



NORSK GARTNERFORBUND

PROSJEKT FOR INNSAMLING AV
ERFARINGER OG DRIFTSDATA FRA
PILOTANLEGG BIOBRENSEL OG
VARMEPUMPER I VEKSTHUS.

SLUTTRAPPORT

OSLO 30. SEPTEMBER 2011

BAKGRUNN

LMD øremerket 10 mill kr i 2007 utover ordinær finansiering til etablering av bioenergianlegg i veksthusnæringen. For å utnytte disse midlene på en best mulig måte opprettet LMD en arbeidsgruppe som lagde rapporten "Anbefalinger til økt bioenergisatsing innenfor veksthusnæringa.", ferdigstilt mars 2007. Rapporten foreslår at "Det etableres et prosjekt for innsamling av erfaringer og driftsdata fra pilotanleggene. Dette arbeidet foreslås finansiert 100% av IN, men begrenses oppad til 1 mill. kroner. Utformingen av dette arbeidet må gjøres i samarbeid med kompetent fagmiljø."

NGF søkte Innovasjon Norge om støtte til et treårig prosjekt og den 23.4.2008 ble det innvilget 950 000 kroner i støtte til prosjektet. Under arbeidet ble det i samarbeid mellom partene og Enova, enighet om at også varmpumper skulle trekkes inn i prosjektet.

Den 7. juni 2010 ga Innovasjon Norge tilsagn om forlengelse av prosjektet og ytterligere 381 000 kroner i støtte.

Ny arbeidsfrist for prosjektet ble satt til 1. juli 2011. I brev av 8. juni 2011 ble fristen ytterligere forlenget til utgangen av september. For de tre siste anleggene som kom med i prosjektet er fristen satt til 31.12.2012.

NGF samarbeider med Institutt for Skog og Landskap om datainnsamling og vurderinger av biobrenselanleggene.

1 BEDRIFTENE

Etter at prosjektet ble godkjent og fikk tildelt støtte, startet arbeidet med å velge ut pilotanlegg og montere nødvendig utstyr. Det ble inngått avtale med 9 gartnerier høsten 2008 om deltakelse i prosjektet. Det ble valgt gartnerier som best mulig viser ulike teknologier og som er plassert i ulike geografiske områder.

- 1 **Kjærnsrød Gartneri AS, Østfold:**
Flisfyring 1000 kW, returflis
Registreringer pågått siden desember 2008.
Helårsproduksjon av blomster. Lys
- 2 **Ragnvald Vaage, Sunde i Hordaland.**
Flisfyring 2 x 300 kW, kjøpt og egenprodusert flis
Registreringer pågått siden januar 2009
Sesongproduksjon av agurk og tomat uten lys.
- 3 **Laanke gartneri, Stjørdal.**
Flisfyr i container, 220 kW, kjøpt og egenprodusert flis
Registreringer pågått siden desember 2008.
Produksjon av blomster med vekt på salg vår og jul. Lys
- 4 **Hauer Gård og Gartneri, Drøbak .**
Automatisk halmfyr 850 kW, samler selv halm.
Registreringer pågått siden januar 2009

Helårsproduksjon av blomster. Lys

- 5 **Guren Gartneri AS, Rygge**
Varmepumpe 300 kW
Registreringer pågått siden desember 2008
Sesongproduksjon av agurk og noe blomster. Litt lys.
- 6 **De Haes Gartneri, Jevnaker.**
Flisfyr 725 kW, skogsflis.
Helårsproduksjon av grønne planter. Lys
- 7 **Ekra Gartneri , Leira i Trøndelag**
Varmepumpe 147 kW
Helårsproduksjon av blomster. Lys
- 8 **Hanevold Gartneir, Asker**
Varmepumpe 66 kW
Helårsproduksjon av blomster. Lys
- 9 **Drivstua Gartneri, Trondheim**
Varmepumpe, luft til vann, 160 kW
Helårsproduksjon av blomster. Lys

Etter utvidelsen av prosjektet ble ytterligere tre gartnerier med i prosjektet

- 1 **Gjennestad Gartneriskole, Stokke i Vestfold**
flisfyr 1500 kW, gassifisering av flis. Anlegget ferdig mars 2009. Allsidig produksjon av blomster og krydder. Lys
- 2 **Sandaker Gartneri , Lier**
Anlegg for brenning av hestemøkk / Flis 1000 kW.
Helårsproduksjon av agurk og salat. Lys
- 3 **Daljit Gartneri , Geithus**
Borehullsvarmepumpe 120 kW. Målinger av leveransen fra januar 2010.
Produksjon av potteplanter, hagesenter. Lys

Rapport for disse siste avgis i løpet av 2012

2 AKTIVITET

2.1 INNSAMLING AV DATA

2.1.1 ENERGI MÅLERE

Vi skaffet tilbud fra Kamstrup og Nordisk Energikontroll på målere og Kamstrup leverte de fleste målerne. Inst for Skog og Landskap har utstyr for å tømme målerne for elektronisk lagrede data. På grunn av rørleggers preferanser er det også satt inn målere fra Siemens og Brunata i et par av anleggene. Hos Ragnvald Vaage er det satt inn gassmengdemåler.

Det har vært tilstrekkelig med en måler pr gartneri. Spisslast har stort sett vært el med egen måler. Olje har vært brukt så lite at dette er blitt registret manuelt eller beregnet ut fra timeteller på hvert brennertrinn.

2.1.2 INNSAMLINGSRUTINER

I prosjektforberedelsene ble det ytre ønske om automatisk avlesning av energimålere. Det ble ikke godkjent og det har vist seg at manuell avlesning skaper engasjement og gjør at brukerne må følge med i større grad. Imidlertid ser vi at hvis det nå, ved avslutning av prosjektet, hadde stått automatiske målere i disse anleggene hadde det vært enklere å fortsette oppfølgingen.

Høsten 2008 ble det utarbeidet regneark for hvert enkelt gartneri med plass for ukentlig registrering av målerstand for alle aktuelle energibærere, også for lys.

Gartnerne har manuelt lest av alle målerne hver mandag morgen i prosjektperioden. Noen gartnerne skrev selv inn tallene i regnearket andre sendte bare tall pr epost. Felles var at prosjektleder fikk inn måleravlesninger fra alle hver uke og dermed kunne følge opp avlesningene. Det var behov for justeringer og korreksjoner både av rutiner og formler for beregning.

2009		-----Måleravlesning-----				Lys 230V	Lys 400V	Hovedabb	
Navn:		Biokjel	Oljekjel	EI_1	EI_2	inng 2	inng3	Inng1	
Kjærnsrød		Kamstrup	Justsen	Teller	ØE136	ØE1459	ØE 211	ØE 1464	ØE6214
uke		MWh	timer	liter	bio	Lys	kWh	kWh	
29.des		541,90	963	1,0	9 007,4	26 161,9	65 033,9	35 601,5	18 700,2
05.jan	2	678,70	1 131	1,0	9 019,7	26 241,2	65 063,4	35 674,4	18 744,7
12.jan	3	785,50	1 297	1,0	9 029,8	26 341,2	65 097,0	35 769,2	18 789,2
19.jan	4	887,70	1 467	1,0	9 040,1	26 438,9	65 134,5	35 885,9	18 836,1
27.jan	5	994,60	1 660	1,0	9 050,6	26 554,5	65 180,8	36 031,0	18 886,4
02.feb	6	1 075,86	1 799	1,0	9 058,6	26 593,5	65 216,8	36 133,2	18 963,1
09.feb	7	1 183,70	1 971	300,0	9 069,3	26 746,5	65 274,8	36 265,3	18 967,2

Figur 1 Eksempel på skjema med registrerte målerverdier

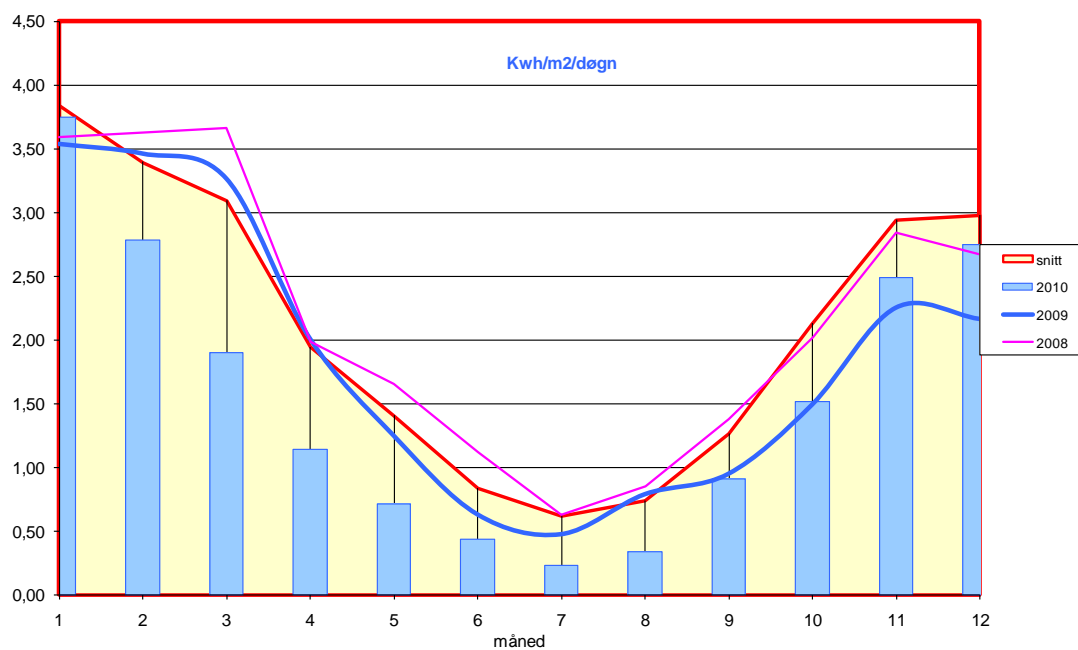
I samme skjema ble det også laget rutiner for registrering av flisfylling og fakturaverdier for strøm.

Ved etablering av rutiner for avlesning var det nødvendig med et eller to besøk i gartneriet for å få klarlagt hvilke målere som måler hva og målerfaktoren for hver enkelt elmåler.

Hvert enkelt gartneri fikk mulighet for kontinuerlig oppdaterte resultat i de utleverte regneark. Et par eksempler på nyttige skjermbilder vises her.

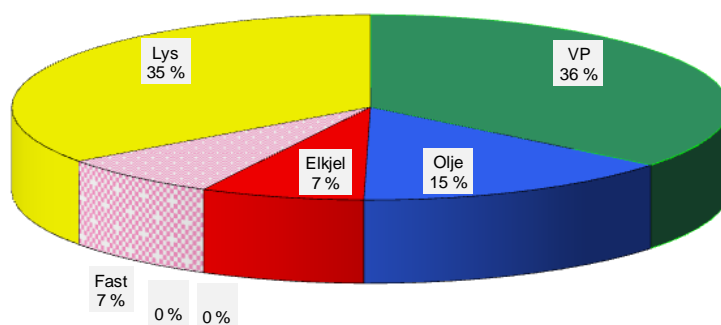
Sum forbruk hittil i år:					
	kWh	Andel	kr	Andel	øre/kWh
Biobrensel/Varmepumpe	444 620	36 %	88 580	17 %	19,9
Olje	180 776	15 %	76 314	14 %	42,2
Elkjel	91 874	7 %	56 091	11 %	61,1
Lys	434 200	35 %	241 276	46 %	55,6
Fastkraft	91 960	7 %	67 433	13 %	73,3
Totalt	1 243 430		529 694		42,6

Figur 2: Eksempel på skjermbilde med summert forbruk



Figur 3: Eksempel på skjermbilde med forbruk månedsvis

Energifordeling



Figur 4: Eksempel på fordeling pr energibærer

Ved at deltakerne kunne følge med på energiforbruket uke for uke tror vi at engasjementet og nytten av prosjektet ble større enn om alle registreringer kun ble ført av prosjektleder.

Energimålerne har stort sett fungert bra. I et enkelt gartneri stoppet måleren i en lengre periode. I hovedsak har en benyttet løpende målerstand for energimengde. Ved avsluttende besøk i biobrenselanleggene vil måleverdiene bli elektronisk overført og lagret slik at en eventuelt i ettertid kan analysere driften nærmere. I startfasen var det en fordel at måleren ble avlest manuelt. Det ga et nødvendig engasjement fra brukeren.

2.2 SAMLINGER OG MØTER

Alle eiere av pilotanleggene har vært samlet til heldagsmøter.

2.2.1 DEN 25. NOVEMBER 2008

var deltakerne samlet til møte på institutt for Skog og Landskap på Ås. Arne Bardalen orienterte om instituttet og bioenergisatsingen på Ås. Frode Ringsevjen, Bioforsk holdt foredrag om ”Hvordan oppnå optimal økonomisk gevinst; plantenes respons på varme og lys. Kan vi redusere bruk av tilleggslys? ” Simen Gjølvsjø snakket om praktisk gjennomføring; installering av måler, avlesninger, flisprøver, veiing med mer. Anders Sand fortalte om energioppfølgingssystem, skjema for avlesning, timelister.

2.2.2 3. SEPTEMBER 2009, RYGGE

Vi besøkte Guren gartneri og Kubberød gartneri med etterfølgende møte på Rygge hotell. På befaringene ble det orientert om bruk av varmepumper. Hallstein Aase orienterte om erfaringer fra flisfyringsanlegget han har brukt på sitt gartneri i en 10-års-periode. Pilotene delte sine erfaringer så langt i prosjektet.

2.2.3 14 SEPTEMBER 2010 ; DALJIT GARTNERI AS OG SANDAKER GARTNERI AS

På befaringen ble det orientert om bruk av hestemøkk og flis i biokjelen. Innblandingsforhold, kvaliteter var noen av utfordringene. Styringssystem og regulering av varmeoverføring via buffertank ble det også orientert om i Sandaker gartneri. Daljit orienterte om installasjon og valg av grunnvarmepumpe i nyoppført veksthusanlegg. Anders Sand viste foreløpige resultat fra de ni første gartneriene. En diskuterte ulike fyringsstrategier som er valgt ut fra valg av varmekilde.

2.2.4 28. JUNI 2011 TRØNDELAGE

Laanke gartneri, Drivstua gartneri og Ekra Gartneri

Vi besøkte Laanke gartneri som har valgt en biokjele i konteiner, plassert et stykke unna veksthusanlegget for å holde flislager og transport unna butikken som er knyttet til veksthusanlegget. Befaringen i de to anleggene med varmepumper har også tatt hensyn til plassering i forhold til butikk, støy og plassbegrensninger. Vi gjennomgikk oppdaterte resultater og kommenterte variasjon mellom totalforbruket i de ulike gartneriene og andel varme fra varmepumpe eller biobrensel. Det ble også vist gangtid for anleggene og kommentert konsekvensen for lønnsomhet.

Ny standard for fliskvalitet ble presentert.

2.3 BESØK OG DEMONSTRASJONER

Gartneriene forpliktet seg gjennom deltakelse i prosjektet til å ta i mot besøk og vise fram anlegget sitt og fortelle om sine erfaringer til interesserte tilknyttet næringen.

Alle har hatt et eller flere besøk av lokale gartnerlag, politikere, aviser og interesserte gartnere. Vi er overbevist om at pilotanleggene har vært meget viktig for å inspirere og gi gode råd til de som vurderer å investere i lignende teknologi. Noen av pilotgartnerne har fungerte som konsulenter på vegne av utstyrsleverandør fordi de har skaffet seg en unik erfaring.

Energiminister Ola Borten Moe og Envoas direktør Nils Kristian Nakstad har besøkt Ekra Gartneri v/ Magnus Bredeli

Landbruks- og matminister Lars Peder Brekk har besøkt Laanke Gartneri.

I tillegg har flere politikere og saksbehandlere fra ulike departement vært på besøk og fått orientering om anleggene både hos Kjærnsrød gartneri og Sandaker gartneri.

Deltakelse på energiseminarer. Pilotgartnerne har i NGFs årlige energiseminar orientert om sine erfaringer fra bruk av alternative energikilder. I tillegg har det blitt lagt fram konkrete investerings- og energikostnader fra de enkelte anlegg. Dette har vært godt mottatt av gartnere som vurderer å investere i nye varmeanlegg.

2.4 BEFARING OG INNSAMLING AV FLISPRØVER

Institutt for skog og landskap har hatt ansvar for å etablere rutiner for registrering av flisforbruk og har gjennomført besøk for å ta flisprøver for analyse av brennverdi.

Samtlige bioanlegg har fått sitt brensel analysert. Resultatene av disse er gitt i hver enkelt delrapport og i avsnitt 4.4.2.

Prosjektleder har besøkt samtlige gartnerier flere ganger.

NGF har via sitt Rådgivningsprosjekt leid inn Jørn Stene fra Sintef og COWI for å gjøre en vurdering av 4 av varmepumpeanleggene i prosjektet. Hensikten var å få en ekstern faglig vurdering av de tekniske løsningene. Rapporten vedlegges her som delrapport 10.

3 RESULTAT

3.1 EFFEKT INSTALLERT

Dimensjonering av varmpumpe eller biokjele er svært viktig. Begge teknologier er kostbare og kapitalkostnaden vil utgjøre en stor del av varmekostnaden. Normalt er det også slik at kostnaden øker med økende størrelse på utstyret. Økningen er ikke lineær så det er umulig å angi en eksakt regel for hva som er best dimensjonering. Men vi kan likevel si at det er ønskelig med høy gangtid for å få mange driftstimer å fordele kapitalkostnadene på.

3.2 INSTALLERT EFFEKT BIOKJELER

Tabell 1

	Kjærnsrød	Hauer	Vaage	Laanke	de Haes
Effekt på varmekilde	1 000	825	600	220	725
Veksthusareal	9 000	3 450	3 000	1 000	3 800
kW/da	111	239	200	220	191

3.3 INSTALLERT EFFEKT VARMEPUMPER

Tabell 2

	Guren	Bredeli	Hanewold	Drivstua
Effekt på varmekilde	300	147	66	160
Veksthusareal	6 260	3 000	3 700	2 400
kW/da	48	49	18	67

Ikke uventet er biobrenselanleggene dimensjonert høyere enn varmpumpene. Vi vil komme tilbake til konsekvensene av dette i økonomikapitlet senere i rapporten.

Hauer har bevisst overdimensjonert sitt anlegg med tanke på eventuelt salg av varme.

Vaage har satt inn to kjeler på 300 kW hver seg og den ene kjelen går bare om vinteren og er slik sett også overdimensjonert. Fordelen med to kjeler er at han kan kjøre lav effekt på sommeren der andre må stenge. Utfordringen hos Vaage er at han brenner propan på dagtid for å levere CO₂. Da er det ikke behov for biobrensel. Propan er i Tabell 3 nedenfor klassifisert som spisslast.

Laanke er også høyt dimensjonert, men han har ikke klart å ta ut påstemplet effekt av sitt anlegg og oppfatter ikke at kjelen er for stor. Laanke hadde planlagt å montere buffertank, men med stor kjele har de klart å dekke 100 % av varmebehovet med fliskjelen.

Tabell 3

Andel spisslast i biobrenselanleggene	
de Haes	0 %
Hauer	0 %
Kjærnsrød	1 %
Laanke	0 %
Vaage	22 %

Tabellen viser at alle flisanleggene (de Haes, Hauer, Kjærnsrød, Laanke, Vaage) er dimensjonert så stort at de i praksis ikke bruker spisslast. Vaages spissast i denne tabellen utgjøres av propan som brennes for å skaffe CO₂ til plantene og ikke for nødvendig varmforsyning.

Konklusjon biokjele:

Dimensjonering av biobrenselanlegg må ta hensyn til driftsopplegget i gartneriet.

For helårsproduksjon av blomster med 80-100 W/m² lys, vil en effekt på biokjelen fra 100 til 150 W/m² veksthus gi fornuftig dekning. Effekter ut over dette kan vurderes hvis kostnaden er liten og muligheten for sommerdrift ikke blir redusert.

For produksjoner med mindre lys, kan en moderat større kjele vurderes.

Varmepumper

Dimensjonering av varmpumper er noe mer krevende enn biobrensel. Varmepumper operer med lave utgående temperaturer og må samkjøres riktig med spisslastkjelene for at resultatet skal bli bra.

De fleste varmpumpene i dette prosjektet er dimensjonert med 40-50 W/m².

Tabell 4

Andel spisslast i varmpumpeanleggene	
Bredeli	34 %
Guren	56 %
Hanevold	82 %
Drivstua	38 %

Det er grunn til å bemerke at alle 4 anleggene kun har benyttet eksisterende røropplegg.

Konklusjon varmpumpe:

50 kW pr da vil være en fornuftig størrelse i de fleste gartnerier. Hvis prisen reduseres og investeringsstøtten bedres, ville vi anbefalt økning til 60-65 kW/ da.

Vi gjengir også konklusjonen fra Jørn Stenes rapport:

Varmepumper er en grunnlastkilde, og dimensjoneres for å dekke i størrelsesorden 40-70 % av netto varmeeffektbehov. Spisslastbehovet dekkes med et kjelanlegg. Korrekt (optimal) dimensjonering av et varmepumpeanlegg krevet nøyaktig varmebehovsberegning.

- Varmedistribusjonssystemet i veksthuset bør dimensjoneres som et lavtemperatursystem for å oppnå høy COP og gode driftsforhold for varmepumpen

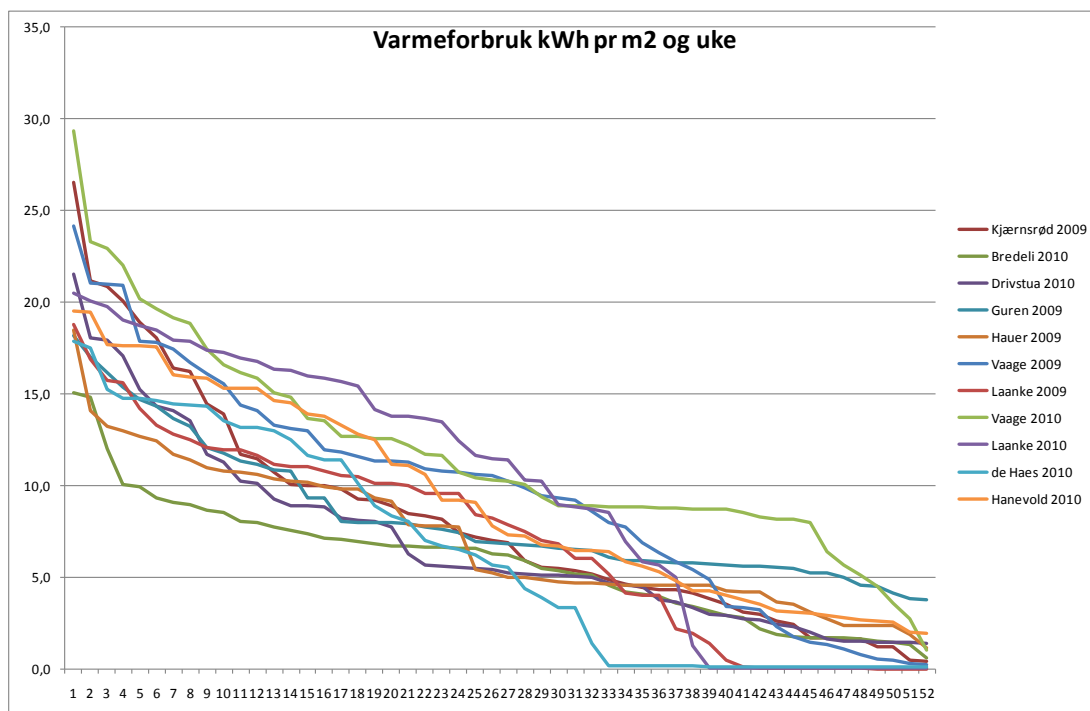
COP og avgitt varmeeffekt for en varmepumpe avtar med hhv. 2-3 % og 0,5 % per °C økning i kondenseringstemperaturen. Det er viktig at varmesystemet er hydraulisk utbalansert og driftes korrekt.

- Maksimal utgående vanntemperatur fra varmepumpen bør ikke overstige 40-50 °C for å oppnå høy COP og lang levetid for kompressorene. Det er spesielt viktig at utgående vanntemperatur for luft/vann-varmepumper med scroll- eller stempelkompressorer ikke blir for høy. Vanntemperaturen fra varmepumpen bør reguleres i hht. en reguleringskurve

3.4 ENERGIFORBRUK – PROFIL

Vi har gjennom våre registreringer dokumentert store ulikeheter mellom gartneriene.

Nedenfor viser vi kurver på ukenivå og det er til dels dramatiske ulikheter.

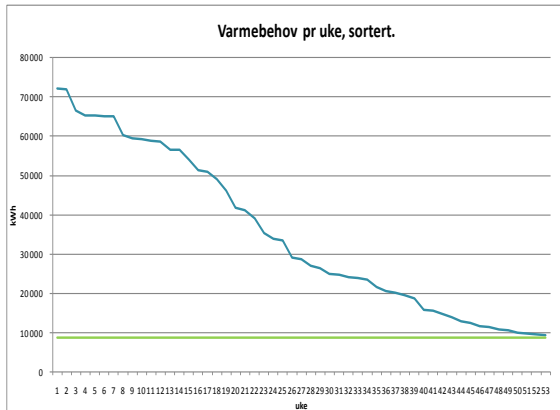


Figur 5

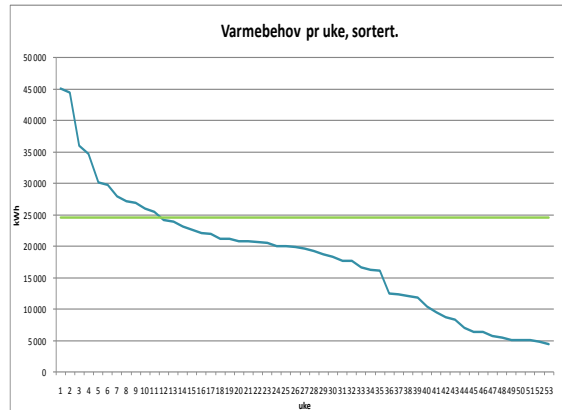
Nedenfor viser vi varighetskurver for alle gartneriene basert på ukentlig forbruk av varme. Tallene er sortert med høyeste energibehov først og vises med blått i figuren under. I samme graf er det tegnet inn en grønn linje som viser mulig levert fornybar varme fra kjelanlegget

forutsatt en gitt gangtid pr døgn. Denne linjen tilsvare maksimalt registrert ukeleveranse i prosjektet.

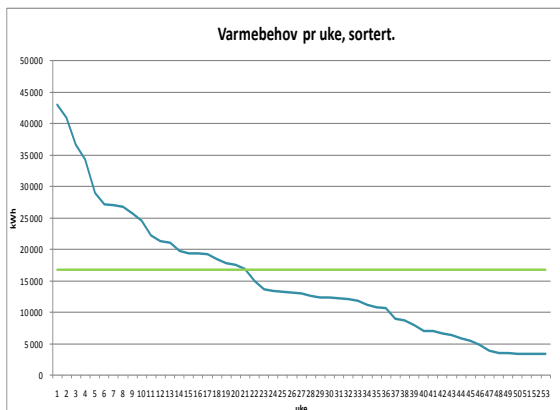
3.4.1 VARMEPUMPE



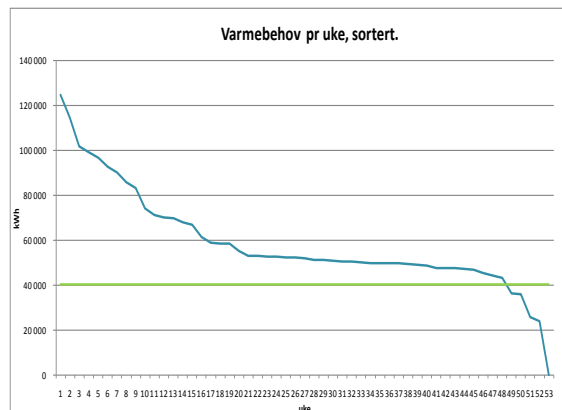
Hanevold; Varmepumpe ved gange 19 timer pr døgn



Bredeli; Varmepumpe ved gange 24 timer pr døgn



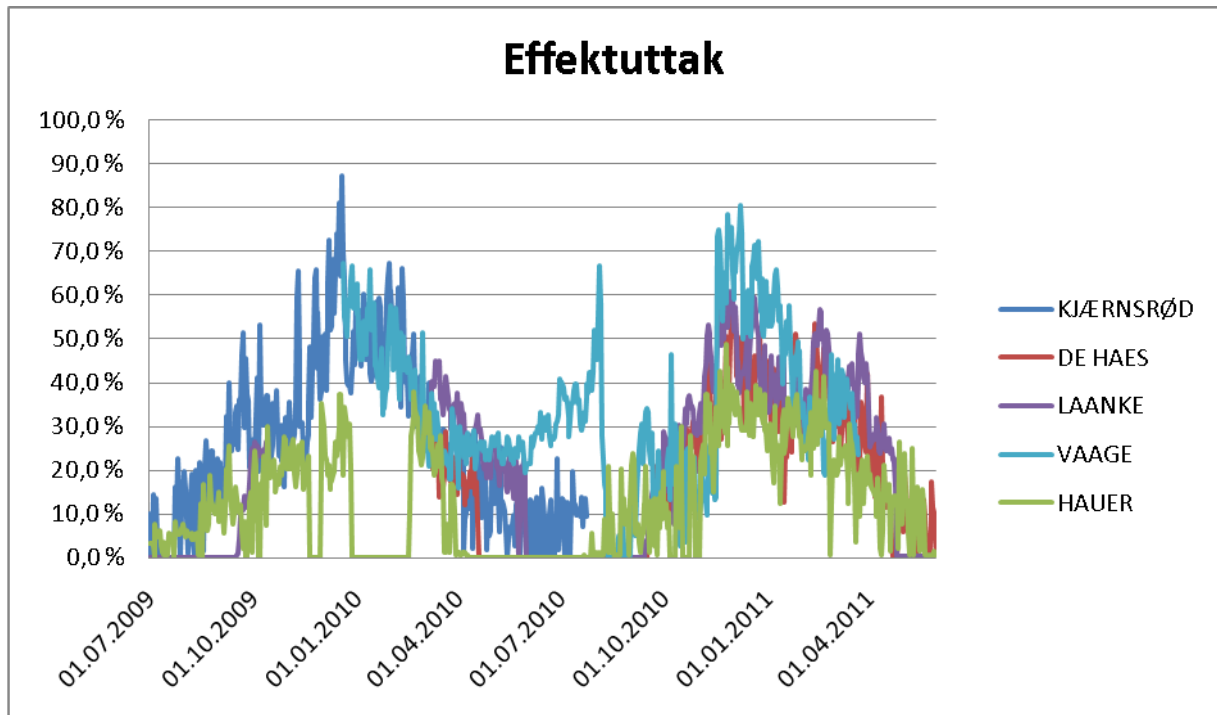
Drivstua; Varmepumpe ved gange 15 timer pr døgn



Guren; Varmepumpe ved gange 19 timer pr døgn

Figur 6

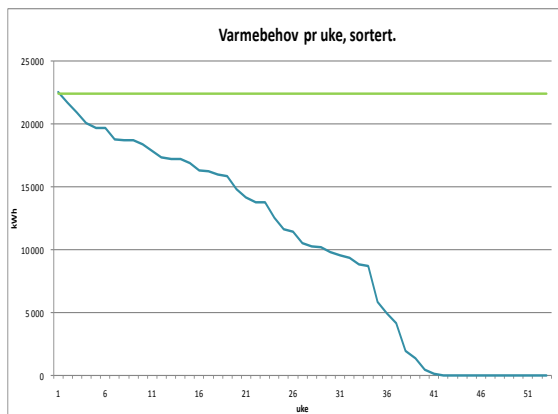
Figur 6 over viser at de tre første gartneriene (som driver blomsterproduksjon) har tilnærmet samme form på varighetskurven. Guren skiller seg litt ut ved at han driver sesongproduksjon av grønnsaker og ikke bruker varmpumpe hele året. Det er en pause på 5-6 uker. Dermed faller kurven bratt ute mot høyre. Ulikhetene gir også ulik optimal dimensjonering. I våre anlegg ble dimensjoneringen foretatt før man hadde gode tall for forbruket. Med erfaringer fra dette prosjektet og med en regnemodell som er utviklet har bransjen et mye bedre grunnlag for å dimensjonere rett.



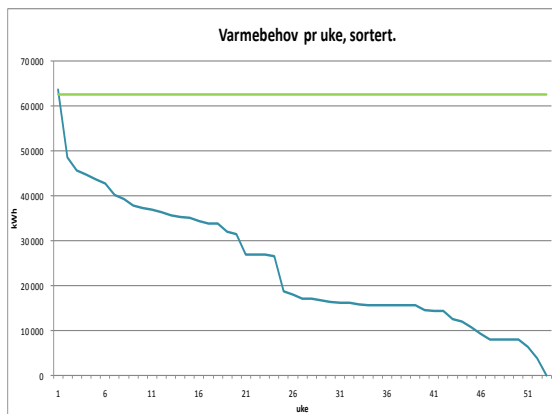
Figur 7. Effektuttak ved de fem biobrensel anleggene. Perioden 01.07.2009 – 31.05.2011.

Figur 7 illustrerer at effektuttaket over året varierer ganske likt for de ulike anleggene. Vaage har imidlertid et høyt uttak i sommerhalvåret, noe som skyldes behov for undervarme i grønnsakproduksjonen. Energimåleren ved Hauer har hatt enkelte driftsproblemer, derfor har grafen falt til null i enkelte perioder. Målingene hos De Haes startet ikke før i april 2010. Dagloggen hos Laanke ble ved en feil ikke avlest i starten av 2010. Uansett danner grafene et godt bilde av variasjonen i effektuttak over året.

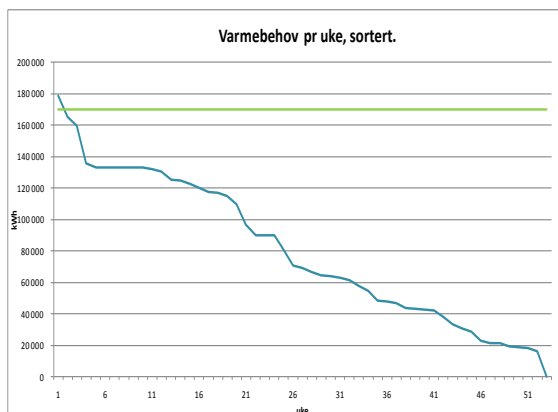
Når vi sorterer effektuttakene med høyeste ukeforbruk først får vi kurvene under. Grønn linje representerer maks ukeproduksjon fra biobrenselanlegget.



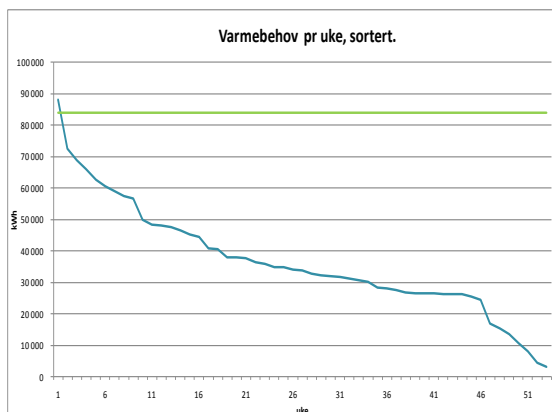
Laanke; biobrensel ved 15 timers drift pr døgn



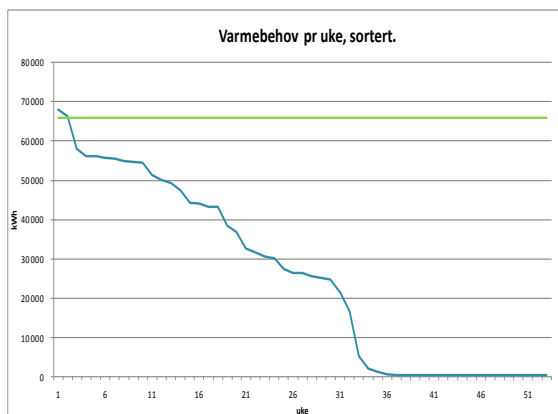
Hauer; biobrensel ved 11 timers drift pr døgn



Kjærnsrød; biobrensel ved 18 timers drift pr døgn



Vaage; biobrensel ved 20 timers drift pr døgn



De Haes; biobrensel ved 13 timers drift pr døgn

Figur 8

Vi ser her at biobrenselanleggene uten unntak er dimensjonert så store at de kan dekke så godt som hele varmebehovet. De er altså dimensjonert betydelig høyere enn varmepumpene. Effekt i kW pr dekar oppvarmet veksthus varierer fra 111 - 239. Økonomisk kunne disse anleggene med fordel vært dimensjonert lavere.

3.5 DEKNINGSGRAD

3.5.1 BIOBRENSSEL

Tabell 5

Andel av totalt energiforbruk fra biobrensel	
A	79 %
B	75 %
C	80 %
D	65 %
E	62 %

Øvrig energi er strøm til lys og elkjel, olje eller propan til spisslast.

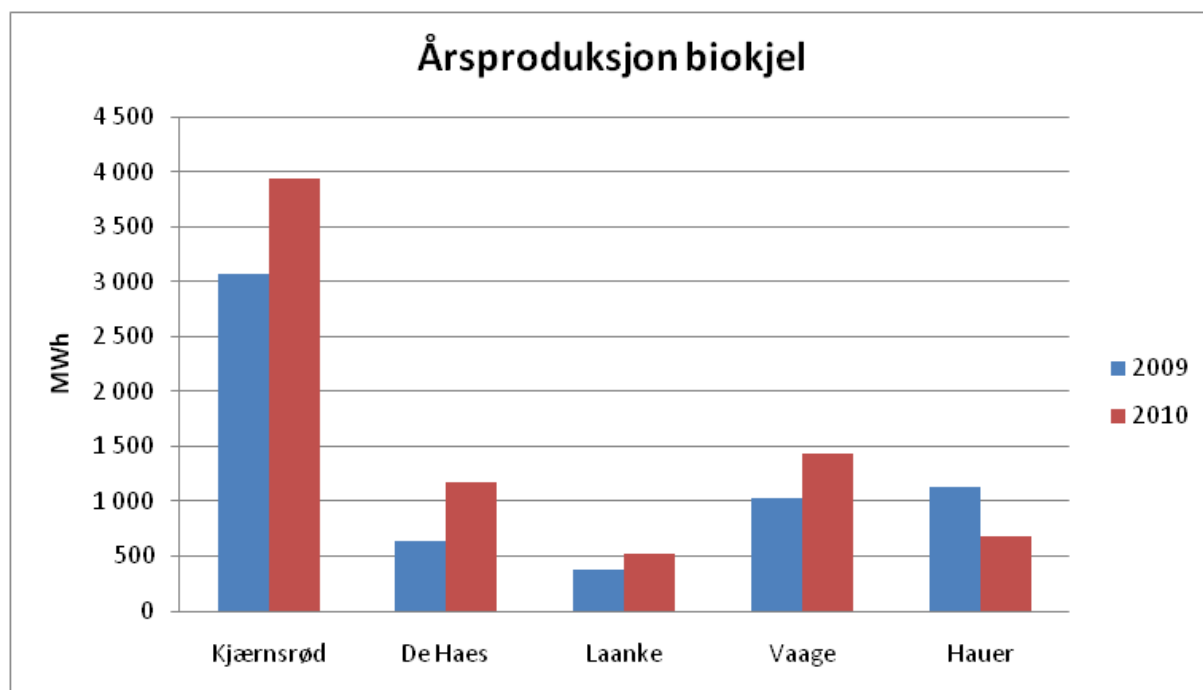
Tabell 5 viser at biobrensel dekker 62 til 80 % av det totale energiforbruket.

Ved fem gartnerier ble biobrensel benyttet som energibærer – fire flisfyringsanlegg og ett halmfyringsanlegg.

Energidata ble automatisk registrert med energimålere ved alle anleggene over en periode på 2-3 år. Dette var data om energiproduksjon, effektuttak etc., samt manuell registrering av flis-/halmforbruk, tidsforbruk til drift m.m.

Figur 9 viser økt leveranse i 2010 sammenlignet med året før. Produksjonen til De Haes i 2009 er imidlertid misvisende, siden energimåleren ikke ble montert før i april det året. Og for Hauer ble i 2010 ikke all produksjonen registrert grunnet feil med energimåleren. For de øvrige tre anleggene er dataene korrekte.

Det er en tendens til at dekningsgraden også øker for biobrensel fra 2009 til 2010. Det tyder på endring i klimastyring og strategi og vi vet at noen bruker litt mer varme siden marginalkostnaden er liten. Andre forsøker å redusere bruk av lys til fordel for biovarme.



Figur 9: Sum levert biovarme

3.5.2 VARMEPUMPE

Tabell 6

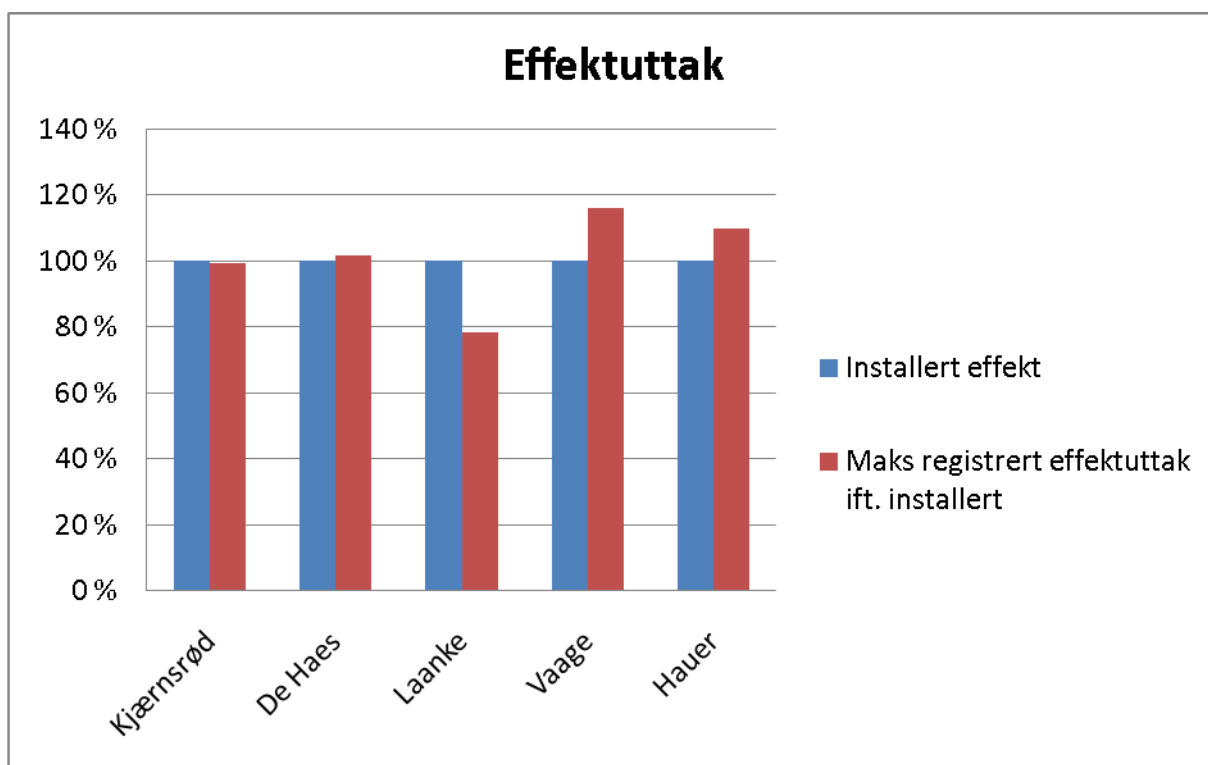
Andel av totalt energiforbruk fra varmepumpe	
F	33 %
G	36 %
H	41 %
I	13 %

For varmepumper er det en svak tendens til at dekingen var dårligere i 2009 enn i 2010. To av anleggene ligger i Trøndelag og der var det problemer med både strømutkopling, ekstreme strømpriser og så lave utetemperaturer at en valgte å stenge varmepumpene i perioder.

Vi ser av Tabell 5 og Tabell 6 at % deking er lavere for varmepumper sammenlignet med biobrensel. Her er det å bemerke at en av varmepumpene er dimensjonert lavt og var bestemt å skulle stenges vinterstid. Vi vet at de gartneriene som ligger lavest i % deking her, har konkrete planer om å sette inn en varmepumpe til.

3.6 GANGTID

Et annet uttrykk for gangtid kan være ”driftstid”. Det siste brukes ofte av Enova.



Figur 10: Største registrerte effekt fra fem biobrenselkjeler

Figur 10 indikerer at fire av fem biobrenselanlegg har utnyttet hele den installerte effekten. To av anleggene har faktisk tatt ut større effekt enn hva kjelen er oppgitt til. Kun ett av anleggene har ikke klart å utnytte kapasiteten maksimalt.

Maks effektuttak registreres etter en bransjestandard; høyest gjennomsnittlig effektuttak over én time i løpet av året.

Når en skal beregne gangtiden deler vi levert energimengde pr år på installert effekt. Vi tar altså ikke hensyn til at enkelte anlegg leverer mer eller mindre effekt en det de lover. Høy gangtid er avgjørende for god økonomi i prosjektet.

Tabell 7: Beregnet gangtid for alle 9 anleggene

Gartneri	Gangtid, timer
A Bio	3 942
B Bio	2 308
C Bio	2 538
D Vp	3 419
E Bio	1 624
F Bio	1 365
G Vp	4 481
H Vp	2 779
I Vp	4 399

Gjennomsnittlig gangtid for alle biobrenselanleggene 2 355 timer

Gjennomsnittlig gangtid for alle varmepumpene 3 770 timer

Tabell 7 viser at det er mulig for biobrensel å oppnå ca 3900 gangtimer. To av varmepumpeanleggene har klart ca 4400 timer.

Tabell 8: Sammenheng mellom gangtid og kapitalkostnad pr kWh levert varme.

Rente	6 %	6 %	6 %	6 %	6 %	6 %
Avdragstid	10	10	10	10	10	10
Investering, kr/kW	2000	2730	3000	3500	4000	5000
Gangtid, t 1500	kr 0,18	kr 0,25	kr 0,27	kr 0,32	kr 0,36	kr 0,45
Gangtid, t 2000	kr 0,14	kr 0,19	kr 0,20	kr 0,24	kr 0,27	kr 0,34
Gangtid, t 2500	kr 0,11	kr 0,15	kr 0,16	kr 0,19	kr 0,22	kr 0,27
Gangtid, t 3000	kr 0,09	kr 0,12	kr 0,14	kr 0,16	kr 0,18	kr 0,23
Gangtid, t 3500	kr 0,08	kr 0,11	kr 0,12	kr 0,14	kr 0,16	kr 0,19
Gangtid, t 4000	kr 0,07	kr 0,09	kr 0,10	kr 0,12	kr 0,14	kr 0,17

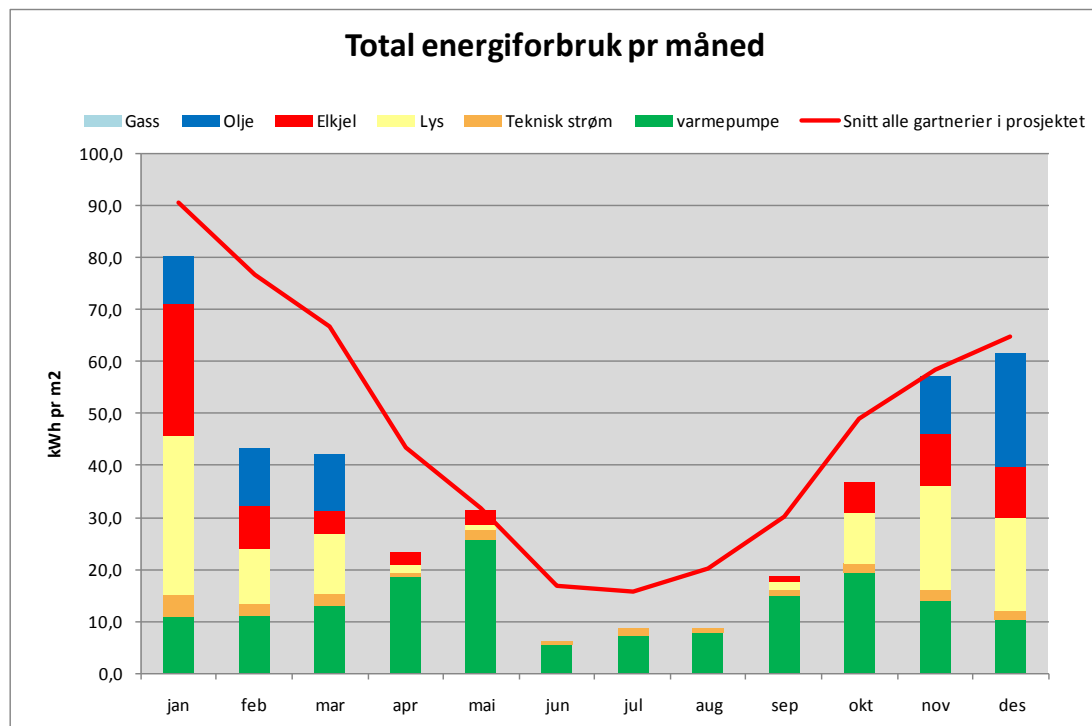
Investeringen her er oppgitt som netto beløp etter støtte.

Den uthevede kolonnen over kan representere et gjennomsnittlig flisfyringsanlegg med brutto investering 4200 kr pr kW og 35% investeringsstøtte.

3.7 DRIFTSMÅTE

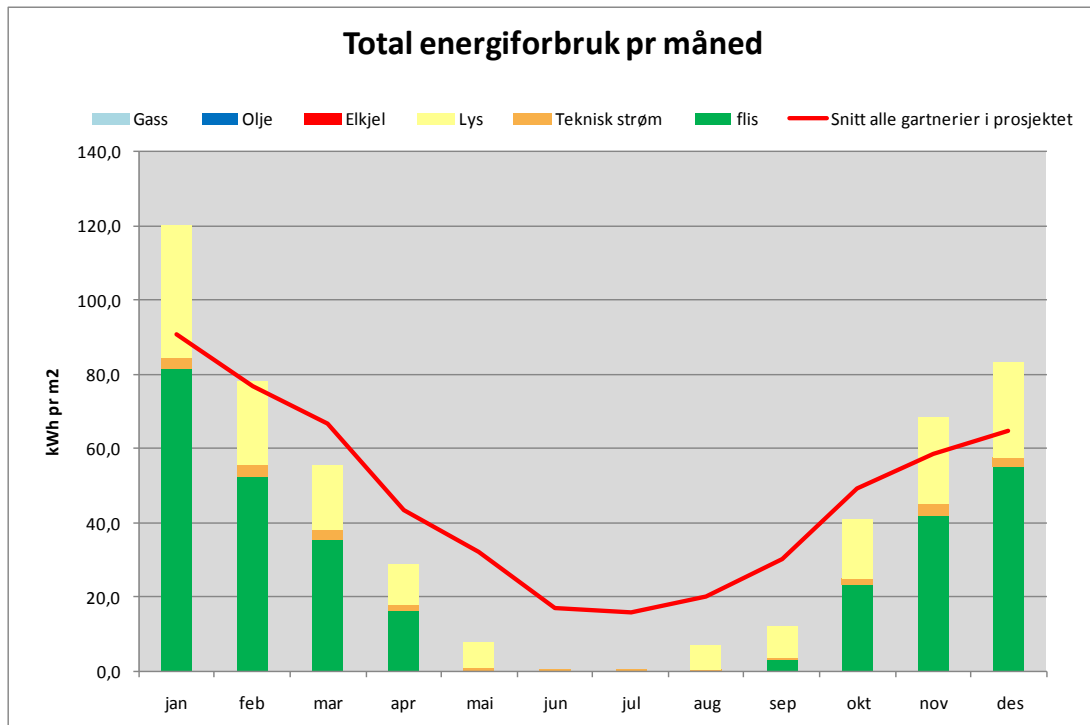
Nedenfor presenteres tre ulike måter å bruke varmekilden på.

I grafene vises kWh pr m2 fordelt på 12 måneder.



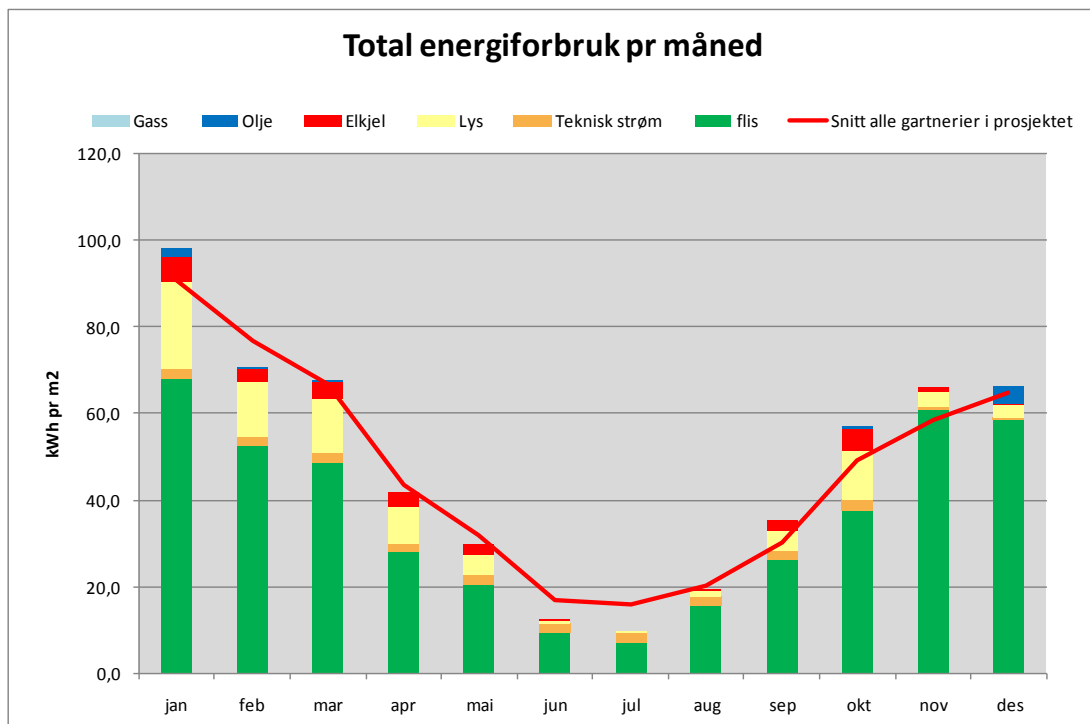
Figur 11

Figur 11 viser energiforbruket i et gartneri med varmepumpe. Varmepumpen bidrar hele året og er den vesentlige energikilden om sommeren. Dette gartneriet er også veldig gjerrig på bruk av lys om sommeren. I vintermånedene er det stort behov for spisslast og lys.



Figur 12

Figur 12 viser et gartneri med relativt stor fliskjel som dekker hele varmebehovet. Kjelen brukes ikke 4 måneder om sommeren.



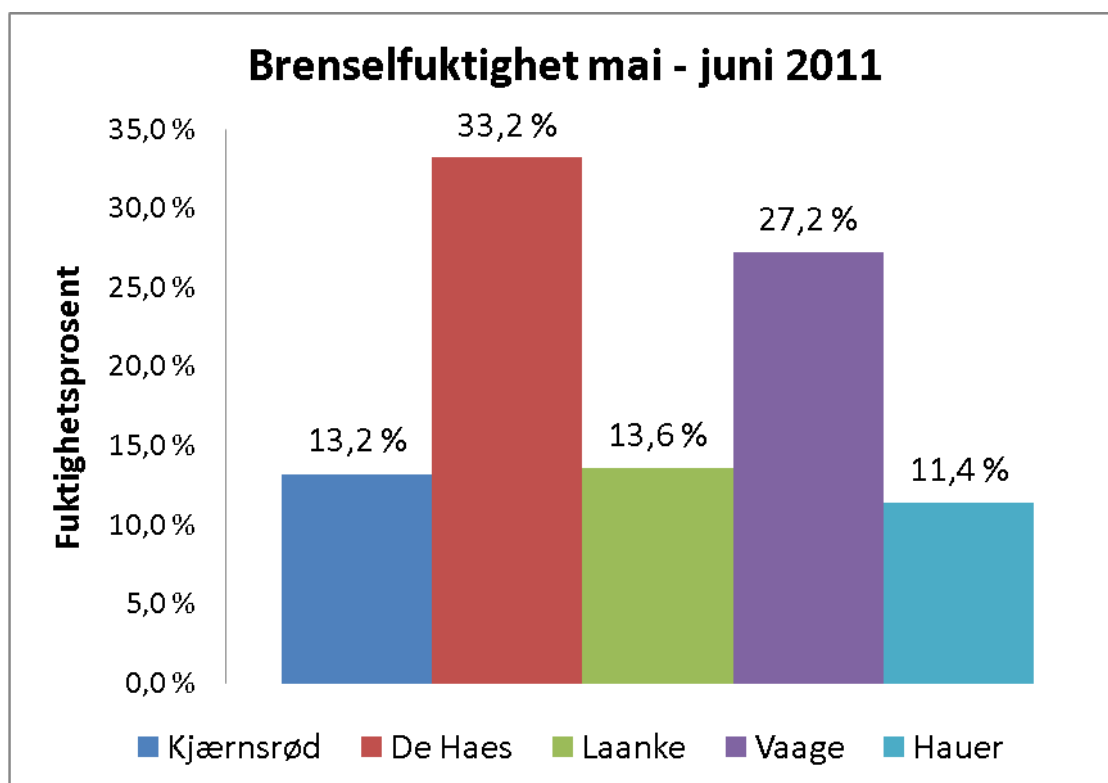
Figur 13

Figur 13 viser et gartneri med fliskjel og buffertank. Buffertanken gjør det enklere å kjøre biokjelen også sommerstid.

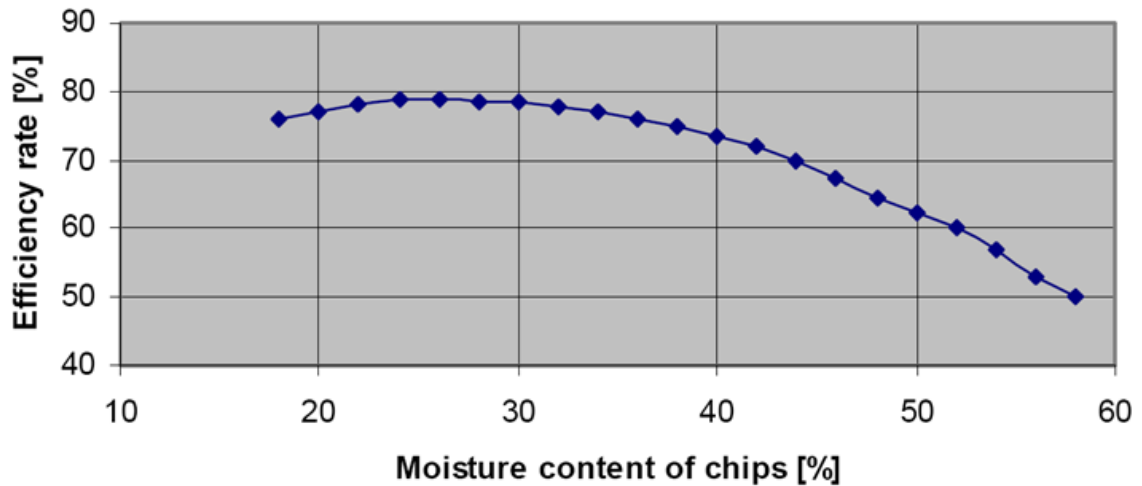
3.8 FLISKVALITET

3.8.1 BRENSELFUKTIGHET

Egenskapene for brenselet som benyttes er av stor betydning for driften av anlegget og driftsøkonomien. Det er svært viktig at brenselet er tilpasset kjelen og innmatingsystemene. Dette gjelder spesielt fuktighet og fraksjonsstørrelse på flisa.



Figur 14 Fuktighet på brenselet ved siste prøvetaking i mai - juni 2011. Målt i prosent av råvekt. Hauer gartneri er halmprøve, de fire øvrige har skogsflis eller rivingsflis.



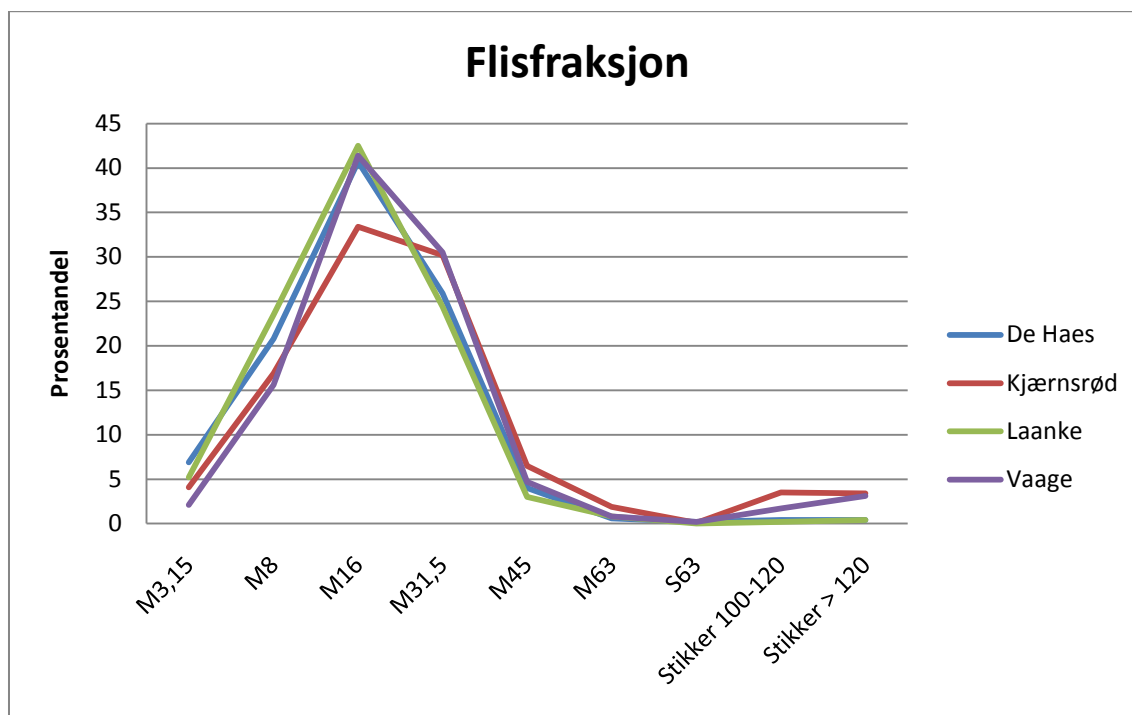
Figur 15 Virkningsgrad for 50 kW flisfyringsanlegg ved økende flisfuktighet.
 Kilde: North Karelia Polytechnic, Finland.

3.8.2 FRAKSJONSSTØRRELSE FLIS

Det er svært viktig med rett flisfraksjon til anlegget. Dette for å sikre en uproblematisk innmating i mateskruene, samt en optimal forbrenning i kjelen. Det er utarbeidet europeiske CEN standarder som skal fornekle handel med flis, og hvor det er ulike klasser tilpasset forskjellige anleggsstørrelser. Generelt vil mindre anlegg kreve homogen (ensartet) flis, uten kvist og stikker og med lavt vanninnhold.

En rekke momenter påvirker flisfraksjonen:

- Sortiment
- Treslag
- Flishogger type
- Flishogger fabrikat
- Sold
- Knivenes innstilling og tilstand
- Vanninnhold
- Temperatur



Figur 8. Flisfraksjon målt fra flisprøver ved de fire flisfyringsanleggene.

Figur 8 viser at hovedandelen av flisa ligger innenfor 8-31,5 mm. Dette er akseptabelt for anleggsstørrelsen. Rivingsflisa hos Kjærnsrød har imidlertid en noe større andel i de grovere klassene enn skogsflisa.

Tabell 1. Fraksjonsfordeling. Prosentandel på de ulike soldklassene. Antall stikker i de to kolonnene til høyre.

Gartneri	Sortiment	M3,15	M8	M16	M31,5	M45	M63	S63	Stikker 100-120 mm	Stikker > 120 mm	Antall stikker 100-120 mm	Antall stikker > 120 mm
De Haes	Skogsflis	6,9	20,8	40,7	25,9	4	0,6	0,2	0,4	0,4	8	5
Kjærnsrød	Rivingsflis	4,1	16,9	33,4	30,2	6,5	1,9	0,1	3,5	3,4	72	62
Laanke	Skogsflis	5,2	23,5	42,5	24,4	3	0,8	0	0,2	0,4	9	8
Vaage	Skogsflis	2,1	15,6	41,4	30,5	4,7	0,8	0,2	1,7	3,1	35	39



Figur 9. Antall stikker registrert i flisprøvene.

Stikker kan skape problemer i mateskruene, da de kan kile seg og stoppe hele innmatingen. Hos Kjærnsrød, hvor det er et kraftig matesystem vil sannsynligvis dette ikke medføre noen store driftsproblemer, men hos de øvrige tre anleggene bør stikker unngås siden mateskruene er av mindre dimensjon.

3.8.3 BRENNVERDI OG BASISDENSITET

Vekten for de forskjellige treslagene varierer betydelig. Bjørk er tyngre enn gran, osv. Vi sier at bjørka har en høyere densitet. En favn bjørkeved har derfor en høyere brennverdi enn en favn granved.

I tabellen nedenfor er det vist effektiv brennverdi ved 0 % fuktighet for de ulike tredeler av gran, furu og bjørk. Brennverdiene i tabellen er undersøkt i bombekalorimeter.

Tabell 1. Effektiv brennverdi ved 0 % fuktighet.

	Tredeler	kWh/kg tørrstoff
FURU	Ved	5.19 - 5.36
	Bark	5.11 - 5.76
	Greiner	5,39 - 5,69
	Hele treet	5.44 - 5.67
GRAN	Ved	4.99 - 5.28
	Bark	4.95 - 5.51
	Greiner	5,49 - 5,49
	Hele treet	5,33 - 5,44
BJØRK	Ved	4.84 - 5.31
	Innerbark	4,75 - 5,12
	Ytterbark (never)	7.88 - 9,70
	Hele treet	5.31 - 5.44

Som vi ser av tabellen, er det små variasjoner per kg mellom de enkelte treslag. Vi sier derfor at den nedre brennverdien er 5,32 kWh/kg for alle treslag.

Øvre brennverdi angir brennverdien for den absolutt tørre bestanddelen i brenselet. Man gjør ikke reduksjon for den vanddamp som dannes under forbrenningen. Øvre brennverdi kan uttrykkes som kWh/kg. Symbol: H_{ϕ} .

Nedre brennverdi. Ved forbrenning av absolutt tørt brensel dannes det vanddamp.

Vanddampen forsvinner ukondensert opp i skorsteinen, og går derfor tapt.

Forbrenningsproduktene går tilbake til den opprinnelige temperaturen. Nedre brennverdi er øvre brennverdi minus tapt fordampningsvarme. Nedre brennverdi kan uttrykkes som kWh/kg. Symbol: H_n .

Nedre brennverdi kan beregnes etter følgende formel:

$$H_n = (H_{\phi} - 0,67 \times \frac{9}{100} \times H) \left(\frac{100 - A}{100} \right) \text{ kWh/kg TS}$$

0,67 = vannets fordampningsvarme ved 25⁰ C

9 = antall deler vann som dannes av en del hydrogen

H = Andel hydrogen i veden

A = forurensningsaske

TS = Tørrstoff

Et gjennomsnittstall for øvre brennverdi er 5,68 kWh/kg. Setter man dette inn i formelen får man:

$$H_n = 5,68 - 0,36 \text{ kWh/kg}$$

$$H_n = 5,32 \text{ kWh/kg}$$

Både øvre og nedre brennverdi gjelder for absolutt tørt ved, dvs. 0 % fuktighet. For praktisk bruk er det imidlertid den effektive brennverdien som har interesse. Effektiv brennverdi er avhengig av fuktigheten i veden. *Effektiv brennverdi* er definert som nedre brennverdi redusert med fordampningsvarmen for det vann som brenselet inneholder. Effektiv brennverdi uttrykkes som kWh/kg TS eller kWh/kg rått brensel.

H_e kan beregnes etter følgende formel:

$$H_e = H_n - 0,67 \times \frac{F}{100 - F} \text{ kWh/kg TS}$$

H_n = nedre brennverdi (oftest satt til 5,32 kWh/kg)

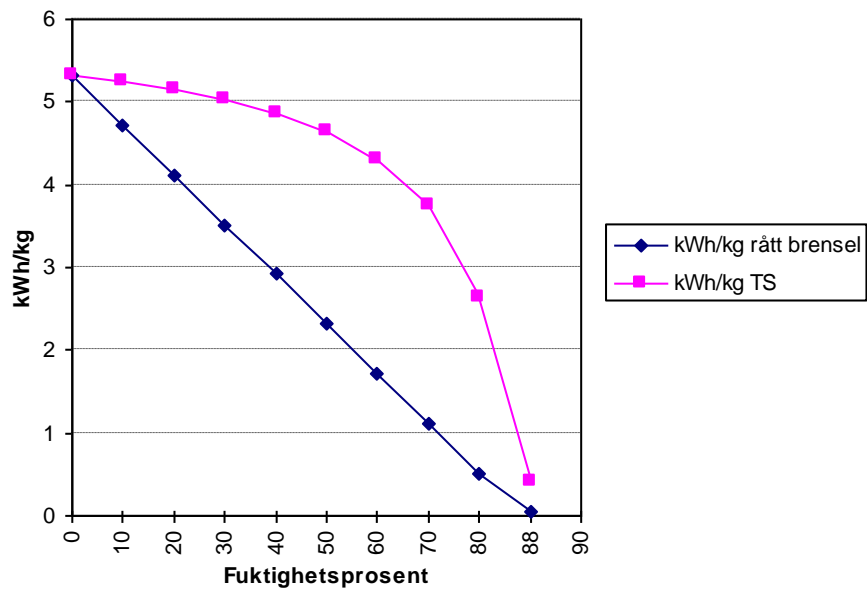
0,67 = vannets fordampningsvarme ved 25⁰ C

F = brenselets fuktighet i % av total vekt.

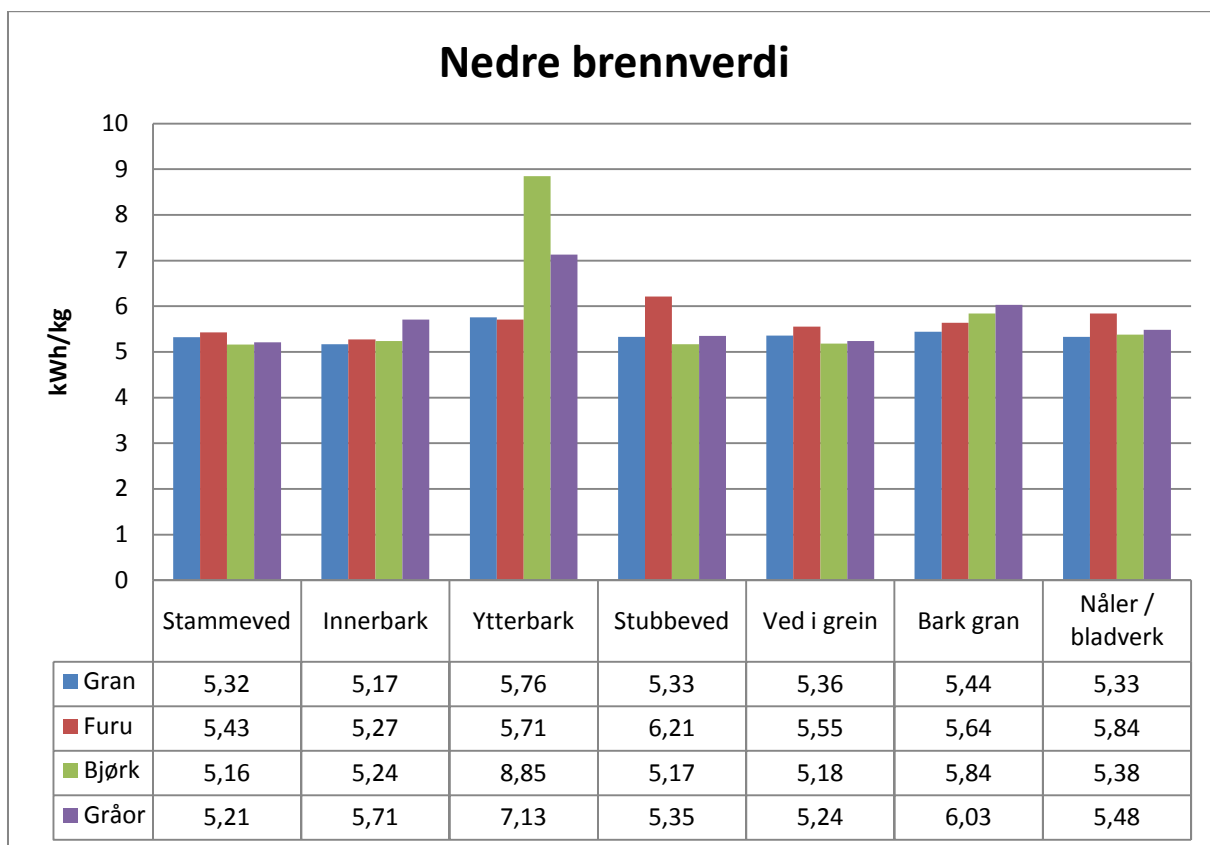
I figuren under er en effektive brennverdien beregnet etter formlene:

$$H_e = 5,32 - 0,67 \times \frac{F}{100 - F} \text{ kWh/kg TS,}$$

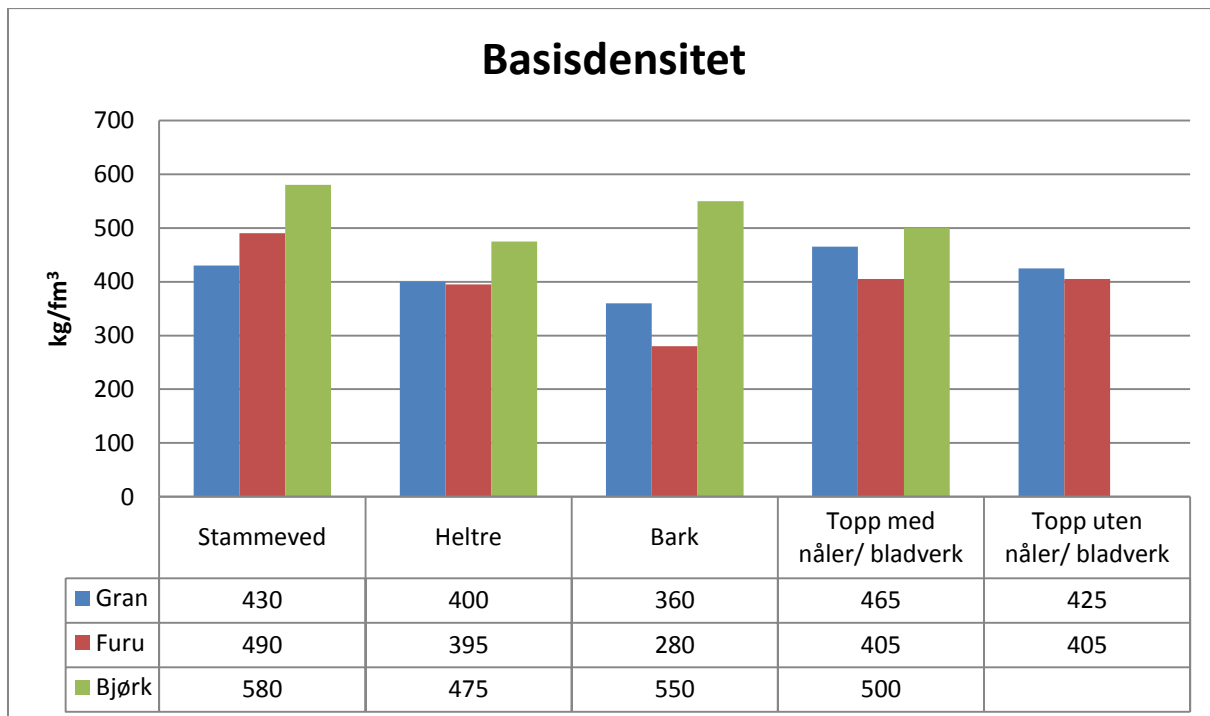
$$H_e = 5,32 - 0,06xF \text{ kWh/kg rått brensel.}$$



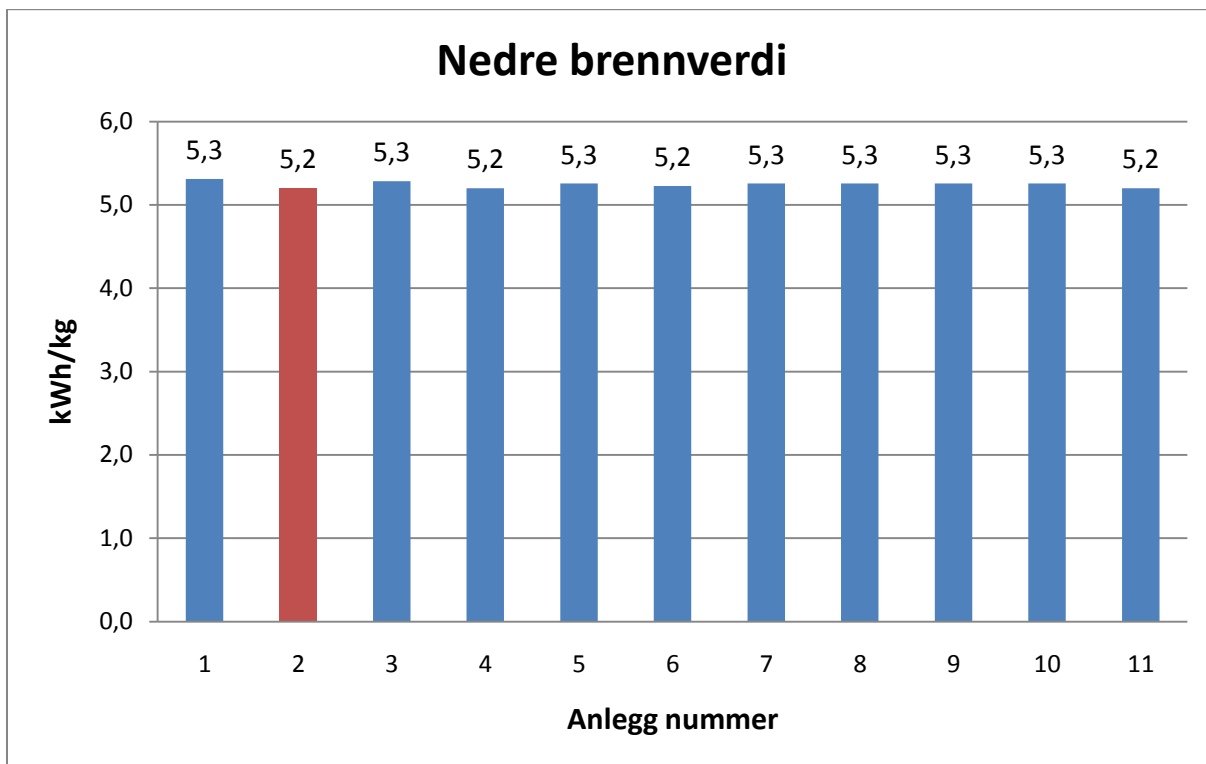
Figur 10. Energiinnhold (kWh/kg) målt ved ulike fuktigheter, beregnet som rått brensel eller tørrstoff.



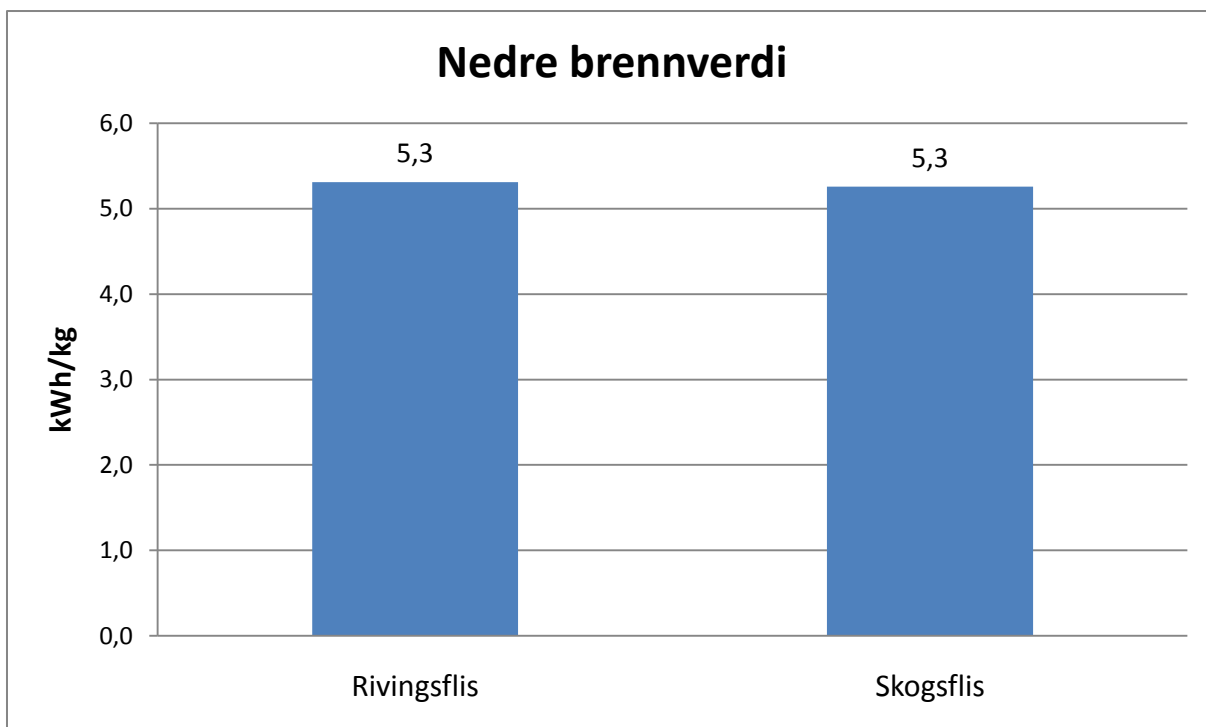
Figur 11. Brennverdien til ulike deler av de viktigste norske treslagene. Alle verdier er gitt i kWh/kg.



Figur 12. Densiteten til ulike deler av de viktigste norske treslagene. Alle verdiene er basert på basis densitet og er gitt i kg/m³.



Figur 13. Nedre brennverdi ved 11 ulike flisfyringsanlegg som Skog og landskap studerer i et pågående prosjekt.



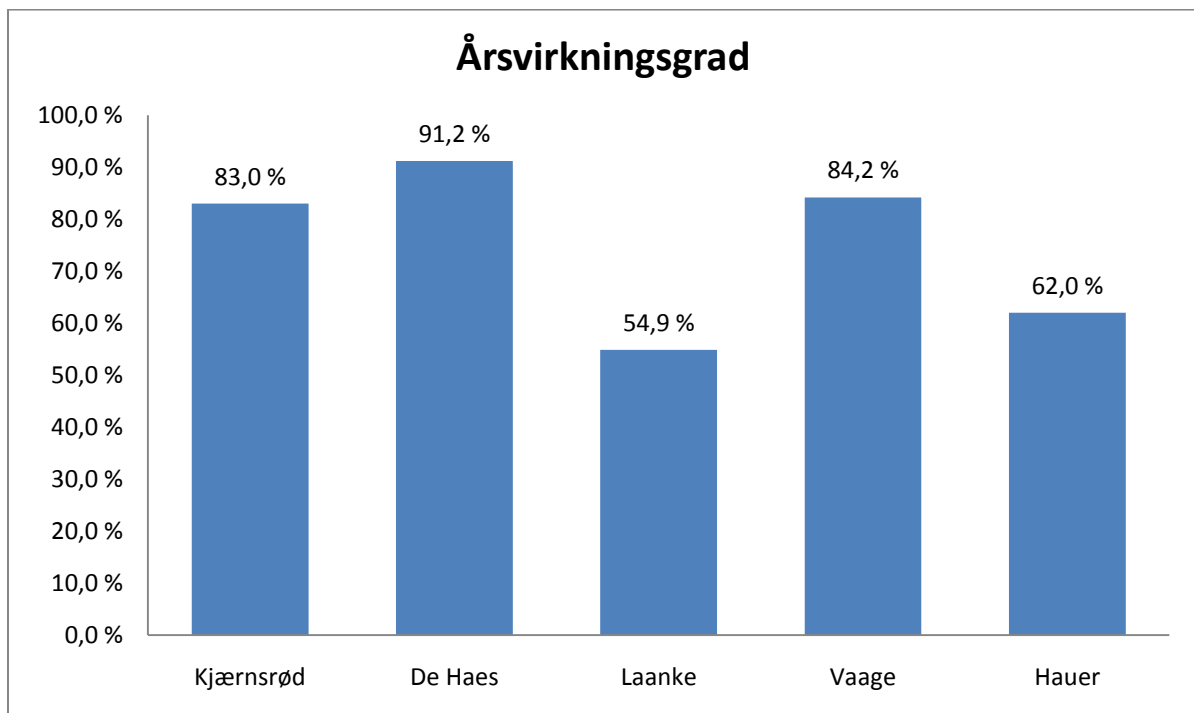
Figur 14. Nedre brennverdi fordelt på rivingsflis og skogsflis – sammenstilt fra figur 13. Ingen forskjell mellom rivingsflis og skogsflis.

3.9 ÅRSVIRKNINGSGRAD

3.9.1 BIOBRENSSEL

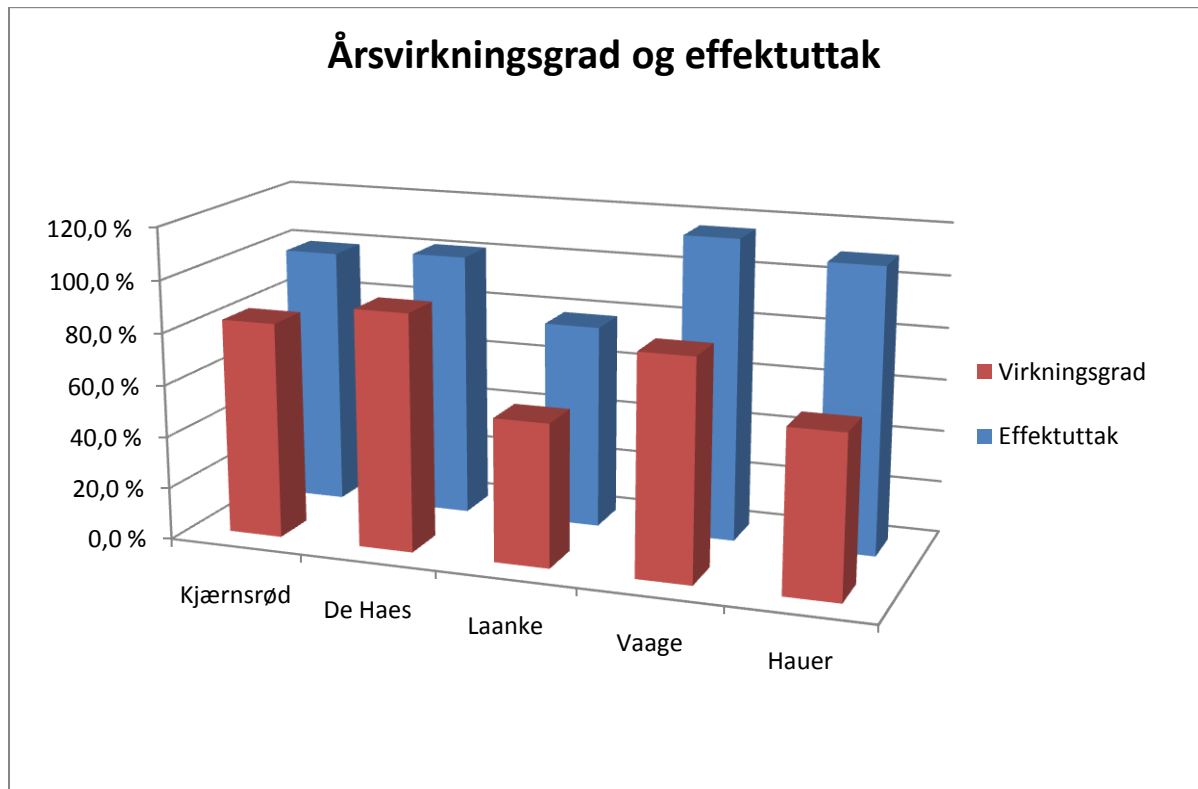
Virkningsgrad er forholdet mellom tilført energimengde og produsert energimengde. Altså energimengden i tilført flis / halm i forhold til antall kilowattimer kjelen produserer. En høy virkningsgrad er et resultat av god forbrenning og bra utnyttelse av brenselet. For å oppnå en høy virkningsgrad er det viktig med riktig brenselkvalitet, tilfredsstillende feiing av anlegget og riktige innstillinger av kjelen. I tillegg er dimensjoneringen av kjelen av stor betydning – altså at effekten er tilpasset behovet. Overdimensjonering kan derfor påvirke virkningsgraden negativt.

Årsvirkningsgrad er virkningsgraden målt over et helt år. Moderne flisfyringsanlegg bør ha en årsvirkningsgrad på 85-90 %.



Figur 16 Årsvirkningsgrad for de fem biobrenselanleggene

Figur 16 viser at det er stor variasjon i virkningsgrad ved anleggene. De Haes har en veldig god virkningsgrad, og Kjærnsrøds og Vaages er også relativt gode. Laanke og Hauer har derimot årsvirkningsgrader som ikke er tilfredsstillende. Hos Laanke har dette sannsynligvis sammenheng med litt lavt effektuttak, altså er kjelen overdimensjonert i forhold til energibehovet ved gartneriet. Det kan også ha vært benyttet veldig fuktig flis i perioder.



Figur 17

3.9.2 VARMEPUMPE

Tabell 9: Årsvirkningsgrad for varmepumper

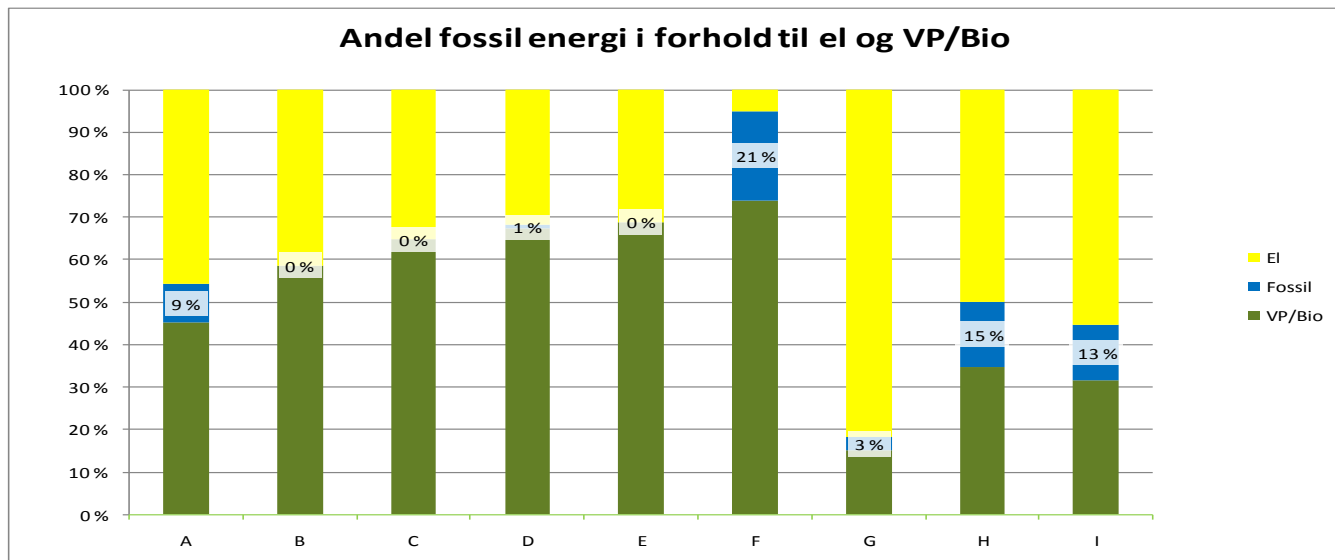
Gartneri	2009	2010
A	250%	290%
B		270%
C	240%	240%
D		240%

Årsvirkningsgraden (COP) varierer mellom 2,4 og 2,9. Normal for andre bransjer er det oppgitt en COP på 2,4. Alle varmepumpene er uteluftvarmepumper og virkningsgraden varierer sterkt gjennom året. Sommertid kan virkningsgraden på ukebasis være over 3,5 mens den i kalde uker er helt nede i 1,4. De fleste velger å slå av uteluftvarmepumpene når temperaturen faller til -10 – 11 grader C. Det er viktig å understreke at her er målt all innsatt strøm til selve kompressoren, trafo og sirkulasjonspumper for varmepumpa.

Det er viktig å være klar over at de to siste vintrene har vært spesielt kalde og at disse resultatene kan bedres med endret klima.

3.10 FOSSILT BRENSEL

Målet for myndighetene med omlegging til biobrensel eller varmepumper er å redusere forbruk av fossilt brensel på grunn av klimapåvirkningen.



Figur 18

Figur 18 viser at 4 av de ni gartneriene nå bare bruker fornybar energi. Samlet for alle gartneriene utgjør det fossile brenselet 6%.

Gartneriene A, G, H og I benytter fossilt brensel som nødvendig spisslast.

Gartneri F bruker fossilt brensel for å produsere CO₂ til plantene. Røykgassen blir her ført inn i veksthuset slik at plantene kan ta opp CO₂ og gi økt fotosyntese.

Dette viser mulighetene gartneribransjen har til å gjøre seg nærmest uavhengig av fossilt brensel. Men det er sannsynlig at det ikke er samfunnsøkonomisk fornuftig å kutte ut all bruk av fossil energi. Alle veksthus er avhengig av å ha en alternativ sikkerhet hvis biobrensel eller varmepumpe svikter. De to siste vintrene har myndighetene koplet ut noen strømkunder og dermed oppstår behovet for fossilt brensel i en nødsituasjon.

3.11 SPISSLAST

Fordi investeringene er store anbefaler en sjelden at flis eller varmepumpe skal dekke 100% av årsvarmebehovet. For biobrensel har det likevel blitt slik for deltakerne i dette prosjektet. De økonomiske beregningene kan avdekke om det var ufornuftig.

Hvert gartneri har fått analysert spisslastbehovet i eget avsnitt i de respektive delrapportene.

Alle gartneriene med varmpumper har behov for at spisslast kobles inn i korte perioder. Varmepumpene er dimensjonert og må dimensjoneres slik at de går mange timer. Det har ikke oppstått problemer med samkjøring med spisslast. I utgangspunktet er det fare for at hvis olje eller elkjel er inne samtidig, kan returtemperaturen bli så høy at varmpumpa ikke fungerer. Men dette har ikke vært et problem i noen av anleggene.

3.12 AVRIMING VARMEPUMPER

Alle varmpumpene som er med i prosjektet er basert på å hente energi fra uteluft. Det betyr at utedelen er kald og det vil danne seg rim og is på denne under visse betingelser. Dette hemmer energiopptak og kan føre til at ribbene tettes helt til. Derfor må utedelen (fordamperen) avrimes med ujevne mellomrom. Det krever energi og ofte gjøres det ved at vannstrømmen snus slik at is og rim tiner. Vannet renner ut av varmpumpe og det er viktig at dette kan dreneres vekk og ikke fryser på fundamentet under varmpumpa. En annen konsekvens av dette er at det brukes energi og at leveranse av varme til veksthuset stanser noen minutter. Dette kan være uheldig og for de fleste luft/vann varmpumper vil det være nødvendig å sette inn en buffertank slik at en har noe ekstra varmt vann til avrimingen slik at dette ikke fører til temperaturfall på rørene inne i veksthuset.

For de som står foran en liknende investering er det viktig å gjøre leverandøren oppmerksom på dette. Dessverre er ikke alle rørleggere klar over de store vannmengdene og de raske effektsvingningene vi har i veksthus.

3.13 TESTING AV TEORETISKE MODELLER.

NGF har et egenutviklet simuleringsprogram for å beregne energiforbruket ved ulike veksthusstyper, kulturopplegg og klima. Gjennom dette prosjektet har vi samlet et så godt datamateriale at en har grunnlag for å teste om modellen regner riktig. Vanligvis brukes modellen med historiske meteorologiske data fra en målestasjon i nærheten av gartneriet. En velger også vanligvis et enkelt eksempelår med klimadata og ikke gjennomsnittstall. Begrunnelsen for det er at modellen har en oppløsning pr time og samspillet mellom temperatur, vind og solinnstråling har en momentan virkning på veksthusets energibalanse. Gjennomsnittsverdier ville tilsløre forholdene mellom disse parametrene.

De fleste gartnerier vet hva de bruker av ulike energibærere pr år. Modellens mulighet ligger i å fordele energiforbruket pr uke og måned når man kjenner årlig behov. Derfor har vi testet dette for et gartneri i årene 2009 og 2010 og et gartneri nr 2 i 2010.

3.13.1 GARTNERI 1

Tabell 10: % fordeling av årets totale energibehov

	Gartneri 1-09	Gartneri 1-10	modell
januar	1 %	8 %	5 %
februar	15 %	15 %	18 %
mars	17 %	14 %	14 %
april	11 %	11 %	9 %
mai	10 %	8 %	8 %
juni	8 %	6 %	6 %
juli	6 %	6 %	6 %
august	8 %	6 %	7 %
september	10 %	8 %	9 %
oktober	9 %	8 %	13 %
november	1 %	2 %	2 %
desember	3 %	5 %	2 %

Tabell 10 viser fordeling pr måned. Kolonnen ”modell” viser beregnet andel med bakgrunn i klimadata fra 2008 og 2009.

Tabell 11

	%enheter avvik > 1	
	2009,0	2010
januar	-4,2	2,7
februar	-2,9	-3,0
mars	3,2	
april	2,3	2,3
mai	1,8	
juni	1,8	
juli		
august		
september		
oktober	-4,1	-4,7
november	-1,7	
desember	1,8	3,0

Tabell 11 viser avviket i %-enheter hvis avviket er større enn +-1. Sju måneder i 2010 treffer modellen meget godt. Avviket er størst om vinteren. Her kan kondensering og rim/frost på innsiden av tekkematerialet være forklaring på avviket. Rim isolerer og tetter små gliper i konstruksjonen. Slike forhold er ikke innarbeidet i modellen.

3.13.2 GARTNERI 2

I det andre gartneriet har vi testet modellen mot gjennomsnitt av tre år, 2008-2010.

Tabell 12

%enheter avvik > 1	
	2008- 2010
januar	
februar	2,4
mars	1,6
april	
mai	-1,5
juni	
juli	
august	
september	
oktober	
november	-2,9
desember	-1,8

I Tabell 12 ser vi samme tendens som i Tabell 11; Godt samsvar om sommeren med drift i huset men noe avvik i vintermånedene.

Vi har også gjennomført testen på ukenivå, og da ble avviket for stort og uforklarlig.

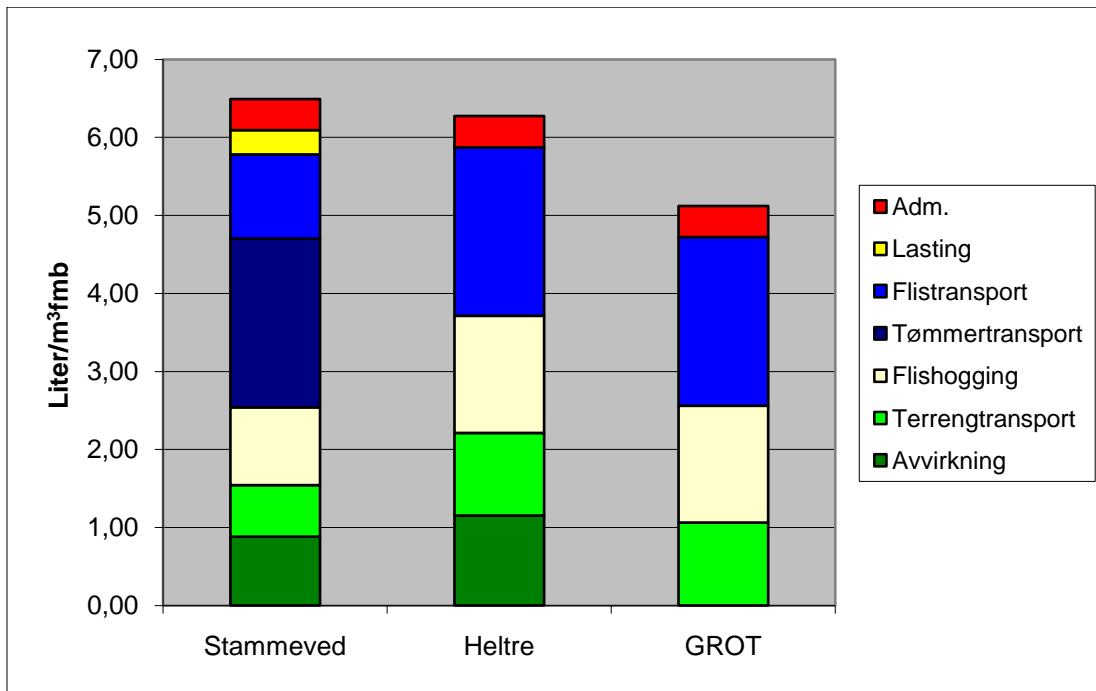
Konklusjon: Modellen egner seg brukbart til å beregne energiforbruket pr måned når det er drift i veksthuset. Ved avstengte hus og lave utetemperaturer er det noe avvik. Største avvik var 4,7 % enheter. I det aktuelle tilfellet representerer det et avvik på 25000 kWh/da på en måned og det er for stort.

Modellen er godt egnet som hjelpemiddel ved dimensjonering av alternativ oppvarming som varmepumpe eller flisfyring.

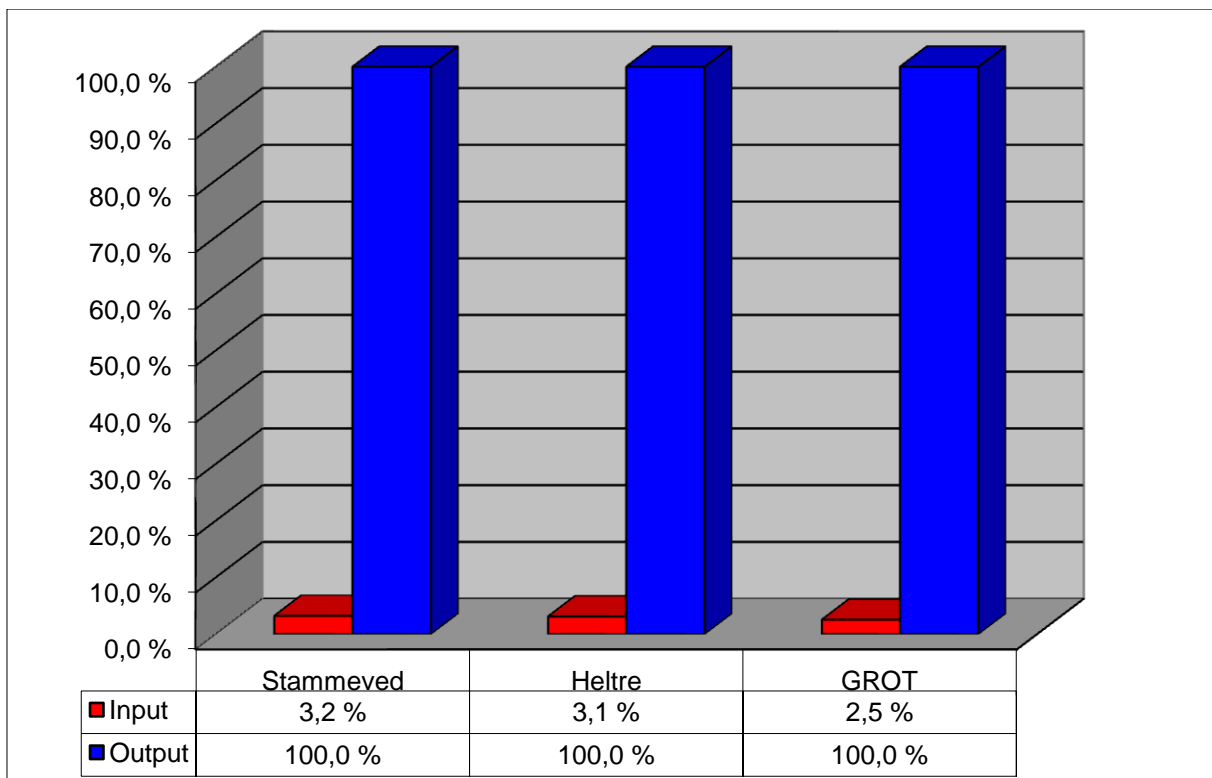
3.14 ENERGIFORBRUK VED FORSYNING AV SKOGSFLIS

Hvor stor energimengde som brukes til å høste og transportere biomasse i forhold til energimengden som høstes, er av stor interesse når energigevinsten ved denne energibæreren skal kalkuleres.

Resultater fra en tidligere undersøkelse viser at det direkte energiforbruket ved høsting og transport av skogsbrensel er veldig lite energikrevende i forhold til energien brenselet representerer. For en typisk forsyningskjede fra skog til forbrenningsovn for stammeved var tilført energimengde i forhold til høstet energi 3,2 %. For heltrekjeden var resultatet 2,8 %, mens det for GROT kjeden var 2,5 %.



Figur 18. Dieselforbruk til ulike operasjoner ved forsyning av skogsflis.



Figur 19. Input av energi i forhold til energimengden brenselet representerer.

3.15 MILJØREGNSKAP

Hvert av gartneriene har fått presentert et enkelt miljøregnskap hvor levert fornybar varme blir sammenlignet med om samme energimengde kom fra olje. Samlet for alle gartneriene ble det levert 9 696 917 kWh varme i 2010 og gir et miljøregnskap vist i Tabell 13. Leveransen fra biobrenselanleggen er korrigert med med 3,1% i henhold til Figur 19.

Tabell 13

Levert varme korrigert for prod av flis	10 629 891	kWh/år
tilsvarende netto forbruk olje	1 056 410	liter
Årsvirkningsgrad oljekjele	80 %	
totalt redusert oljeforbruk	1 320 513	liter /år
Redusert CO2	4 225 641	kg/år
Redusert Nox	3 962	kg/år
Redusert SO2	6 603	kg/år

4.1 INVESTERING

Tabell 14

	Gartneri	Bio_1	Bio_2	Bio_3	VP_1	Bio_4	Bio_5	VP_2	VP_3	VP_4
KWh/støttekrone	1,19	3,28	5,44	2,42	3,36	4,84	3,52	1,51	-	-
Netto investering pr kW	4 516	3 174	1 867	4 113	1 448	5 600	12 879	7 781	5 000	
investert pr kWh fornybar varme	1,96	0,81	0,74	1,22	0,89	4,10	2,87	2,80	1,14	

Gjennomsnittlig investering etter støtte pr kW er 3762 kr for alle anleggene samlet.

Tabell 14 viser at variasjonen er stor. For biobrensel er forholdet mellom største og minste investeringskostnad pr kW lik 3,9!

Tilvarende tall for varmepumpe er 3,13.

Mer interessant er det å se på investert krone pr levert kWh varme (siste linje i Tabell 14). Her er variasjonen enda større. Både høyeste og laveste verdi finner vi blant biobrenselanleggene.

Tabell 15: Gjennomsnitt for alle varmepumper og biobrenselanleggene

	VP	Bio
kWh/støttekrone	2,48	3,62
inv/kW	6 231	3 271
inv/kWh	2,01	1,70

Varmepumper koster 6231 og biobrensel 3271 kr/kW etter støtte.

Med utgangspunkt i investert beløp og de målte energileveransene har vi beregnet kapitalkostnaden pr levert kWh. Det er brukt rentefot på 6% og teknisk levetid 15 år.

Tabell 16

Biobrensel	
Kapitalkostnad øre/kWh	
E	18,9
F	7,8
G	7,1
H	8,6
I	39,7
snitt	16,4

Tabell 17

Varmepumper	
Kapitalkostnad øre/kWh	
A	11,8
B	27,8
C	27,1
D	11,0
snitt	19,4

Tabell 16 og Tabell 17 viser stor variasjon. Det understreker hvor viktig det er å ”bygge riktig”. For flisfyring bør en klare en kapitalkostnad som er mindre enn 12 øre/kWh. For varmpumper bør denne holdes under 20 øre.

4.2 GANGTID

Gangtid er behandlet i avsnitt 3.6. Med bakgrunn i investert beløp pr kW er det åpenbart at det kreves høyere gangtid for varmpumper enn for biobrensel hvis ikke kapitalkostnaden skal bli for høy. Målet må være at gangtiden er minst 3500 timer for varmpumpe og 2750 for biobrenselanleggene.

4.3 LEVETID

I våre beregninger har vi regnet 15 år som levetid for alle typer anlegg.

For varmpumper vil varmeprisen øke ca 4 øre/kWh hvis levetiden settes ned til 10 år. Tilsvarende for biobrensel blir ca 2,5 øre.

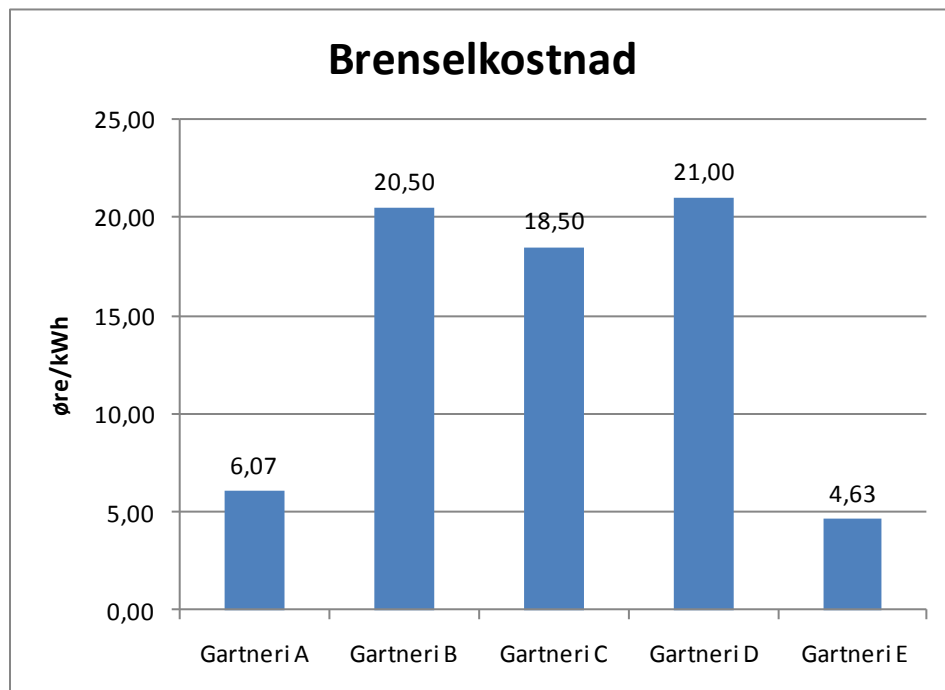
4.4 KOSTNAD STRØM OG FLIS

4.4.1 STRØM

Kostnaden til strøm til varmpumpene er i våre kalkyler satt til 55 øre/kWh. Med virkningsgrad 2,4 til 2,9 blir kostnaden pr levert kWh mellom 19 og 23 øre.

4.4.2 FLIS OG HALM

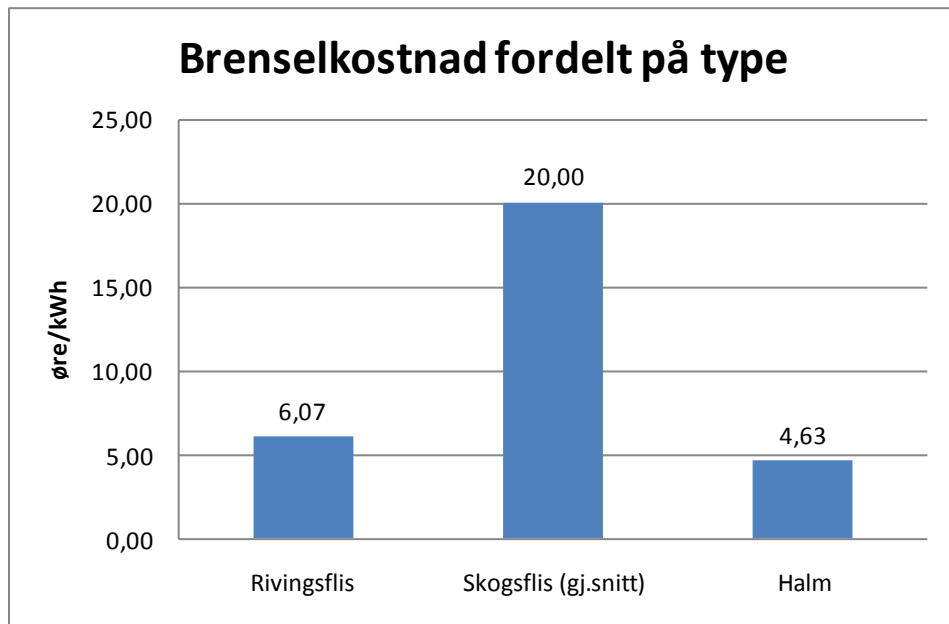
Brenselet utgjør en vesentlig del av total kostnaden ved biobrenselanlegg. Nedenfor brenselkostnadene for de fem biobrenselanleggene sammenstilt. Kostnaden består av råstoff, transport til anlegg og flishogging. For Hauer er kostnaden halmpressing og transport.



Figur 19

Flisprisen varierer fra 6 til 21 øre. Det er grunn til å framheve at ingen av pilotgartneriene kjøper alt sitt brensel som ferdig hogd skogsflis. Både Vaage, de Haes og Laanke fliser mye selv. Kjærnsrød fyrer med returflis og litt kornavrens mens Hauer samler halmen selv.

Pr dato er det oppgitt en pris på god skogsflis av stammevirke fra Viken Skog på 210 kroner pr lm^3 . Det kan bety en flispris på 27 øre pr kWh ved 33% fuktighet.



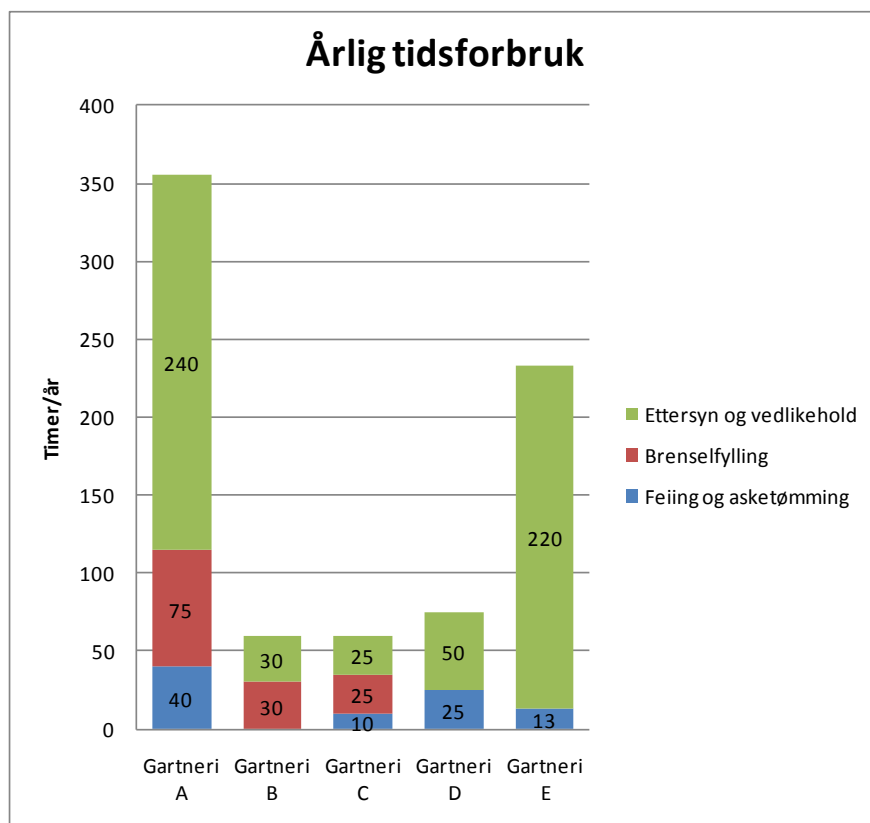
Figur 20

4.5 VEDLIKEHOLD OG DRIFT

For biobrenselanleggene varierer årlig kjøpt vedlikehold mellom 15 - 50 000 kroner.

Vedlikehold for varmepumpene er 10-15000 kroner pr år.

I tillegg går det med tid til drifting og vedlikehold.



Figur 21 Årlig tidsforbruk fordelt på operasjoner.

Merk:

De Haes: Feiing og asketømming er inkludert i ettersyn og vedlikehold.

Vaage: Flishogging skjer direkte i flissiloen. Brenselfylling er derfor ikke et eget moment.

Hauer: Brenselfylling er inkludert i ettersyn og vedlikehold.

Medgått arbeidstid varierer mellom 60 og 235 timer pr år for biobrensel. Anleggene er ulike i størrelse og pr levert kWh betyr driftsarbeid en kostnad på 1,7-7 øre/kWh

For varmpumpene er det betydelig mindre arbeid og vi bruker ca 1 time pr uke til ettersyn og pr kWh varierer denne kostnaden mellom 2 og 5,3 øre.

4.6 VARMEKOSTNAD

For hvert enkelt gartneri er det beregnet en samlet varmekostnad. Den er sammensatt av brenselkostnad (el,flis,halm) , drift, vedlikehold og kapitalkostnad.

Tabell 18

Biobrensel	
Total varmekostnad, øre/kWh	
E	50,8
F	29,2
G	37,3
H	32,6
I	48,6
snitt	39,7

Tabell 18 viser resultatet for biobrenselanleggene. Variasjonen er betydelig og høyeste verdi er 74 % over minste.

Tabell 19

Varmepumper	
Total varmekostnad, øre/kWh	
A	37,2
B	56,9
C	52,5
D	37,2
snitt	46,0

Tabell 19 viser en snittpris som er 6.3 øre høyere enn for biobrensel. Variasjonen er ikke fullt så stor som for biobrensel.

Gjennomsnittlig har våre gartnerier levert 300 000 kWh pr da med varme enten fra bio eller varmepumpe. Hvis alternativ energipris er 55 øre, har en i gjennomsnitt spart mellom 27 og 45 000 kroner pr da og år etter at absolutt alle kostnader er betalt.

4.7 TILRÅDNING

Formålet med prosjektet har vært å samle fakta for å kunne gi gode råd til de som i fremtiden skal investere i konvertering fra strøm eller olje til annen, fornybar varmforsyning. Gartnerier som står foran store investeringer bør velge løsninger som gir problemfri drift og økonomisk gevinst.

På bakgrunn av innsamlede data og erfaringer i dette prosjektet gir vi følgende råd

4.7.1 FLISFYRING

Tilrådd avgitt effekt pr da veksthus 120 kW.

Maks brutto investering 4500 kroner pr kW .

Dette gir en brutto investering pr da på 540 000 kroner pr da. Med 35 % støtte blir netto investering 351 000.

Hvis varmebehovet er 400 000 kWh pr da, bør en slik kjele levere minimum 83% og får da en gangtid på vel 2750 timer. Med rentefot 6% og 10 års levetid vil varmeprisen fra et slikt

anlegg , fyrt med innkjøpt skogsflis, og 80% virkningsgrad på kjelen bli 53 øre pr kWh. Dette er en varmepris som knapt nok konkurransedyktig i dagens marked.

For en trygg økonomi må vi anbefale maks 2600 kroner netto investering etter støtte og 360 000 kWh levert pr da. En slik investering gir inntjeningstid på 4,3 år.

Tilgang på billig brensel, kan gi andre vurderinger.

4.7.2 VARMEPUMPER , LUFT TIL VANN

Tilrådd avgitt effekt pr da veksthus max 60 kW.

Maks brutto investering 5200 kroner pr kW .

Dette gir en brutto investering pr da på 312 000 kroner pr da. Med 21 % støtte blir netto investering 246 000.

Hvis varmebehovet er 400 000 kWh pr da, bør en slik kjele levere minimum 53% og får da en gangtid på vel 3500 timer. Med rentefot 6% og 10 års levetid vil varmeprisen fra et slikt anlegg med 270% virkningsgrad 41 øre pr kWh.

En slik investering gir inntjeningstid på 3,8 år.

5 VEDLEGG:

1. Sluttrapport Ekra gartneri
2. Sluttrapport de Haes gartneri
3. Sluttrapport Drivstua gartneri
4. Sluttrapport Guren gartneri
5. Sluttrapport Hanevold gartneri
6. Sluttrapport Hauer Gård og Gartneri
7. Sluttrapport Kjærnsrød gartneri
8. Sluttrapport Laanke gartneri
9. Sluttrapport Vaage gartneri
10. Rapport fra COWI v/Jørn Stene.