Informantenes erfaring med rørleggerarbeidet:

Mange av informantene var fornøyd med rørleggerarbeidet, bare et fåtall var svært misfornøyd. Flere av informantene som var fornøyd med rørleggerarbeidet har kommentert at rørleggeren hadde ingen eller liten erfaring i å montere vedfyringsanlegg. Noen av de uerfarne rørleggerne fikk veiledning av leverandør, og kunne på den måten montere anlegget tilfredsstillende teknisk. Informantene nevnte blant annet at de uerfarne rørleggerne kom med dårlige budsjettanslag. De valgte dyre tekniske løsninger eller antok at de måtte bruke lang tid på monteringen.



Figur 20: Informantenes vurdering av rørleggerarbeidet



Figur 21: Informantenes vurdering av rørleggers kunnskap

Svar fra informanter:

- Kunnskapen til rørlegger var manglende, men arbeidet var solid og pent og av god kvalitet.
- Rørlegger valgte dyre løsninger. Overdimensjonerte rørene, noe som førte til økte kostnader, men fikk igjen penger etter å ha påpekt dette. Rørlegger kunne ha redusert kostnadene med bedre løsninger i fyrrommet.
- Rørlegger la rørene for tett inntil akkumulatortank slik at isolering av tanken ble vanskelig.
- Jeg deltok under montering av anlegget og stilte kritiske spørsmål til rørlegger ved montering. På den måten kunne jeg tilegne meg kunnskap om anlegget. Det er å anbefale å være med under installering av anlegget.
- Rørleggeren ble anbefalt gjennom bekjente. Har ikke selv nok kunnskap til å bedømme rørleggerarbeidet, men rørleggeren tok seg noen friheter utenom det som var anbefalt av leverandøren.

Eksempel på dette var to 90° vinkler på røykrøret fra kjelen og inn i pipa som hindrer god trekk i pipa og vanskeliggjør oppteningen.

- *Er ikke fornøyd. Den første rørleggeren hadde ikke kunnskap. Han anbefalte feil rør til kulvertledningen slik at de måtte grave en ny grøft og legge nye rør. Den første rørleggeren trakk seg. Da de fikk ny rørlegger ble alt mye bedre.*
- *Ville ha isolert alle rør til forbruksvannet bedre enn det som ble anbefalt.*
- *Fordel at leverandør har en fast rørlegger som har erfaring med å installere vedkjel*

Er du fornøyd med dimensjoneringen av akkumulatortanken?

Ni informanter er fornøyd med dimensjoneringen av akkumulatortanken. Fem informanter skulle ønske at akkumulatortanken var litt større.

Svar fra informanter:

- *Kunne vært større, slik at en kan fyre annenhver dag og ha fullt ilegg uten at forbrenningen strupes.*
- *Ja, er fornøyd. Godt at den er stor. Han synes det er viktig å fyre fulle ilegg og i tillegg være fleksibel på fyringen.*
- *Ja, er fornøyd. Hadde akkumulatortanken vært større måtte vedinnlegget også ha vært større.*

Sprakk budsjettet?

Tre informanter svarer at de ikke opplevde at budsjettet sprakk. Seks informanter svarer at de faktiske kostnadene var større enn antatt. Tre informanter hadde ikke budsjett. Fire av informantene nevner at rørleggerkostnadene var dyrere enn antatt og at dette var grunnen til at budsjettet sprakk. For to av informantene ble anlegget dyrere grunnet prisoppgang. Det gikk lang tid fra informant fikk tilbud fra leverandør til installering ble gjort.

Svar fra informanter:

- *Ja, rørleggerregningen førte til en sprekk i budsjettet. Rørleggeren var veldig usikker siden han ikke hadde gjort dette før. Leverandøren hadde heller ikke et godt overslag på rørleggerarbeidet.*
- *Stålprisene "gikk i været" før de installerte anlegget. Dette førte til at alt ble dyrere enn antatt.*
- *Hadde ikke budsjett, men det må likevel være lov til å si at det ble dyrere enn antatt.*
- *Rørlegger- og elektrikerarbeidet ble dobbelt så dyrt som antatt. Det er et umodent marked.*
- *Ja budsjettet sprakk. Rørleggeren anbefalte feil kulvertledningen. Måtte grave to ganger. I tillegg så måtte de bore hull til den nye kulvertledningen slik at den kom inn til fyrrommet. Graving pluss skyting av fjell kostet kr 20 000, noe som var penger rett ut av vinduet.*
- *Nei. Fikk en fast avtalt pris på hele anlegget med husarbeid. Differansen på den avtalte prisen og faktisk kostnad skal tilbudsgiver dekke.*

Brukererfaringer vedhåndtering:

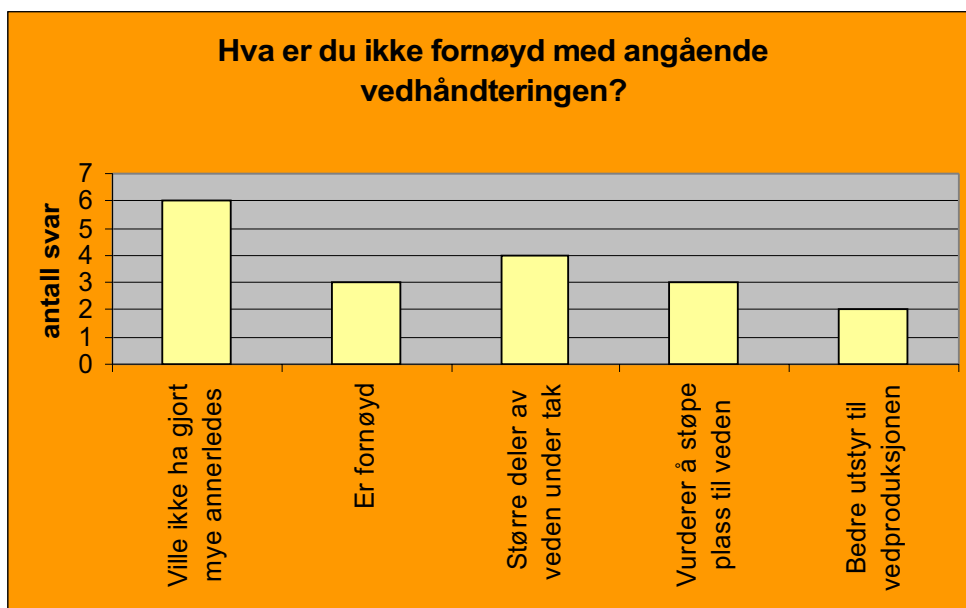
Å ha enkel vedhåndtering er svært viktig i følge mange av informantene. Dette var også et inntrykk jeg hadde før jeg startet mine intervjuer. Mange av informantene kan kjøre paller med ved nesten helt inn i fyrrommet. Videre kan mange av informantene ta veden inn i fyrrommet med hjelp av jekketralle, truck eller hjemmelagde kasser med hjul på.



Bilde 4,5,6: Innkjøring av ved til fyrrommet. Foto: Una Glende Janson

Svar fra informanter:

- *Var uaktuelt å ha fyrrommet i kjelleren i huset. Var bestemt på at vedhåndteringen skulle være enkel, valgte derfor å ha fyrrommet i redskapshuset.*
- *Kan kjøre traktoren med storsekk nesten inn i fyrrommet.*
- *Bruker truck til å hente pallene for å sette de helt inn i fyrrommet.*
- *Har mulighet til å kjøre trillebår med ved fra garasjen og videre inn i fyrrommet. Har også mulighet til å kjøre bil med vedhenger rett inn i garasjen.*



Figur 22: Informantenes ønske om forbedringer til sitt anlegg

Tre informanter kommer ikke på noe som de ikke er fornøyd med angående vedhåndteringen. Fem informanter ville ikke ha gjort store forandringer hvis de skulle planlegge vedhåndteringen på ny. Flere av informantene nevner at de ville ha tilrettelagt vedlagringa slik at alt eller mer av veden kunne stå under tak. Noen av informantene har planer om å forbedre lagerplassen til veden. Enkelte svarer at de ønsker seg støpt platting der veden er lagret. To informanter nevner at de vil ha bedre utstyr til vedkapping.

Svar fra informanter:

- *Har støpt platting under låvebrua. Der kan det stå 2-3 sekker under tak. I tillegg kan det stå 2-3 storsekker inne i fyrrommet. Optimalt at all ved lagres under tak utenfor fyrrommet.*
- *Det er bra at veden står på støpt gulv.*
- *Etter kløyving blir veden stablet på paller som den står og tørker på gjennom sommeren. Videre kan veden kjøres med traktor nesten helt inn i fyrrommet. På den måten slipper en omstabling av veden. En del ved kan stå i carporten om vinteren..*
- *Er fornøyd med at lagringen av veden og den korte avstanden og at det er kort avstand fra veden til kjelen.*
- *Vurderer å legge tak over veden. Har i dag plast over veden ute.*
- *Lagrer vedpallene ute under blikktak. De siste vintrene med regn sidelengs, har gjort det problematisk med vedlagring ute. Burde ha bygd på redskapshuset mer med en gang, slik at det ville blitt plass til flere vedsekker under tak.*
- *Er ikke fornøyd med kjøringen av veden rundt huset samt å kaste veden inn gjennom luka.*
- *Viktig å gjøre det enklest mulig for seg selv i fyrrommet.*

Andre erfaringer du har som vi ikke har vært inne på:

Alle informantene har kommet med ulike erfaringer og oppfordringer andre bør tenke på ved installering av vedkjel:

Erfaringer knyttet til fyrrommet og bruken av anlegget:

- Støvsuger i fyrrommet er lurt å ha.
- Viktig med sluk i gulvet ved en eventuell lekkasje i akkumulatortanken eller ved utløp av overskuddsvann fra åpen ekspansjonsløsning.
- Aggregat er lurt å ha i tilfelle strømmen går. Uten strøm vil sirkulasjonspumpene slutte å gå. Dette gjør at forbrenningen i kjelen strupes og varmtvannet vil ikke bli fraktet rundt i huset.
- En informant synes regelverket for fyrrom er for strenge. For eksempel: tykkelsen på gipsplatene i taket fordyrer kostnadene ved bygging av fyrrommet.
- En informant nevner at han synes at det å feie er mest tungvint ved driften av anlegget.
- Viktig å ha nok lufttilførsel i fyrrommet, men ikke for stor. Unødig trekk i fyrrommet gjør at en ikke kan tørke veden som er lagret der litt ekstra.
- Viktig å hindre pisking i tanken slik at sjiktingen av varmtvannet i akkumulatortanken opprettholdes.
- Informant har erfart at lite spenn i tur/returvannet til akkumulatortanken ødelegger sjiktinga i akkumulatortanken.
- Noen av informantene har økt komforten etter installert vedkjel. Et eksempel er økt snittstemperatur i huset. En informant sier at grisungene blir større og trenger mindre strø etter å ha lagt vannbåren varme i bingene.

Erfaringer angående isolering:

- En informant har erfart at det er viktig å isolere pipa ved installering av ny pipe. Hvis ikke, kan det oppstå kondens og is i pipa.
- Ferdigisolerte rør er for dårlig isolert.
- Isolasjonsmattene med aluminiumsfolie isolerer bra, en informant mener de isolerer bedre enn kun bruk av isolasjon uten folie.

Erfaringer angående leverandør:

- Viktig å få tilbud fra flere leverandører. Å installere vedkjel er en stor investering. Ved å få tilbud fra flere, kan en se om de kommer med ulike løsninger til anlegget som en kan dra nytte av ved installering.
- Ha god kontrakt med leverandør i forhold til tidsfrist og pris.
- En informant har inntrykk av at mange har underdimensjonerte anlegg både når det gjelder vedkjelen og akkumulatortanken
- En informant har hatt problemer med at ristene inne i brennkammeret blir deformert slik at veden ikke dette faller ved forbrenning. Har fått nye på garantien.
- En informant har hatt problemer med å finne manualer om digitale styringssystemer på norsk og engelsk.

4 Diskusjon

4.1 Metode

4.1.1 Valg av metode

Kvalitativ metode ble valgt for innhenting av data og intervju ble valgt som datainnsamlingsmetode. Intervjuene hjemme hos informantene var med på å luke bort eventuelle feilkilder, som for eksempel ulik forståelse av begreper rund vedforbruk. Intervjuguiden som var lagt opp etter et semistrukturert intervju fungerte godt. På slutten av intervjuene oppfordret jeg informantene til å komme med erfaringer som ikke var blitt belyst. Jeg fikk inntrykk av at de fleste kom med sine viktigste erfaringer. For å få med alt som ble sagt under intervjuet, måtte jeg be informanten stoppe litt opp mens jeg noterte. Ved bruk av båndopptaker unngår en dette, men en bør likevel notere viktige stikkord under intervjuet.

Databearbeiding

”Reliabilitet sier noe om påliteligheten til dataene gjennom en slags revisjonsprosedyre av dataene som sikter til forskerens dokumentasjon av sine data, metoder og avgjørelser gjennom prosjektet, inkludert det endelige resultatet” (Ryen 2002a:180).

Ryen (2002a) har satt opp ulike tiltak som kan bidra til høy reliabilitet, som foreksempel å bruke båndopptaker under intervjuene, la andre forskere kategorisere samme datamateriale og sammenlikne samt redegjøre for prosedyrene ved datainnsamling. Tilslutt nevner hun at det er viktig å presentere større utdrag av datamaterialet.

Jeg valgte å ikke bruke båndopptaker fordi jeg følte det ukomfortabelt og hadde ingen tidligere erfaringer med det. Notatene ble renskrevet innen 24 timer etter intervjuet. Ved håndskrevne notater slik jeg har benyttet, har dataene allerede gjennomgått en førstegangs siling (Ryen 2002a). I tillegg noterte jeg mine egne tanker rundt anleggene og enkelte utspill og svar informant kom med. Det var nyttig å ha en ekstern person som kunne se over mine rådata. I mitt tilfelle fikk jeg veileder til å se på mine rådata og vurdere mine oppsummeringer.

Validitet sier noe om i hvilken grad de innsamlede dataene er relevante for å gi svar på problemstillingene. Utarbeidelse av intervjuguiden har vært et viktig hjelpemiddel for å sikre at innsamlet data skulle bli relevant i forhold til problemstillingene.

Sammenfatningen av resultatene fra brukererfaringene er tekstmessig beskrevet. Dette er mest brukt i kvalitativ metode. Sammenfatningene av investeringskostnadene og lønnsomhetsberegningene er sammenfattet via enkel statistikk. Dette er ikke helt normalt i forhold til kvalitativ metode. Jeg har sett det mest hensiktsmessig å gi en samlet sammenfatning av investeringskostnadene i stedet for å presentere hvert enkelt anlegg hver for seg.

4.2 Forutsetninger og utregningsmetoder

4.2.1 Råstoff

I følge Norsk Standard (NS 4414), standard for salg av ved, skal ikke veden overstige 20 % fuktighet for fin bjørkeved og 25 % for andre treslag og kvaliteter (Norsk Ved 2008c). Veden kommer gjerne ned mot 15-20 % fuktighet etter tørking og lagring ute gjennom sommeren (Hohle 2005). Norsk Ved (2008a) anbefaler på sine nettsider at ved for salg bør ha en fuktighet rundt 20 %. Det er derfor benyttet 20 % fukt som en forutsetning for videre å finne energiinnholdet i veden.

Fuktigheten på veden er viktig for totaløkonomien til anlegget. Ved forbrenning av fuktig ved vil noe av energien i veden gå med til å tørke veden slik at vannet fordamper. Denne energien går tapt og lønnsomheten blir dårligere. For å få korrekte resultater angående råstoffkostnadene burde det vært tatt fuktighetsmålinger av råstoffet over en lengre periode. En energimåler tilknyttet anlegget kunne vært en enda mer nøyaktig metode. Dette er en variabel som er ressurskrevende å registrere over tid. Derfor ble fuktigheten lagt inn som en fast konstant for råstoffet.

Råstoff som blir benyttet varierer fra informant til informant og muligens også fra år til år. Informantene oppgir at blandingsved av gran, furu og bjørk er mest vanlig. De av informantene som selger ved, bruker ofte den dårligste veden som de ikke får solgt. Andre sparer god

bjørkeved til kalde perioder slik at de kan klare seg med ett tillegg mindre i døgnet. Etter anbefalinger fra blant annet Arne E. Fønhus, valgte jeg å bruke furuved som standard brensel i denne oppgaven. Furuved har en basisdensitet på 440 kg pr. fm³ som ligger mellom granved på 405 kg pr. fm³ og bjørk på 510 kg pr. fm³ (Hohle 2005).

4.2.2 Avskrivningstid

I følge Hohle (2005) bør en benytte seg av den økonomiske levetiden til et anlegg når en skal beregne avskrivningsperioden til et anlegg, noe som er gjort i denne oppgaven. Den økonomiske levetiden er ofte kortere enn den fysiske levetiden. Ny teknologi og slitasje utdaterer anlegget. I følge en dansk rapport fra Miljøministeriet (2007) om partikkelutslipp og reduksjonstiltak for ovner og små kjeler, setter de den tekniske levetiden på kjeler til 20 år. Ved hensiktsmessig fyring og korrekt installering av vedkjelen, er ofte levetiden over 20 år (Miljøministeriet 2007).

I følge Hohle (2005) er den økonomiske levetiden for en komplett varmesentral 20 år (se tabell 5). Enova benytter 15 års avskrivningstid i sine lønnsomhetsberegninger for å avgjøre støttesatsen til lokale energisentraler (Enova 2008b).

I følge Hohle (2005) har røranlegg en økonomisk levetid på 20 år. Automatikk, pumper og vifter i fyrrommet har derimot en kortere levetid på 10-15 år. Noen av vedfyringsanleggene jeg besøkte, hadde mindre detaljert informasjon når det gjaldt spesifisering av rørdeler og tekniske deler. Det har vært vanskelig å sette ulike avskrivningstider for de ulike delene. Derfor har det blitt benyttet en avskrivningstid på 20 år for alle deler som tilhører vedfyringsanlegget, utenom kulvertledningen hvor det har blitt benyttet 30 års avskrivningstid.

4.2.3 Kalkulasjonsrente

Hohle (2005) anbefaler å bruke en kalkulasjonsrente mellom 4-7 % for bioenergiprojekter. Enova satte i 2008 kalkulasjonsrenten til 8 % før skatt ved lønnsomhetsberegninger for lokale energisentraler (Enova 2008b). Bioenergiprogrammet til Innovasjon Norge følger de generelle retningslinjene til Innovasjon Norge for lønnsomhetsberegninger av prosjekter. Innovasjon Norge regner ut en internrente, og den bør være opp mot 7 % etter tilskudd (Innformant Innovasjon Norge 2008). Jeg har valgt å følge Innovasjon Norges bruk av kalkulasjonsrente på 7 % for å beregne de årlige kapitalkostnadene.

En høy kalkulasjonsrente fører til at nåverdi til et prosjekt blir mindre lønnsomt enn hvis det blir benyttet en lavere kalkulasjonsrente. For å kunne sammenlikne lønnsomheten med liknende prosjekter, må en bruke lik kalkulasjonsrente. Det er gjort følsomhetsanalyser med hensyn på ulikt valg av kalkulasjonsrente på 6-, 7- og 8 % for kapitalkostnadene.

4.3 Materialet

Utvelgelse av informanter ble basert på flere kriterier. Letingen etter anlegg ble først begrenset til Østlandet. Videre ble utvalget valgt ut fra tre ulike miljøer: anlegg anbefalt av leverandører, gårdsanlegg med støtte fra Innovasjon Norge og informasjonsrike personer, anbefalt av personer innen bioenergisektoren.

Det var nyttig å ha informanter fra ulike miljøer. På den måten fikk jeg fanget opp forskjellige innfalsvinkler for installering av vedfyringsanlegg.

Installert effekt ble i tillegg vektlagt ved utvelgelse av anleggene. Her ble fordelingen tredelt. En gruppe med installert effekt under 50 kW, en med installert effekt på 50 kW og siste gruppen med installert effekt på 70 kW. Fordelingen kunne vært noe mer jevnt fordelt, men det var viktigere for meg å nå informasjonsrike informanter enn å få jevn fordeling av installert effekt.

4.4 Resultat

Investeringskostnadene

Investeringskostnadene er delt opp i vedkjel, akkumulatortank, tekniske deler, rørleggerkostnader, slavetank og deler utenom fyrrommet og kulvertledningen.

De fleste av informantene hadde god oversikt over hva vedkjelen og akkumulatortanken kostet. Dette gjelder alle anleggene jeg besøkte. Tekniske deler som tilhører vedfyringsanlegget hadde de fleste også relativ god oversikt over. Komponentene til vedfyringsanlegget som er nevnt over, var ofte inkludert i det tilbudet leverandøren kom med. Flere av mine informanter skulle ønske de hadde større akkumulatortank slik at en kunne vært mer fleksibel på fyringen. Akkumulatortanken utgjør 12 og 13 % av de totale investeringskostnadene for henholdsvis

anleggstype 1 og 2. Akkumulatortanken utgjør en liten del av de totale investeringskostnadene. Det er derfor ikke å anbefale å installere en liten akkumulatortank.

Rørleggerkostnadene og elektrikerkostnadene var ikke like enkle å få oversikt over. Hos flere informanter hadde rørlegger gjort arbeid på vedfyringsanlegget og arbeid i huset samtidig. I disse tilfellene fikk ofte informantene en samlet regning. Rørleggerkostnadene som tilhører vedfyringsanlegget ble fordelt med hjelp av informant. De totale gjennomsnittlige rørleggerkostnadene ligger på kr 30 800, men variasjonene er store. Det er viktig å huske på at fyrrommene er ulike i utforming, og antall meter med rør i fyrrommene kan utgjøre en forskjell i rørleggerkostnadene. Anlegget med dyrest rørleggerkostnad hadde blant annet ekstra installasjon for rensing av eldre vannbårne rør. Dette anlegget er med på å dra opp gjennomsnittet for rørleggerkostnadene i anleggstype 2 som kun er representert med tre anlegg.

Elektrikerkostnadene har også store variasjoner. Gjennomsnittlig ligger de på kr 11 100, mens standardavviket er på kr 9 900. Prosentvis utgjør elektrikerkostnadene for anleggstype 1 og 2 henholdsvis 7- og 8 % av totalkostnadene. På de anleggene med svært lave elektrikerkostnader, har elektrikerer gjort minimal jobb med installering av vedfyringsanlegget. Noen av de anleggene med store elektrikerkostnader har mer tekniske styringssystemer enn de med lave elektrikerkostnader. Hos noen av informantene har elektriker gjort tilleggsarbeid i huset samtidig med installering av vedfyringsanlegget. Dette gjør at det også her har vært vanskelig å skille elektrikerkostnadene til vedkjelen fra resten av kostnadene til huset.

Med graving og legging av kulvertledningen har mange av mine informanter gjort mye arbeid selv. Dette arbeidet er verdsatt til kr 200 pr. time. Informanten har her anslått antall timer arbeid som har gått med.

De totale kapitalkostnadene ligger i gjennomsnitt for alle anleggene på 42 øre pr. kWh. De varierer fra 34 øre pr. kWh til 50 øre pr. kWh. Anleggstype 1 med kulvertledning har i gjennomsnitt lavere kapitalkostnader pr. kWh enn de vedfyringsanleggene som har fyrrommet i huset som varmes opp (anleggstype 2). En grunn til dette er at anleggstype 1 har høyere energiforbruk enn anleggstype 2 i gjennomsnitt.

Kapitalkostnadene baserer seg på regnskapstall og gode estimater, mens energiinnholdet i råstoffet er standardisert. Drifts- og vedlikeholdskostnadene er beregnet ut fra informantenes estimater på tidsbruk på fyring og vedlikehold. Jeg mener derfor at kapitalkostnadene er mer pålitelige i forhold til råstoffkostnadene og drifts- og vedlikeholdskostnadene.

Råstoffkostnadene

Kvaliteten på råstoffet til informantene varierer, og de vurderer verdien av råstoffet ulikt. Flere sier de fyrer med ”gratis ved”.

Jeg har satt en fast pris på råstoffet, og valgt å inkludere kostnadene for tømmeret og opparbeidingskostnadene for veden med i råstoffkostnadene. Opparbeiding av veden er et arbeid som må gjøres siden ingen av mine informanter kjøper ferdig kappet ved.

Tidsstudie gjort av Gjølshjøl og Kjøstelsen (2008) er gjort med en vedlengde på 30 cm. Om vedlengden øker vil en få høyere produktivitet pr. fm^3 . Derimot vil produktiviteten synke uten stokkstativ, samleband og kjerrat som var brukt i denne tidsstudien. Selv om produksjonsutstyret varierer fra informant til informant, mener jeg vedprisen på kr 259 pr. lm^3 er realistisk for prissetting på veden til mine informanter.

I tillegg til vedprisen beregnet ut i fra feltstudien til Gjølshjøl og Kjøstelsen (2008), ble det benyttet en vedpris på kr 415 pr. lm^3 , tatt fra en markedsundersøkelse gjort av Norsk Ved (2007). Vedprisen fra Norsk Ved (2007), gjør at råstoffkostnadene øker gjennomsnittlig med 16 øre pr. kWh i forhold å bruke vedprisen på kr 259 pr. lm^3 . Sett i forhold til tilskuddordningen, endring i nyttiggjort energibehov og endret valg av kalkulasjonsrente (se tabell 15 og 18), gir forskjellen i råstoffkostnadene størst utslag på den totale lønnsomheten. Råstoffkostnaden er derfor svært viktig for lønnsomheten til vedfyringsanleggene.

Drift og vedlikeholdskostnader

For å verdsette eget arbeid i forbindelse med fyring og vedlikehold, ble det benyttet en timepris på kr 200. Dette er den samme timeprisen Innovasjon Norge bruker for verdsetting av eget arbeid i sitt søknadsskjema for støtte til gårdswarmeanlegg (Bioenergiprogrammet 2008). Mange av informantene vil kanskje ikke ”ta seg betalt” for fyringen, men jeg mener dette arbeidet er viktige å ha med i lønnsomhetsberegning av vedkjelen. Sammenliknet med elektrisitet er vedkjel mer arbeidskrevende.

Det er stor variasjon i drifts- og vedlikeholdskostnadene, fra 8 til 39 øre pr. kWh.

Gjennomsnittet ligger på 22 øre pr. kWh.

Mange av informantene oppgir at de bruker 5 minutter pr. fyring, andre 10 eller 15. Dette gjør at drifts- og vedlikeholdskostnadene er større for enkelte anlegg. Det er verdt å merke seg at tidsbruken pr. fyring og vedlikehold av kjelen ikke er tidsstudier. Jeg har gått ut fra at den oppgitte tidsbruken på fyring og vedlikehold stemmer med virkeligheten.

Omregning av tidsbruk pr. fyring og vedlikehold til årlig antall timer kan også være en feilkilde. Hyppighet på fyring gjennom året er estimert via opplysninger fra informant. Totalt antall timer som går med til drift og vedlikehold av vedkjelen er estimert på grunnlag av dette.

Lønnsomhet for vedkjel

Sammenhengen mellom totale investeringskostnader i kr og nyttiggjort energi fra vedfyringsanlegget viser en lineær sammenheng for de åtte anleggene (se figur 16).

De anleggene som har høyt nyttiggjort energiforbruk fra vedfyringsanlegget, har høyere investeringskostnader enn de anleggene med lavere nyttiggjort energiforbruk.

Nyttiggjort energi i anleggene kan midlertidig ikke øke alt for mye før en må investere i en kjele med større effekt og en større akkumulatortank. Investeringskostnadene i kr vil derfor ha små sprangvise økninger.

De anleggene med lavest investeringskostnader i kr, er ikke de samme anleggene som har lavest investeringskostnader pr. kWh. Investeringskostnadene kan bli sett på som faste kostnader, og de blir derfor lavere pr. kWh om nyttiggjort energiforbruk fra vedfyringsanlegget øker. Figur 17 viser at det er en lineær sammenheng mellom investeringskostnader pr. kWh og størrelsen på nyttiggjort energi fra vedfyringsanlegget.

Energiforbruket ser ut til å være viktig for den totale lønnsomheten til anleggene.

Råstoffkostnadene og drifts- og vedlikeholdskostnadene kan sees på som variable kostnader og forblir uendret pr. kWh hvis nyttiggjort energiforbruk økes eller reduseres. Det er kun de faste kapitalkostnadene som blir endret pr. kWh hvis nyttiggjort energiforbruk fra vedfyringsanlegget forandres.

De gjennomsnittlige totale kostnadene for vedkjel beregnet ut fra de åtte anleggene ligger på 91 øre pr. kWh. De totale kostnadene for flisfyring ligger i gjennomsnitt på 50 øre pr. kWh, beregnet med 7 % kalkulasjonsrente (Fønhus 2007).

Gjennomsnittlig strømpris i 2007 lå på 51,5 øre pr. kWh (SSB 2008g), men strømprisene varierer gjennom året (se figur 13). I vinterhalvåret når energibehovet er størst blir differansen mellom vedkjel og strøm mindre.

Ut fra de totale kostnadene er ikke vedfyringsanleggene lønnsomme sammenliknet med flisfyring og elektrisitet.

Brukererfaringer

Mange av informantene tok et valg om hvordan de skulle varme opp huset i forbindelse med nybygging eller renovering. Noen av informantene hadde oljekjel som var klar for utskifting. Andre var ikke tilfreds med den daværende oppvarmingsmåten.

De fleste av informantene hadde et ønske om å redusere energiutgiftene. Tilgang på egen ved og utstyr for produksjon av ved, ser ut til å være to avgjørende faktorer for at informantene valgte å installere nettopp vedkjel.

De fleste vurderte tilbudet på vedkjel opp mot andre oppvarmingsløsninger. Mange informanter vurderte flisfyring siden de har egen skog, men gikk ikke for denne løsningen grunnet lavt energibehov, større investeringskostnader og ikke mulighet til å flise flisa selv. Antall investerte kr pr. installert effekt på flisfyring ligger på ca kr 1 300 over gjennomsnittet for investeringskostnadene på vedkjel. Det virker som at det er en riktig beslutning av mine informanter å velge vedfyring framfor flisfyring når en ser på energibehovet til den enkelte. Kapitalkostnadene ville blitt dyrere pr. kWh ved valg av flisfyringsanlegg.

Flere informanter opplevde at budsjettet sprakk i forbindelse med rørlegger- eller elektrikerarbeidet. Rørleggerarbeidet og elektrikerarbeidet var for de fleste ikke inkludert i pristilbudet fra leverandøren. Informantene har fått dårlige prisoverslag. Rørleggerarbeidet ser ut til å være det største usikkerhetsmomentet i investeringen.

Mange av informantene har løst vedhåndteringen på en enkel og god måte. Det er viktig å gjøre det på en enkel måte med en gang. Noen lagrer veden ute, andre har plass til alt eller deler av veden under tak. Flere av informantene skulle ønske de hadde alt eller større deler av vedlageret under tak. Det er viktig å tenke på hvor en skal ha vedlageret om vinteren.

Få omstablinger av veden gjør at en kan redusere tidsbruken ved vedhåndteringen. De fleste informantene er fornøyd med akkumulatortanken, men skulle ønske at den var litt større for å kunne være mer fleksibel med fyringen. Noen nevner at de synes det er viktig å kunne fyre med fulle ilegg.

5 Konklusjon

Det er verdt å merke seg at alle beløp i denne masteroppgaven er uten mva.

Hvor store er de totale investeringskostnadene for et vedfyringsanlegg?

- Totale gjennomsnittlige investeringskostnader for alle anleggene ligger på kr 152 000.
- De totale gjennomsnittlige investeringskostnader pr. installert effekt, ligger på kr 3 400 pr. kW.

Hvor lønnsomt er vedfyringsanlegg sammenliknet med elektrisitet og flisfyringsanlegg?

- Gjennomsnittlige totale kostnader ligger på 91 øre pr. kWh. De totale kostnadene består av kapitalkostnaden 42 øre pr. kWh, råstoffkostnaden 26 øre pr. kWh og drifts- og vedlikeholdskostnadene på 23 øre pr. kWh.
- Tilskudd på kr 20 000 fra Innovasjon Norge, forbedrer den totale lønnsomheten på vedfyringsanleggene i gjennomsnitt med 6 øre pr. kWh.
- Øker energibehovet med 5 000 kWh utover opprinnelig anslag, blir lønnsomheten forbedret i gjennomsnitt med 6 øre pr. kWh. Er energibehovet 5 000 kWh lavere enn antatt, reduseres lønnsomheten i gjennomsnitt med 8 øre pr. kWh.
- Anlegg med større energibehov har større mulighet til å få bedre lønnsomhet pr. kWh på grunn av at de faste kapitalkostnadene blir mindre pr. kWh med økende energibehov.
- Råstoffprisen har stor innvirkning på lønnsomheten. Råstoffkostnadene endrer seg fra 26 øre pr. kWh til 42 øre pr. kWh ved å endre råstoffprisen fra kr 259 pr. lm^3 til kr 415 pr. lm^3 .
- Sammenliknet med en gjennomsnittlig strømpris på 51 øre pr. kWh i 2007, er ikke vedfyringsanlegg lønnsomt slik prisnivået på strøm er i dag (SSB 2008g).
- Flisfyring har i gjennomsnitt totale kostnader på 50 øre pr. kWh (Fønhus 2007), og har bedre lønnsomhet enn vedfyringsanlegg.
- Hvis en kun ser på kapitalkostnadene, har vedfyringsanlegg en gjennomsnittlig kostnad på 42 øre pr. kWh. Mange informanter vurderte kun dette ved installering, og vedfyringsanlegget er da lønnsomt i forhold til strøm. Råstoffkostnadene og drifts- og vedlikeholdskostnadene blir ikke sett på som en kostnad.

Hvilke faktorer er avgjørende for valg av vedkjel som oppvarmingsalternativ?

- Tilgang på råstoff fra egen skog.
- Tilgang på utstyr for vedproduksjon.
- Erfaring med produksjon og salg av ved som en del av driften på gården.
- Redusere energiutgiftene, økende strømpris.

Hva er hovedutfordringene knyttet til installering av vedfyringsanlegg?

- Det er spesielt viktig å få tak i fagfolk som har erfaring med å installere vedkjel. På den måten kan en få mer korrekte prisoverslag, raskere installering og kanskje et billigere anlegg.

Er det noen gjennomgående forbedringspotensialer i anleggene?

- Flere av informantene skulle ønske at de hadde alt eller mer av veden under tak.
- De fleste er fornøyd med akkumulatortanken, men noen av informantene skulle ønske at den var litt større selv om den i utgangspunktet var stor nok. Dette for å kunne være mer fleksibel med fyringen.

Hvilke momenter er viktig å huske på i planleggingsfasen og under installeringen av anlegget?

- Være nøye med å beregne energibehovet i huset(ene) som skal varmes opp. På den måten kan en bedre tilpasse og beregne størrelsen på vedkjel og akkumulatortank.
- Det er viktig å planlegge vedhåndtering og lagring av veden slik at den daglige driften av anlegget blir så enkelt og rasjonelt som mulig.
- Planlegg god plass i fyrrommet.
- Få tilbud fra flere leverandører slik at en kan sammenlikne ulike tilbud og løsninger.
- Det er viktig å skriv kontrakt med leverandør, rørlegger og elektriker som sier noe om deres forpliktelser ved overskrideleser av tid og kostnader i forhold til anbudet.

6 Litteraturliste

Acaso AB. (2008). Produktblad. Tilgjengelig fra:

[http://www.acaso.se/svensk/produktblad/TERMOVAR%20ladd-paket%20\(SE\)%200505.pdf](http://www.acaso.se/svensk/produktblad/TERMOVAR%20ladd-paket%20(SE)%200505.pdf) (lest 12.08. 2008).

Äfab. (2008). Nyttige artikler om vedkjeler og akkumulatortanker. Tilgjengelig fra:

<http://www.afabinfo.com/artikar.asp> (lest 31.07. 2008).

Baxi. (2008). Produktkatalog 2008. Tilgjengelig fra: [http://www.baxi.se/UppladdadeFiler](http://www.baxi.se/UppladdadeFiler%5Cproduktkatalog%5CBaxi_kat_2008%20%20komplett%20l%E5guppl%F6st.pdf)

[%5Cproduktkatalog%5CBaxi_kat_2008%20%20komplett%20l%E5guppl%F6st.pdf](http://www.baxi.se/UppladdadeFiler%5Cproduktkatalog%5CBaxi_kat_2008%20%20komplett%20l%E5guppl%F6st.pdf) (lest 31.07. 2008).

BHM. (2008). Biobränsle- Hälsa- Miljö. Tilgjengelig fra:

<http://www.itm.su.se/bhm/rapporter.html> (lest 21.05. 2008).

Bioenergi i Norge. (2007). Bioenergi i Norge – markeder, potensialer og virkemidler.

Østlandsforskning. Tilgjengelig fra:

<http://www.ostforsk.no/rapport/pdf/172007.pdf> (lest 03.07. 2008).

Bioenergiprogrammet. (2008). Retningslinjer for saksbehandling og tildeling av tilskudd 2008, Innovasjon Norge. Tilgjengelig fra:

http://www.innovasjonnorge.no/Landbruk_fs/Bioenergiprogrammet/Retningslinjer%20for%20%20bioenergiprogrammet%20feb%202008%20.pdf (lest 08.07. 2008).

Bioenergistrategien. (2008). Strategi for økt utbygging av bioenergi. Olje- og energidepartementet. Tilgjengelig fra:

<http://www.regjeringen.no/upload/OED/Bioenergistrategien2008w.pdf> (lest 13.08. 2008).

Bolkesjø, T. F., Solberg, B., Trømborg, E. (2007). Skogbasert bioenergi til oppvarming- økonomisk potensiale i Norge og effekt av økonomisk virkemidler. INA-fagrapport 9. Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås.

Energimyndigheten. (2003). Småskalig vedeldning- Energimyndighetens analys och forslag till åtgärder. Tilgjengelig fra:

http://www.miljomal.nu/vem_gor_vad/protokoll/2003/2003_11_25/dokument/vedeldning.pdf

(lest 22.05. 2008).

Energimyndigheten. (2006). Fletsudie av metan och viktiga komponenter från vedpannor, Emissionsklusteret-Biobränsle Hälsa Miljö. Energimyndighetsprosjekt nr 21826-1, 21826-2 och avtal 503 0403 på Naturvårdsverket. Tilgjengelig fra:

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Siteseecker/?quicksearchquery=21826-1> (lest 14.08.

2008).

Energirapporten. (2008). Tekniske Nyheter DA. Årgang 5, nr 22.

Enova. (2008a). Tilgjengelig fra:

<http://www.enova.no> (lest 07.07. 2008).

Enova. (2008b). Program for lokale energisentraler. Tilgjengelig fra:

<http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=333> (lest 29.07. 2008).

Fønhus A. (2007). Kostnader og brukererfaringer fra et utvalg av mindre flisfyringsanlegg i Norge. Masteroppgave. Ås, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for naturforvaltning. 59 s. Tilgjengelig fra:

<http://www.umb.no/ina/studier/moppgaver/2007-Fonhus.pdf> (lest 08.07. 2008).

Gjølshjøl, S., Kjøstelsen, L.(2008). Er det penger å tjene på vedproduksjon?, Norsk institutt for skog og landskap. (e-post til Una Glende Janson 20.07. 2008)

Gårdsvarmeanlegg- en byggeveileder. (2006). Innovasjon Norge. Tilgjengelig fra:

http://www.innovasjon Norge.no/Landbruk_fs/Bioenergiprogrammet/gardsvarmeanlegg_veileder.pdf (lest 23.7 2008).

Hoff, G. (2003). Grunnleggende bedriftsøkonomisk analyse. 4.utg. Otta, Universitetsforlaget 508 s.

Hohle, Eide E.(red.). (2005). Bioenergi- miljø, teknikk og marked. Brandbu, Energigården. 390s.

Huberman, A.M., Miles M.B. (1994). Qualitive data analysis: an expandend sourcebook (2.utg.). Thousand Oaks, London, New Dehli, Sage pubilications. 338 s.

Innovasjon Norge. (2008a). Tilskudd. (e-post til Una Glende Janson 29.01.2008).

Innovasjon Norge. (2008a). Tilgjengelig fra:

http://www.innovasjonnorge.no/Landbruk_fs/Gårdsanlegg.doc (lest 17.6 2008).

Löfgren, Bengt- Erik. (2003). Det finns många sätt att koppla ackumulatortankar.Äfab.

Tilgjengelig fra:

http://www.afabinfo.com/pdf_doc/faktablad/artkoppl1.pdf (lest 23.07. 2008).

Miljøministeriet. (2007). Brændeovner og små kedler. Miljøprosjekt nr:1165. Tilgjengelig fra:

<http://www.mst.dk>

Miljøstatus i Norge. (2008). Statens forurensingstilsyn. Tilgjengelig fra:

<http://miljostatus.no/Tema/Klima/> (lest 07.07. 2008).

Norsk Ved. (2007). Markedsundersøkelse. Norsk Ved, nr 3. Tilgjengelig fra:

<http://www.norskved.no/docload.asp?popup=yes&session=&segment=6&src=283> (lest 04.07. 2008).

Norsk Ved. (2008a). Målenheter for ved. Tilgjengelig fra:

<http://www.norskved.no/comweb.asp?segment=1&ID=31> (lest 04.06. 2008).

Norsk Ved. (2008b). Prisliste Norsk Ved 2008. Tilgjengelig fra:

<http://www.norskved.no/docload.asp?popup=yes&session=&segment=6&src=344> (lest 21.07. 2008).

Norsk Ved. (2008c). Utdrag fra NS 4414. Tilgjengelig fra:

<http://www.norskved.no/comweb.asp?segment=1&ID=18> (lest 03.06. 2008).

NVE. (2007). Norges vassdrags- og energidirektorat. Årsrapport 2007. 44 s. Tilgjengelig fra:

http://www.nve.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=11670 (lest 13.08. 2008).

Ryen, A. (2002a). Det kvalitative intervjuet, fra vitenskapsteori til feltarbeid. Bergen, Fagbokforlaget. 317 s.

Ryen, A. (2002b). Det kvalitative intervjuet, fra vitenskapsteori til feltarbeid I: Hellvik, O. (1980). Forskningsmetode i sosiologi og statsvitenskap. Oslo, Universitetsforlaget.

Ryen, A. (2002c). Det kvalitative intervjuet, fra vitenskapsteori til feltarbeid I: Miles, M. B. og A. M. Huberman (1984). Qualitative data analysis: a source book of new methods (1. utg.). Sage, Beverly Hills, Calif.

Ryen, A. (2002d). Det kvalitative intervjuet, fra vitenskapsteori til feltarbeid I: Trost, J. (1989). Om å forstå hverdagen: med et symbolsk interaksjonistisk perspektiv. Oslo, Tano.

SP. (2008). Boilers, burners and stoves tested according to the National board of housing, building and planning. Sveriges tekniska forskningsinstitut. Tilgjengelig fra: <http://www.sp.se/en/index/services/pannor/Sidor/pannor.aspx> (lest 21.05 2008).

SSB. (2008a). Årlig tilvekst under bark. Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/lst/fig-2007-08-28-01.html> (lest 03.07. 2008).

SSB. (2008b). Utvikling i klimagassutslippenen 1990-2007 og utslippskvote 2008-2012. Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/emner/01/04/10/klimagassn/> (lest 03.07. 2008).

SSB. (2008c). Utslipp av klimagasser i Norge. Rapporter 2008/17. Tilgjengelig fra: http://www.ssb.no/emner/01/04/10/rapp_200817/rapp_200817.pdf (lest 03.07. 2008).

SSB. (2008d). Konsumprisindeks. Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra:

<http://www.ssb.no/kpi/tab-01.html> (lest 02.06. 2008).

SSB. (2008e). Utvalgte norske rentesatser. Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra:

<http://www.ssb.no/maanedshefte/dell/ki08011n.shtml> (lest 26.03. 2008).

SSB. (2008f). Utvikling i priser på fyringsolje, elektrisitet og parafin. Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra:

<http://www.ssb.no/energiregn/fig-2008-04-09-02.html> (lest 26.03. 2008).

SSB. (2008g). Kraftpris og nettleie for husholdninger. Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra: 4.

<http://www.ssb.no/elkraftpris/tab-2008-07-03-02.html> (lest 04.08. 2008).

SSB. (2008 h). Kvartalsvise endringer i kraftprisen. Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra:

<http://www.ssb.no/emner/10/08/10/elkraftpris/> (lest 09.08. 2008).

Termoventiler. (2008). Produktkatalog. Tilgjengelig fra:

http://www.termoventiler.se/upload/dokument_PDF/Produktkatalog.pdf (lest 12.08. 2008).

Treteknisk håndbok. (1999). Oslo, Norsk Treteknisk institutt 2.utgave. 291 s.

Vedsol AB. (2008). Tilgjengelig fra: <http://www.vedsol.net/uploads/arca90.pdf> (lest 31.07. 2008).

Veien til biovarme. (2004). Veien til biovarme- manual for produksjon av ferdigvarme fra biobrensel. Norsk bioenergiforening. Tilgjengelig fra:

<http://www.nobio.no/images/stories/Veien%20til%20biovarme.pdf> (lest 23.07. 2008).

Viken Skog. (2008). Tømmerpriser. Tilgjengelig fra:

http://viken.skog.no/publikasjoner/Dokumenter/2008-05-15_Tømmerpriser2008.pdf (lest 23.06. 2008)

Vedlegg 1

Intervjuguiden

Bakgrunnsinformasjon:

Beliggenhet

I hvilket fylke ligger anlegget?

Kontaktperson

Navn:

Telefon:

Historie bak anlegget:

- Hvordan ble huset/ene varmet opp før:
- Når fyrte dere opp anlegget for første gang?
- Hva blir varmet opp?

Informasjon om anlegget:

Merke på kjelen?	
Effekt(kW)?	
Oppgitt virkningsgrad?	
Liter på brennkammeret?	
Hvor er kjelen plassert:	
Modulerende eller start/stopp forbrenning på kjelen?	
Lengde på veden	
Lengde på brennkammeret	

Akkumulatorrankens størrelse? (liter)	
Varmtvannstankens størrelse? Innebygd?	
Har du slavetank? Eventuelt hvor mange?	
Hvor mange liter	
Hvordan fordeles varmen? Gulvvarme/ radiatorer/ varmluft?	
Hva varmes opp i dag?	
Hvor mange m² er det?	
Er kjelen og akkumulatortanken beregnet ut i fra m² som varmes opp i dag?	
Årlig varmebehov for nåværende m²?	
Er det planlagt å utvide oppvarmet areal med den kjelen og akkumulatortanken som dere har i dag?	
Hvis ja/ hvor mye?	
Ekspansjonstank: åpen/lukket	

Tidsbruk:

Hvor lang er fyringssesongen?	
Hvordan varmer du opp forbruksvannet utenom fyringssesongen?	
Hvor ofte fyrer du? Hvor mange fulle ilegg? <i>Rundt 0°C</i> <i>Minus 10°C</i>	
Hvor lang tid bruker du per fyring? Hvordan er fyringsrutinene?	

Feiing:

Hvor ofte blir det feid?	
Hvor lang tid bruker du når feier?	
Hvor ofte tar du ut aska?	
Hvor lang tid bruker å ta ut aska?	

Råstoff:

Treslag?	
Fordeling?	
Hvor får du råstoffet fra?	
Årlig vedforbruk?	

Hva er det årlige forbruket av ved? NB!

- (Favn: $4\text{m} \times 0.6\text{m} \times 1\text{m} = 2.4 \text{ lm}^3$ ca 1.6 fm^3)-
- (Storsekk 1500 liter = Hydropall($105\text{cm} \times 130\text{cm}$) = 1.5 lm^3)
- (Storsekk 1000 liter= Europall($120\text{cm} \times 80\text{cm}$) = 1 lm^3)

Økonomi:

Investeringskostnader i fyrrommet utenom rørdeler, rørleggerarbeid, elektrikerarbeid og deler:

HVA	med mva.	uten mva.
Vedkjelen		
Akkumulatortanken		
Ekspansjonstank		
Tekniske installasjoner		
Eksempel:		
Shunter		
Elkolbe		
Temperatur følere		
Sum		

Andre installasjoner (utenom fyrrommet):

Hva	med mva.	uten mva.
Slavetanker		
Varmtvannsbereder		
Kulvertledning		

Rørleggerkostnader:

Rørleggerkostnader	med mva.	uten mva.
Sum kostnader rørdeler:		
Sum kostnader rørleggerarbeidet:		
Sum rørleggerkostnader som tilhørere vedfyringsanlegget		

Kommentarer/ info:

Elektrikerkostnader:

Elektrikerkostnader i	Med mva	Uten mva
fyrrommet		
Deler		
Arbeid		
Annet:		
Sum elektrikerkostnader i		
Fyrrommet:		

Eventuelt forklaring til elektrikerkostnadene:

Brukererfaringer installering:

Hva var avgjørende for at du valgte å installere en vedkjel?

Hvilke andre oppvarmingsalternativer vurderte du?

Har du forslag til forbedringer på det nåværende anlegget?:

Nevn to ting du ville ha gjort annerledes ved installeringen av anlegget på ny?

Hvis du skulle installert anlegg igjen, hvilken varmeløsning ville du gått for da?

Fornøyd med dimensjonering av akkumulatortanken?

Sprekk i forhold til budsjetteringen?

Brukererfaringer vedhåndtering:

Nevn to ting du er har gjort bra med vedhåndteringen:

Nevn to ting du ikke er fornøyd med vedhåndteringen:

Hva ville du ha gjort annerledes med opplegget rundt vedhåndteringen hvis du ville ha gjort det på nye?

Brukerfaringer rørleggeren:

Fikk du inntrykk av rørleggeren hadde tilstrekkelig kunnskap til å installere vedkjelen?

Fornøyd med rørleggerarbeidet? Hvis ikke, hvorfor?

Andre erfaringer/ kommentarer:

Har du noen andre erfaringer eller kommentarer?

Tegn skisse over fyrrommet med vedhåndtering: