



ZERO

REDUKSJON AV UTSLIPP AV KLIMAGASSER FRA VEKSTHUSNÆRINGEN

ZERO-RAPPORT 2009

Kaya Grjotheim



Om ZERO

Zero Emission Resource Organisation er en miljøstiftelse som skal bidra til å begrense klimaendringene gjennom å vise fram og få gjennomslag for utslippsfrie energiløsninger. Vårt utgangspunkt er at det finnes en utslippsfri løsning for all energibruk. ZERO skal være konsekvente pådrivere for slike løsninger og jobbe for at de realiseres framfor forurensende.

Spørsmål om denne studien kan rettes til:
ZERO – Zero Emission Resource Organisation
Maridalsveien 10
0178 Oslo
www.zero.no
zero@zero.no



Innledning

Miljøstiftelsen ZERO synliggjør i denne rapporten tiltak som vil redusere klimagassutslipp og bidra til energieffektivisering i norsk veksthusnæring. Rapporten vurderer også aktuelle virkemidler som kan gjøre at tiltakene blir iverksatt.

Verden står med trusselen om menneskeskapte klimaendringer overfor en av sine største utfordringer noensinne. Bruk av fossil energi som olje, kull og gass fører til klimagassutslipp og er hovedårsaken til dette problemet. FNs klimapanel anbefaler at de globale klimagassutslippene må reduseres med 50-85 prosent innen midten av inneværende århundre, og deretter kanskje ytterligere kutt, dersom verden skal unngå de verste konsekvensene av klimaendringene. Klimapanelet (IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change, 2009) anslår også at for å hindre mer enn 2 graders oppvarming av den globale middeltemperaturen, et mål Norge og EU arbeider for, må utslippene i de rike landene kuttes med 25-40 prosent i perioden 1990-2020; i tillegg må utviklingslandene ha betydelig lavere utslippsvekst. Dess senere verden kommer i gang med reduksjonstiltak, dess større må utslippskuttene være. I praksis innebærer klimapanelets anbefaling at verdens rikeste land må slutte å slippe ut klimagasser.

Miljøstiftelsen ZERO har derfor som utgangspunkt at norske klimagassutslipp må reduseres med 90 prosent innen 2050 for å unngå katastrofale følger av klimaendringene. I praksis betyr dette at fossile energibærere som olje, kull og gass kun kan benyttes i tilknytning til CCS anlegg, hvor CO₂ fanges og deponeres. Utslippskilder hvor oppsamling av klimagassutslippene ikke er mulig, må basere seg på fornybar energi. Energieffektivisering er dessuten et viktig tiltak.

Veksthusnæringen er i dag en næring som i hovedsak baserer seg på elektrisitet og fossil energi til belysning av plantene og oppvarming av veksthusene. Utslippene fra veksthusnæringen

kan reduseres gjennom energieffektivisering samt overgang til fornybar energi. Næringen har i samarbeid med myndighetene begynt arbeidet med å konvertere til fornybar energi og iverksette tiltak for energieffektivisering, men mye gjenstår. Et godt utgangspunkt er at svært mange veksthus allerede har installert vannbårne varmesystemer som også kan brukes til fornybar oppvarming, noe som kan gjøre konverteringskostnadene lavere.

Når det gjelder oppvarming, finnes det i dag svært mange teknologier og fornybare løsninger som kan erstatte fossile energibærere, for eksempel fast biomasse (som pellets og flis), avfallsenergi, biofyringsolje, spillvarme, solvarme og varmepumper. Energieffektivisering er også et aktuelt tiltak, men ikke for enhver pris. Bruk av biobrensel vil i flere tilfeller medføre dårligere energieffektivitet enn bruk av fossilt brensel. Miljøstiftelsen ZERO mener allikevel at overgang til fornybar energi er riktig. ZERO har videre vurdert at elektrisk kraft er en høyverdig energiform som i utgangspunktet ikke bør benyttes til oppvarmingsformål. Dersom den allikevel skal benyttes til oppvarming, er det viktig å få så energieffektiv varme som mulig.

Zero Emission Resource Organisation er en miljøstiftelse som skal bidra til å begrense klimaendringene gjennom å vise fram og få gjennomslag for utslippsfrie energiløsninger. Vårt utgangspunkt er at det finnes en utslippsfri løsning for all energibruk. ZERO skal være konsekvente pådrivere for slike løsninger og jobbe for at de realiseres framfor forurensende. Denne rapporten er et innspill fra ZERO til Statens forurensingstilsyns (SFT) arbeid med Klimakur 2020 (Klimakur 2020, 2009). Utarbeidelsen av rapporten er støttet økonomisk av SFT, men det er ZERO som er ansvarlig for innholdet i rapporten.

Kapittel 1 redegjør kort for norsk veksthusnæring, energiforbruk og energikilder i næringen og dessuten dagens rammevilkår, særlig innenfor energiområdet. I kapittel 2 diskuteres muligheten

for konvertering fra fossil til fornybar energi. Rapporten konsentrerer seg her om ulike uforedledede og foredledede biobrensel, biofyringsolje og biogass og estimerer investeringskostnader så langt dette er mulig. I dette kapitlet vurderer vi også hvorvidt avgassen fra fornybare energibærere kan benyttes som luftgjødsling. Ulike eksempler på energieffektivisering gjennomgås i kapittel 3. Dette omfatter klimagunstig lokalisering av veksthus, bruk av varmepumper, solfangere, spillvarme og belysning. Videre gjør vi i kapittel 4 en sammenligning av investerings- og driftsutgifter mellom ulike energibærere. Kapitlet diskuterer så ulike barrierer for å implementere tiltakene og hvordan virkemiddelbruken kan bidra til at barrierene overvinnes. Rapporten oppsummeres i kapittel 5.

Denne rapporten er produsert i løpet av en relativt kort tidsperiode våren 2009, og det har derfor vært nødvendig å begrense arbeidsomfanget av rapporten noe. Dette er også bakgrunnen for at særlig kapitlet om energieffektivisering bare er belyst med eksempler. I kapittel 4 redegjøres det derfor om kunnskapshull der det bør utredes videre. Datamaterialet for rapporten er, i tillegg til skriftlige kilder og tidligere studier, innhentet fra Norsk gartnerforbund, samt gjennom telefonsamtaler med gartnere og leverandører av oppvarmingssystemer. Det må påpekes at siden bruk av fornybar energi i veksthus ennå ikke er veldig utbredt, er datagrunnlaget for å vurdere særlig investeringskostnader vesentlig dårligere enn for kostnader ved investeringer i olje- og elektrisitetsproduksjon.

Arbeidet med rapporten ble startet med en workshop 31. mars om klimatiltak i veksthusnæringen. Her deltok Norsk Gartnerforbund, Enova, Landbruks- og matdepartementet, Norsk Bioenergiforening, Universitetet for miljø- og biovitenskap, samt representanter for leverandørsiden på biobrenselanlegg.



Innhold

Innledning	3
Sammendrag	8
1. Status veksthusnæringen	10
1.1 Fakta om norsk veksthusnæring	10
1.2 Dagens rammebetingelser	14
2. Overgang fra fossile til fornybare energibærere	17
2.1 Uforedlet og foredlet biobrensel	17
2.1.1 Veksthus som benytter flis	19
2.1.2 Veksthus som benytter briketter eller pellets	20
2.1.3. Veksthus som benytter halm.....	21
2.2. Biofyringsolje	21
2.3. Biogass	22
2.4 Vurdering av avgassens renhet ved bruk som luftgjødning	23
3. Eksempler på energieffektivisering	24
3.1 Klimagunstig lokalisering av økologisk veksthus	24
3.2 Teknisk utforming, isoleringstiltak og nye materialer	24
3.3 Varmepumper	25
3.4 Solfangere	26
3.5 Lagring av overskuddsvarme	27
3.6 Spillvarme	27
3.7 Belysning	28
4. Oppsummering av tiltak, kostnader, barrierer, virkemidler og diskusjon ..	30
4.1 Kostnader forbundet med ulike energibærere.....	30
4.1.1 Investeringskostnader for biobrenselanlegg.....	31
4.1.2 Investeringskostnader for varmepumpe	31
4.1.3 Investeringskostnad for elektrokjel og oljekjel.....	31
4.1.4 Kostnader forbundet med biogass	32
4.1.5 Driftsutgifter for biobrensel, varmepumpe, elektrokjel, oljekjel og gasskjel.....	33
4.2 Kostnader forbundet med energieffektivisering.....	33
4.3 Barrierer og virkemidler.....	33
5. Konklusjon	36
Kilder:.....	38

Vedlegg 1: Investeringskostnader skyggeanlegg	40
Vedlegg 2: Investeringskostnader - flisfyring i veksthus	42
Vedlegg 3: Investeringskostnader - Varmepumpe i veksthus	47
Vedlegg 4: Flisfyringsanlegg.....	50



Sammendrag

Oppvarming av veksthus foregår i dag med fossil energi eller elektrisitet. Kun 1 % av energien benyttet til oppvarming er bioenergi. Alternativene til fossil energi, benyttet til oppvarming i veksthusnæringa, er flere. Veksthus har i all hovedsak vannbåren varme og forholdene ligger derfor svært godt til rette for å konvertere fra fossil til fornybar energi i form av biobrenselanlegg. Rammevilkårene avgjør hvorvidt konvertering finner sted eller ikke. Elektrisk kraft er en høyverdig energiform som i utgangspunktet ikke bør benyttes til oppvarming. Av den grunn anbefales konvertering av elektrokjeler til biobrensel eller varmepumpe. Utfasing av den fossile energien, og utslippene fra denne vurderes allikevel som viktigst. Naturgass benyttes i dag til oppvarming av veksthus primært i Rogaland, hvor drøyt 100 veksthus er tilknyttet Lyse Gass. Overgang til desentraliserte gårdsbiogassanlegg er et aktuelt tiltak. Naturgasskonverteringen som har foregått i Rogaland, er et trist eksempel på at regjeringens egen målsetning om at fossil gass ikke skal utkonkurrere fornybare energibærere, ikke er innfridd. Rogaland er det fylket i Norge med størst potensial for biogass, med 600 GWh tilgjengelig. Av denne energimengden kommer 500 GWh fra husdyrgjødsel. ZERO foreslår derfor at norske myndigheter satser særskilt på å få etablere biogassanlegg på gårder i Rogaland.

Elektrokjel som grunnlast og biofyringsolje som topplast kan være et aktuelt tiltak der ulike forhold gjør konvertering til biobrensel eller varmepumpe vanskelig. Dette tiltaket har dessuten neglisjerbare investeringskostnader ettersom eksisterende utstyr kan benyttes.

Investeringskostnadene for biobrenselanlegg og

varmepumper ligger mellom 4 og 17 øre/kWh. Investeringsutgifter for gårdbiogassanlegg ligger mellom 22 og 39 øre/kWh. Investeringskostnaden for dagens mest utbredte alternativ, som er elektrokjel og oljekjel, ligger mellom 3 og 7 øre/kWh.

Biobrensel er rimeligere enn fossile brensel, men svært mange barrierer gjør at dagens virkemiddelregime ikke utløser konvertering til fornybar energi. Manglende kompetanse på biobrenselanlegg og varmepumper blant gartnerne, kombinert med lav investeringsevne og manglende langsiktighet i bransjen, er viktige årsaker til at tiltak ikke blir utløst.

ZERO konkluderer derfor at rett til investeringsstøtte og avgift på fossile energibærere er viktige virkemidler for å oppnå at flere aktører konverterer til fornybare energibærere.

Vi anbefaler også at staten og jordbruksorganisasjonene viderefører prosjektet "spesialrådgivning energi" som de sammen etablerte i jordbruksavtalen 2008. Det bør også etableres flere demonstrasjonsanlegg, spesielt for belysning og bruk av solfangere. Fokus på kompetansebygging og kampanjer bør også videreføres.

Forpliktende avtaler som forhindrer konvertering til naturgass, bør inn i jordbruksavtalen.

Et tiltak som deler av bransjen antar vil ha betydning fram mot 2020, er LED-lys (Light Emitting Diode) til belysning i veksthus istedenfor tradisjonelle høytrykksnatriumslamper. Vi har anslått reduksjonspotensialet for dette tiltaket, i tabellen på neste side, til å være en tredjedel sammenliknet

Tiltak	Erstatter	Kraftbesparelse	Reduksjon i tonn CO ₂
Biobrenselanlegg og varmepumpe	Olje og propan	100-200 GWh strøm (avhengig av andel varmepumper og biobrenselanlegg som introduseres)	32.065 tonn CO ₂ fra olje 13.530 tonn CO ₂ fra propan
Gårdbiogassanlegg	Naturgass		33.825 tonn CO ₂ fra naturgass

Tabell 0.1 Konvertering fra fossil til fornybar energi

med strømforbruket ved dagens belysning. Dette er et usikkert anslag, ettersom tiltaket er såpass lite utprøvd.

For spillvarme, solfangere og bruk av nye materialer anser vi det ikke forsvarlig å estimere et reduksjonspotensial. Solfangere er et tiltak som bør utredes videre og som kan ha stort potensial fram mot 2020.

Tiltak	Energireduksjon	Reduksjon i tonn
Isolerende gardin introdusert etter konvertering til fornybar energi	30 % av 600 GWh varme: 180 GWh	Ingen direkte CO2 reduksjon
Isolerende gardin introduseres uten konvertering til fornybar energi	30 % av strømforbruket til elektrokjel: 61 GWh strøm	CO2-reduksjon på 30 % av 82000 tonn CO2: 24600 tonn CO2
LED-lys	Ca 100 GWh strøm	Ingen direkte CO2-reduksjon

Tabell 0.2 Reduksjon i energiforbruk

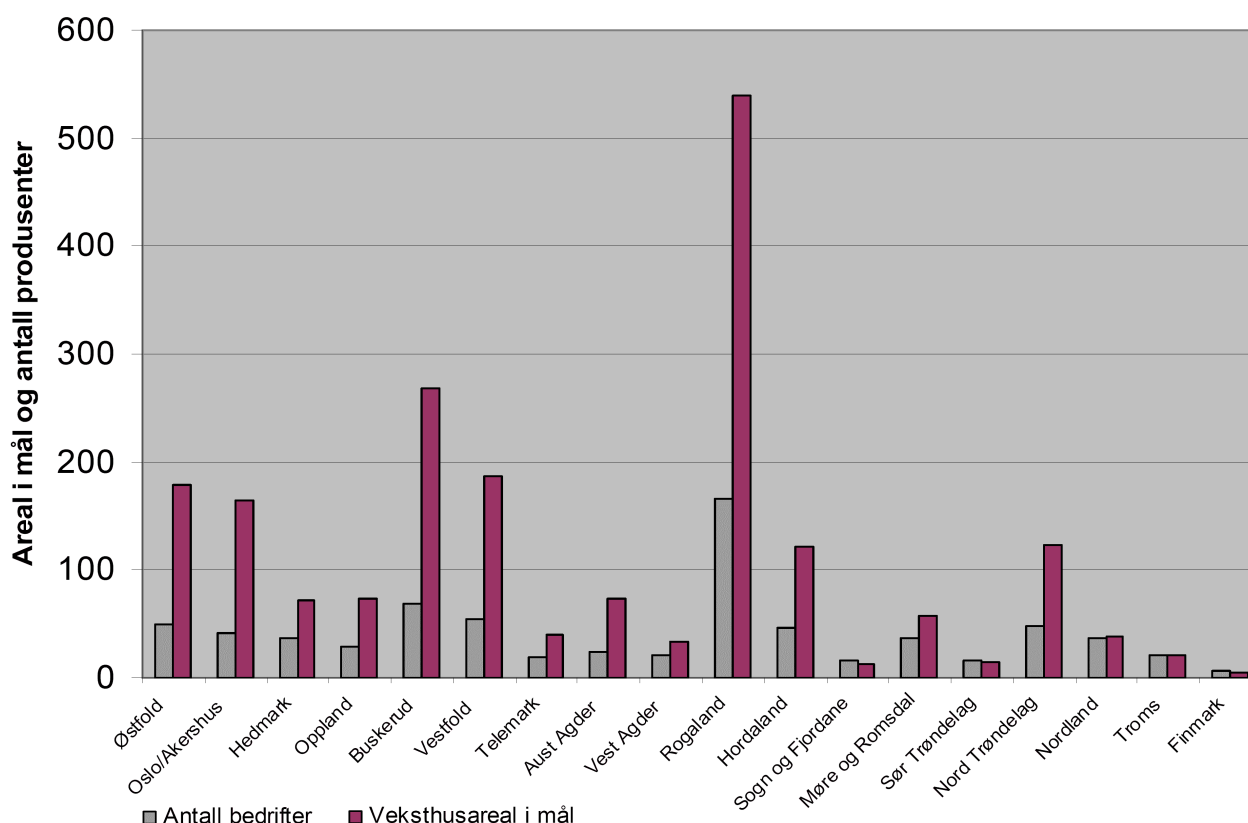


1. Status veksthusnæringen

1.1 Fakta om norsk veksthusnæring

Den norske veksthusnæringa besto i 2006 av 737 produsenter. Gjennomsnittlig veksthusstørrelse per driftsenhet var i 2004 på vel 2 dekar (Statistisk Sentralbyrå, 2009). Figur 1 viser antall produsenter og areal fordelt på fylker. Av figuren ser vi at Rogaland er fylket med flest produsenter og størst veksthusareal. Veksthusarealet i Rogaland utgjør 27 prosent av landets totale veksthusareal.

produsentene dekker derfor om lag 25 prosent av det totale veksthusarealet i Norge. Oversikten fra Statistisk sentralbyrå (se nedenfor) omfatter også arealer tilknyttet veksthuset. Dette vil ofte dreie seg om bygningsmasse som pakkerier, butikkutsalg, garderober m.m.



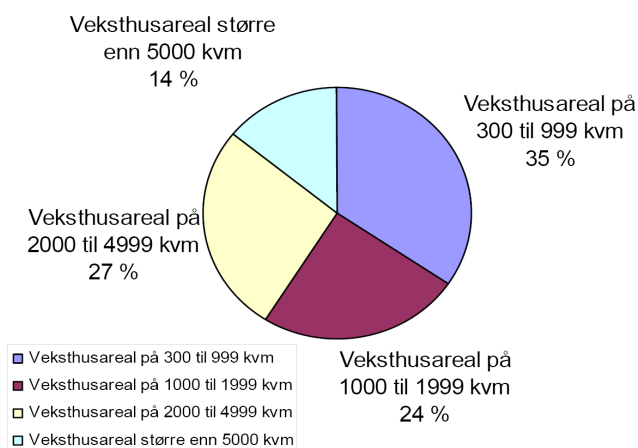
Figur 1: Veksthusareal og produsenter fordelt per fylke.
Kilde: Norsk Gartnerforbund.

85 prosent av alle norskproduserte tomater dyrkes i Rogaland.

Tendensen er ifølge Norsk Gartnerforbund (NGF) færre produsenter og større areal per aktør. Norsk Gartnerforbund forventer at denne utviklingen vil fortsette.

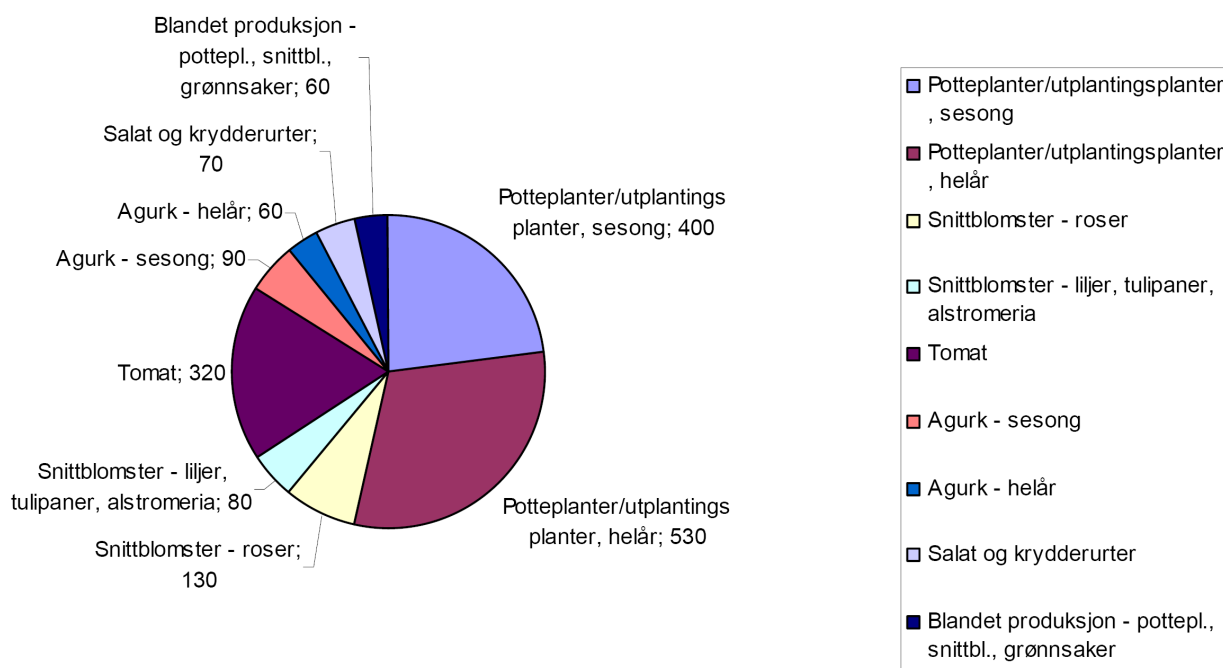
Figur 2 viser fordelingen av produsentene ut fra størrelse. Som vi ser av figuren har den største gruppa veksthusareal på mellom 300 og 999 kvadratmeter. 254 produsenter – rundt 35 prosent – befinner seg i denne gruppa. 105 produsenter har veksthus med større areal enn 5000 kvadratmeter. De største

Fordeling av veksthusareal SSB 2006



Figur 2: Antall produsenter fordelt ut fra størrelse.
Kilde: Norsk Gartnerforbund

Areal av ulike kulturer i dekar, totalt 1740 dekar (NGF 2006)

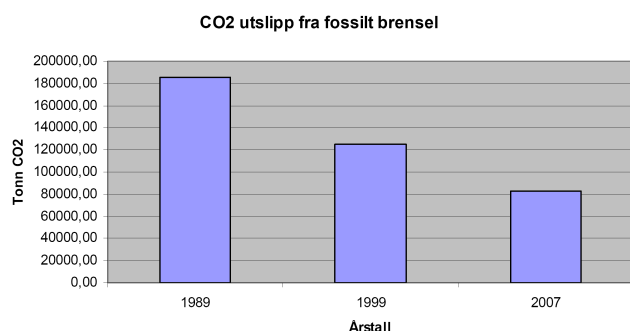


Figur 3: Areal fordelt på de ulike veksthuskulturene. Kilde: Norsk Gartnerforbund.

Figur 3 viser hva som dyrkes i veksthusene. 35 prosent av norsk veksthusareal blir benyttet til matproduksjon, mens 65 prosent (av arealet) benyttes til plante- og blomsterproduksjon.

Norsk Gartnerforbund har ikke statistikk som viser sammenhengen mellom produksjonskultur og veksthusstørrelse (Norsk Gartnerforbund, 2009).

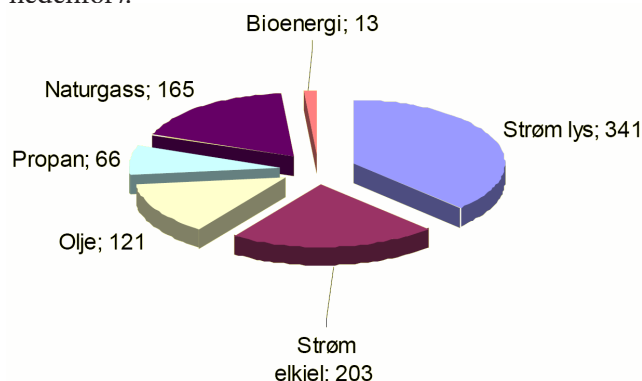
Veksthusnæringen baserer seg i dag i hovedsak på elektrisitet og fossil energi til belysning av plantene og oppvarming av veksthusene. Utslippene fra veksthusnæringen er illustrert under, i figur 4. Som vi ser av figuren, har utslippene gått ned, blant annet fordi næringen har gått over fra bruk av fyringsolje til elektrokjele. Kullfyring var også vanlig til oppvarming av veksthus på 1970- og 80-tallet, og utfasing av kull har også medført reduksjon i utslippene. Det ble innført CO₂-avgift på kull tidlig på 90-tallet.



Figur 4: Utslipp av CO₂ fra brenning av fossilt brensel benyttet i veksthus (Kilde: Norsk Gartnerforbund)

En annen viktig grunn til at utslippene har gått ned, er overgangen fra glass til "kanalplater" på 1980-tallet. Kanalplatene er doble med et isolerende luftlag imellom. De er produsert i akryl eller polykarbonat. Etter 1980 har disse blitt brukt i gavl og vegger på veksthusene, mens det fortsatt benyttes glass i takene, ettersom kanalplater hindrer noe av lysinnstrålingen. Bruken av kanalplater har medført en nedgang i energiforbruket og dermed også i CO₂-utslipp. I tillegg har bruken av isolerende gardiner økt, med lavere varmetap og mindre behov for oppvarming som resultat.

Norsk Gartnerforbunds energiundersøkelse fra 2007 viser at næringen har et samlet årlig energibehov på 1 TWh. Rundt 35 prosent av energiforbruket går til vekstlys mens resten går til oppvarming i form av elektrisitet, propan, olje, naturgass og biobrensel (se fordelingen mellom de ulike energikildene på figur 5 nedenfor).



Figur 5: Energiforbruk i veksthus i 2007, totalt forbruk: 909,1 Gwh. (Kilde: Norsk Gartnerforbund)

Mest utbredt i næringen er bruk av elektrokjel og oljekjel til oppvarming (Norsk Gartnerforbund). Prisen på strøm og olje avgjør hvor stor respektiv andel av disse energikildene som benyttes, men ifølge Norsk Gartnerforbund er det mest utbredt at elektrokjel benyttes som grunnlast og olje som topplast.

Vi har valgt å redegjøre for investeringskostnader og driftsutgifter til elektrokjel og oljekjel i dette kapitlet, ettersom elektrisitet og olje er de mest utbredte energibærerne i bruk i næringen per i dag. Investeringskostnader og driftsutgifter for biobrensel er oppgitt i kapittel 2, mens kostnadene for investering og drift av varmepumper er oppgitt i kapittel 4.

I beregningen av investeringskostnad per kWh produsert energi er levetiden for elektrokjeler anslått til 20 år og gangtid per år 2500 timer.

Å anslå gangtiden for elektrokjel og oljekjel er derimot vanskelig, ettersom de fleste gartneriene som bruker elektro- og oljekjel veksler mellom å bruke strøm og olje avhengig av pris.

Vedlikeholdsutgiftene for elektrokjel er mellom 10.000 og 15.000 NOK per år (Jarotech, 2009). I tillegg forbruker elektrokjelen kontinuerlig en viss mengde strøm til egen drift, tilsvarende et par hundre watt. Øvrige driftsutgifter varierer med strømprisen.

I likhet med elektrokjeler er levetiden også for oljekjeler og brennere satt til 20 år. Gangtiden for oljekjel er som tidligere nevnt vanskelig å anslå, men vi har valgt å operere med en noe lavere gangtid enn for elektrokjel – 1000 timer – ettersom oljekjel ifølge NGF benyttes som topplast.

Kjel-størrelse i kW	Investeringskostnad for kjel, i NOK (oppgitt av Varmeteknikk Brobekk) i kW	Pris for installering (anslått av Jarotech), i NOK	Investering pr kWh, i NOK
105	43.110	150.000	0,04
120	43.650	150.000	0,03
225	55.400	150.000	0,02
300	61.200	150.000	0,01
375	91.080	250.000	0,02
450	104.840	250.000	0,016
600	126.560	250.000	0,01
750	175.280	250.000	0,001
1.200	187.110	350.000	0,009

Tabell 1.1: Investeringskostnader for elektrokjel.

Kjel-størrelse i kW	Investeringskostnad oljekjel, i NOK (oppgitt av Varmeteknikk AS)	Pris for brenner, i NOK (oppgitt av Varmeteknikk AS)	Pris for installering, i NOK (oppgitt av Jarotech)	Investering pr kWh, i NOK
130	24.470	7.490	150.000	0,07
170	27.860	9.760	150.000	0,06
210	30.960	9.154	150.000	0,05
250	33.960	14.355	150.000	0,04
350	57.200	20.455	250.000	0,05
465	59.900	20.455	250.000	0,04
600	63.800	25.841	250.000	0,03
815	71.900	26.941	350.000	0,03
1.200	115.000	40.000	350.000	0,02

Tabell 1.2: Investeringskostnader for oljekjel (Varmeteknikk, 2009).

Vedlikeholdsutgiftene for oljekjel er omtrent like som for elektrokjel, men oljekjeler forbruker i tillegg om lag 1000 W til egen drift. Øvrige driftsutgifter avhenger av oljepris. Energipriser er gitt i tabell 1.3.

Bruken av varmepumper i norske veksthus øker. Gartneriene kan spare betydelige driftsutgifter til oppvarming ved å benytte varmepumpe, ettersom strømforbruket reduseres. En utfordring ved bruk av varmepumper er at energileveransen er avhengig av

Priser angitt i øre pr kWh, omregnet etter energiinnhold og	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009*
Oljepris (fyringsolje nr 1)	34,57	36,19	41,32	51,68	57,53	57,26	79,77	62,00
El-pris (uprioritert overføring + nettleie)	26,80	36,41	31,61	30,29	46,59	27,56	39,45	45,00
Propangass	-	-	31,56	33,86	38,89	39,21	43,22	38,00
Naturgass	-	-	23,36	25,66	30,11	19,81	27,23	28,00
								*

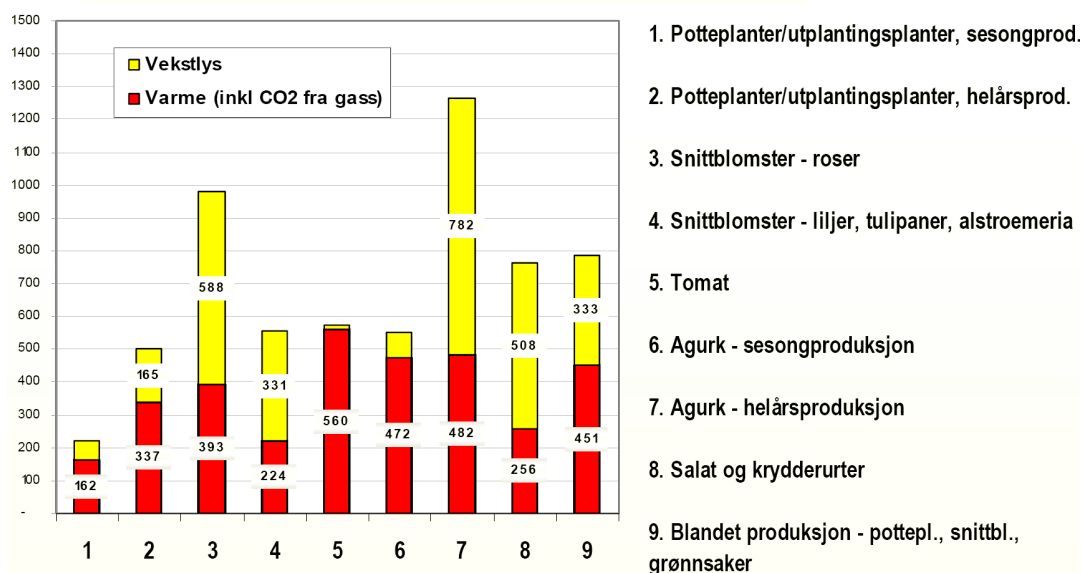
Tabell 1.3: Energipriser i tidsrommet 2002-2009 (Norsk Gartnerforbund).

Naturgass som energikilde er spesielt utbredt i deler av Rogaland, hvor 103 gartnerier er tilknyttet Lyses naturgassnett. Også propan benyttes til oppvarming. Omtrent 1 prosent av det totale energiforbruket i veksthusnæringen ble i 2007 dekket av bioenergi. Flis fra lokale leverandører, briketter, biogass fra avfallsdeponi og industriflis er viktige bioenergialternativer. Innfasing av biobrensel i veksthusnæringen medfører at gartneriene må investere i biobrensel-anlegg. Dette er relativt kostnadskrevende sammenlignet med installasjon av el-, olje- eller gasskjel. En biokjel krever dermed høy brukstid (gangtid) for at investeringen skal være lønnsom. Dette kan være en utfordring for veksthus, hvor de kun benyttes deler av året.

temperaturen på varmereservoaret pumpa bruker. På svært kalde dager vil veksthuseiere med varmepumper være avhengig av en spisslast som dekker 100 prosent av varmebehovet.

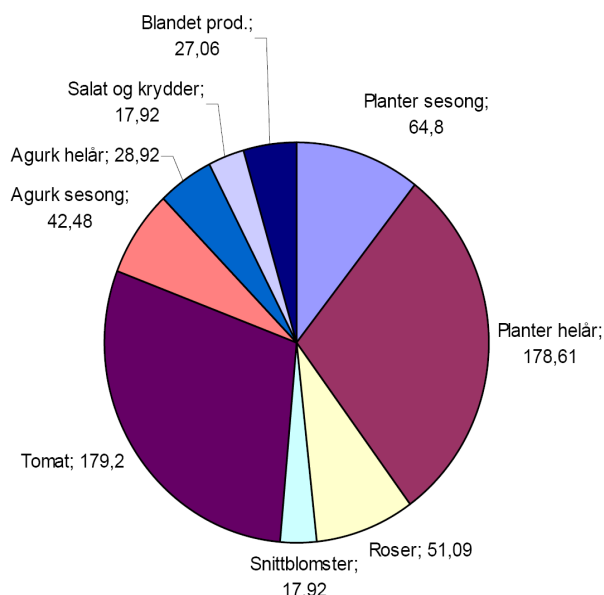
Energibehovet i veksthusnæringen avhenger av vekstkultur, altså hva som dyrkes i veksthusene. Ifølge den tidligere nevnte energiundersøkelsen fra Norges Gartnerforbund er noen kulturer mer varmekrevende enn andre. Som det framgår av figur 6 under, har tomat størst varmebehov, fulgt av agurk. Også behovet for belysning varierer med kultur. Agurk er kulturen med det desidert største lysbehovet, med roser som nummer to.

Energiforbruk pr m2 pr år for ulike veksthusproduksjoner



Figur 6: Gjennomsnittlig energiforbruk pr. kvadratmeter og år for ulike kulturer/produksjoner. Kilde: NGF, Energiundersøkelsen 2006.

Energi til oppvarming i GWh



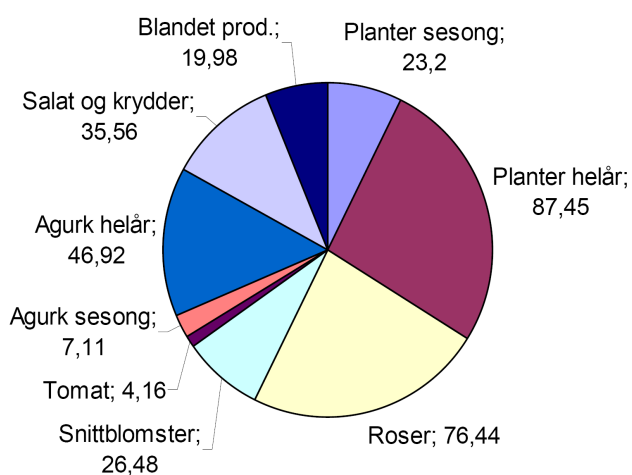
Figur 7: Energiforbruk til oppvarming fordelt på kulturer (med underlagsdata fra energiundersøkelsen til NGF 2006).

Figur 7 og 8 viser det totale energiforbruket henholdsvis til oppvarming og belysning for de ulike vekstkulturene i norske veksthus. Utregningen er basert på arealfordelingen mellom vekstkulturene samt vekstkulturenes årlige energiforbruk per kvadratmeter.

Av de 178,61 GWh som benyttes i helårs veksthus til planteproduksjon, er 9,54 GWh biobrensel.

Totalt energiforbruk til oppvarming er 608 GWh. Som vi ser av figur 7 benyttes ca 30 prosent av energien til dyrking av tomat og like mye til helårsproduksjon av planter.

Energi til belysning i GWh



Figur 8: Energiforbruk til belysning fordelt på kulturer (basert på data fra energiundersøkelsen til NGF 2006).

Som vi ser av figur 8 er den totale energimengden som brukes til belysning i norske veksthus 327,3 GWh. Omtrent 27 prosent av denne energien benyttes til belysning av helårs plantekulturer, mens 23 prosent benyttes til belysning av roser. Belysning av agurk står for 17 prosent av energiforbruket.

Belysning med høytrykksnatriumslamper er helt dominerende i bransjen. Virkningsgraden for disse lampene er på 30-36 prosent, altså andelen tilført energi som blir til lys, resten frigis som varme. Under noen klimatiske forhold vil man ha behov for lys, men ikke varme. I slike tilfeller må produsert varme derfor luftes ut. Et par norske produsenter er i ferd med å prøve ut LED- lamper (Light Emitting Diode, se kapittel 3.7). En av disse produsentene er Kjorsvik gartneri i Trøndelag (Kjorsvik, 2009).

Klimaet i veksthuset er avgjørende for kvaliteten på det ferdige produktet. Varme og lysbehov er allerede nevnt. I tillegg er CO₂-konsentrasjon og luftfuktighet i veksthuset viktige faktorer for optimal vekst. Avansert klimastyring og kontroll med alle betingelser er avgjørende.

Mange veksthus tilfører CO₂ som luftgjødsling, og i Rogaland benyttes avgassen fra den forbrente naturgassen, som brukes til å varme opp veksthuset. Røykgassen fra naturgass er tilnærmet lik ren CO₂, som plantene trenger til vekst gjennom fotosyntesen. Avgassen blir derfor ført tilbake til veksthuset. Anbefalt CO₂-konsentrasjon i veksthus er 600-1000 ppm (parts per million) (Bævre, Bø, Jelsa, Randeberg, & Verheul, 2006). Dersom veksthuset ikke tilføres CO₂, vil konsentrasjonen av CO₂ i deler av året synke til under utenivået på 370 ppm. Ved lufting på varme dager vil mye av CO₂-gassen luftes ut. Praksis er allikevel å tilføre CO₂. Noen veksthus kjøper ren CO₂ på flasker fra Yara og Hydro og bruker den til luftgjødsling.

Røykgassene fra biobrensel er i utgangspunktet ikke rene nok til at de kan tilbakeføres direkte til plantevekst i veksthus.

1.2 Dagens rammebetingelser

I dette kapittelet blir det gitt en kort oppsummering av dagens rammebetingelser, som gjelder for norsk veksthusnæring. Veksthusnæringen er en del av norsk jordbruk og reguleres av jordbruksavtalen. I tillegg er det nedfelt støtteprogrammer for fornybar energi, som administreres av Enova (Enova, 2009) og Innovasjon Norge (Innovasjon Norge, 2009), som vil bli nærmere beskrevet.

Produsenter av matvekster i veksthus mottar landbruksstøtte i henhold til jordbruksavtalen. Produsenter av planter og snittblomster mottar ikke den samme støtten. Det føres forhandlinger mellom staten og jordbruket om priser på jordbruksvarer og andre bestemmelser for næringen. Jordbrukets forhandlingsansvar er lagt til Norges Bondelag og Norsk Bonde- og Småbrukarlag. Statens forhandlingsutvalg oppnevnes av regjeringen.

I den generelle energipolitikken har det i flere år vært et uttalt politisk mål i Norge å øke bruken av fornybar varme for å redusere klimagassutslippene i oppvarmingssektoren, samt å gjøre oppvarming mindre avhengig av elektrisitet. Det er videre et ønske fra norske styresmakter at fossil gass ikke skal utkonkurrere de mest miljøvennlige, fornybare energiformene (St.meld. nr. 34 (2006-2007) - Norsk klimapolitikk, 2006).

Biobrensel sto i 2007, som tidligere nevnt, for ca 1 prosent av energiforbruket i veksthusnæringen. Landbruks- og matdepartementet (LMD) ønsker å øke denne andelen. LMDs målsetning er at oljeforbruket og en del av elkjølförbruket konverteres til biobrensel.

Norsk Gartnerforbund (NGF) arrangerte i samarbeid med Innovasjon Norge (Innovasjon Norge, 2009) og Energigården (Energigården AS - Senter for Bioenergi, 2009) en bioenergikampanje for veksthusnæringen i 2007. Kampanjen skulle spre kunnskap og informasjon om bioenergi til gartnere blant annet gjennom regionale kurs og foredrag, samt diverse informasjon på hjemmesidene til NGF og Energigården. I forbindelse med kampanjen ble det også valgt ut noen gartnerier som ble demo-anlegg for biobrensel. Et mål med kampanjen var å få flere veksthus til å konvertere til biovarme.

I jordbruksavtalen 2008 ble det vedtatt å etablere et treårig prosjekt: "Spesialrådgivning energi i veksthusnæringen". Norsk Gartnerforbunderansvarlig for gjennomføringen. Prosjektets styringsgruppe hadde sitt første møte 8. januar 2009 der tiltaks- og arbeidsplan for 2009 ble vedtatt. Hovedmålet i 2009 blir å få på plass og testet ut verktøyet som skal brukes når veksthusgartneriene skal få tilbud om en energianalyse/rådgivningspakke. Dette skal bli et landsdekkende tilbud som munner ut i konkret tiltaksplan for det enkelte gartneriet m/økonomiske beregninger (NGF).

Regjeringen varslet i Stortingsmelding nr 34 (2006-

2007) at den ville gjennomgå det norske skatte- og avgiftssystemet med sikte på å fremme miljøvennlig adferd. I 2007 ble grunnavgiften på olje doblet. I 2009 er avgiftssatsen for bruk av fossil olje 0,87 kr/per liter i grunnavgift i tillegg til 0,57 kr/liter i CO₂-avgift. Myndighetene har dessuten vedtatt å innføre CO₂-avgift på fossil gass. Dette vedtaket er ennå ikke trådd i kraft, på grunn av klagebehandling i ESA (ESA, 2009) som er EFTAs overvåkningsorgan. I forslaget om CO₂-avgift på gass som ble sendt på høring, var veksthusnæringen unntatt avgiften på fossil gass.

Avgiftspolitikken har mye å si for konkurranse-situasjonen for de fornybare oppvarmingsløsningene. En viktig årsak til at Sverige har lyktes med å konvertere fra fossil til fornybar varme, er det høye avgiftsnivået på fossile oppvarmingskilder. Sammenlignet med svensk avgiftsnivå ligger det totale norske avgiftsnivået på fossil fyringsolje 1,9 kr/liter lavere.

I dag eksisterer det en ordning som gir redusert nettleie til eiere av anlegg med brensel som kan være en reserve til bruk av elektrisitet på kort varsel. Denne rabatten på utkoblbart forbruk blir benyttet av svært mange brukere som også har oljefyr. Brukeren vil da veksle mellom å benytte strøm og olje avhengig av pris til enhver tid. Ordningen har fungert som en barriere mot å skifte til andre mer miljøvennlige løsninger, fordi brukerne har vært sikret billig elektrisk oppvarming. Ordningen vil derfor avvikles, forskriftsendringen om dette har vært på høring og vil trolig innføres 1. juni 2009. Også veksthusnæringen benytter seg i dag av utkoblbar kraft. Ifølge NGF vil det påløpe en ekstrapågift på 75 millioner per år når denne avvikles. Per kWh tilsvarer ekstrapågiften 12-15 øre i snitt, men for noen aktører mye mer ettersom utforming av tariffen (i stor grad) varierer.

Bransjen har konkurranse fra utlandet og vurderer selv at varmekostnaden ikke bør overstige 40 øre/kWh. Helst bør kostnaden ligge ned mot 35 øre/kWh. Brenselpris for biobrensel er lavere enn prisen på propan og olje, men for at investeringen skal bli lønnsom, er det viktig at mest mulig av varmebehovet dekkes av biobrensel (NGF).

Norske veksthus har i følge NGF høyere energikostnader enn nederlandske veksthus, som i stor grad benytter gass til en pris på 20 øre/kWh. I Norge er strømprisen typisk 40 øre/kWh. Norsk veksthusnæring er unntatt både el- avgift og foreslått CO₂-avgift på gass. I Danmark benytter veksthusbransjen fjernvarme, og energiprisen er 17-

18 øre/kWh .

Statens satsing på utbygging av fornybar og klimavennlig oppvarming skjer også gjennom støtteordninger formidlet av Enova SF og Bioenergiprogrammet til Innovasjon Norge.

For å sikre bruk av fornybar energi støtter Enova utbygging av infrastruktur for fjernvarme, ny-etablering av fjernvarmeproduksjon, konvertering av elektrisitet til vannbåren varme basert på fornybare energikilder eller fjernvarme og dessuten konvertering til, eller etablering av, ny varmeproduksjon basert på fornybare energikilder.

Bioenergiprogrammet er en del av jordbruksavtalen og finansieres gjennom Innovasjon Norge. Programmet gir 30 prosent investeringsstøtte til introduksjon av halm, ved eller flis som energibærer. Pellets blir det derimot ikke gitt støtte til gjennom Bioenergiprogrammet. Grunnen er at hensikten med programmet er å utnytte de lokale ressursene bøndene selv har råderett over, best mulig (Trond Hammeren, Innovasjon Norge). Pellets anses å være et mer industrielt produkt. Bioenergiprogrammet finansierer heller ikke de største prosjektene. Kjelstørrelsen kan maksimalt være 1 MW. Store aktører må derfor søke Enova om støtte. Bioenergiprogrammet gir også tilskudd til forstudier i bruk av bioenergi til veksthus som en regner med at vil søke investeringsmidler fra programmet. Bioenergiprogrammet kan dermed støtte utredninger om felles utfordringer for bransjen knyttet til biovarmeanlegg i veksthus.

Gartnerne som oppfyller både Enovas og Innovasjon Norges kriterier, kan derfor velge hvem de ønsker å søke om investeringsstøtte. Støtteprogrammene til Enova og Innovasjon Norge er ikke identiske. De har litt ulike utregningsmodeller, men de er noenlunde likeverdige (Trond Hammeren). Enova har en ren energimessig målsetning, hvor man beregner hvor mye støtte som er nødvendig for å oppnå en viss internrente. Innovasjon Norge derimot har et mål om at prosjektene de støtter, skal bli lønnsomme.

Innovasjon Norge vil i samarbeid med Enova og Norsk Gartnerforbund (NGF) etablere et prosjekt med referanseanlegg for veksthusenergi (Retningslinjer for bioenergiprogrammet februar 2008). Enova og NGF inngikk i 2007 en fireårig samarbeidsavtale for å sette fokus på energibruken i norsk veksthusnæring. Avtalen skal bidra til at medlemmer i NGF satser helhetlig og strategisk på konvertering av egne anlegg til fornybar energi. Målet er at næringen i løpet av fire år (2007-2011) skal konvertere 120 GWh el- og oljebasert oppvarming til oppvarming basert på fornybare energikilder og varmepumper. Energieffektiviseringstiltak er også fokusert. Bedre isolering av varmtvannsledninger, mer bruk av gardiner og optimalisering av bruk av innsatsstoffer i produksjonen er aktuelle tiltak.



2. Overgang fra fossile til fornybare energibærere

I dette kapittelet er ulike former for fornybar energi i veksthus belyst. Data er samlet inn fra Norsk Gartnerforbund (NGF), gjennom telefonsamtaler med gartnere, fra leverandører av biobrenselanlegg, fra ZERO-rapporter, samt fra internett. I rapporten defineres "uforedlet fast biobrensel" som flis, halm, ved og lignende. "Foredlet biobrensel" er briketter og pellets. I tillegg omhandler dette kapittelet biofyringsolje og biogass. Med bakgrunn i innsamlet data har vi i ZERO beregnet investeringskostnader for ulike anlegg. En usikkerhet i våre beregninger er variasjon i det innsamlede materialet med hensyn til hvilke kostnader som der er tatt med. I forbindelse med bygging av biobrenselanlegg er eksempelvis lagerbygninger for halm en relativ stor utgift, som leverandøren av selve brenselet ikke har med i sitt kostnadsoverslag.

Ettersom bruk av fornybar energi i veksthus ennå ikke er veldig utbredt, og datagrunnlaget derfor er lite, er de ulike energibærerne belyst med eksempler på veksthus som benytter dem. Hvorvidt avgassen fra fornybare energibærere kan benyttes som luftgjødsling, er omtalt under punkt 2.4.

2.1 Uforedlet og foredlet biobrensel

Uforedlet biobrensel er karakterisert ved at råstoffet i liten grad blir bearbeidet før det benyttes som brensel. Bearbeidingen som gjøres, er stort sett tørking og kapping/opphogging av råstoffet. Bortsett fra ved er de uforedlete biobrenslene best egnet i større forbrenningsanlegg. Skogsflis eller grønnflis blir produsert direkte fra skogsvirke. Råstoffet kan være tynningsvirke, lautrevirke eller hogstavfall (GROT = greiner og topper) fra sluttavvirkning. Virket blir fliset opp enten med mobile flishoggere i skogen, ved skogsbilvei eller ved terminal. Størrelsen på skogsflisen varierer med kvaliteten på virket og på flishoggertypen. Fastmassen i skogsflis er normalt ca 40 prosent. Før flis kan benyttes som brensel, må den tørke. Ved lagring under tak fra fire til seks måneder kan flis tørke fra 40 prosent til 25-30 prosent fuktighet. Sagflis er flis fra skjæring av trevirke, og utgjør ca 9 prosent av tømmervolumet. Fuktigheten i tørr sagflis er som regel 15-20 prosent, mens rå sagflis kan ha et fuktinnhold på 35-50 prosent. Fastmassen i sagflis ligger på 30-35 prosent (Nobio, 2009).

Halm er også en aktuell bioenergibærer. Energiinnholdet i halm varierer med fuktigheten.

Halm med fuktighet på maks 17 prosent er lagerfast og har et energiinnhold på rundt 4.200 kWh/tonn.

Mengde halm produsert per dekar per år er vanskelig å forutsi, på grunn av svingninger i forhold som temperatur, nedbørsmengder, stråforkorting og kornsort. Høstbar andel halm ligger normalt på 60-70 prosent av kornavlingen. For bygg og havre kan derfor en konservativ betraktning ta 220-260 kilo halm per dekar som utgangspunkt for å beregne årlig ressurstilgang på halm. Hvete- og rugavlinger vil derimot gi 300-350 kilo halm per dekar.

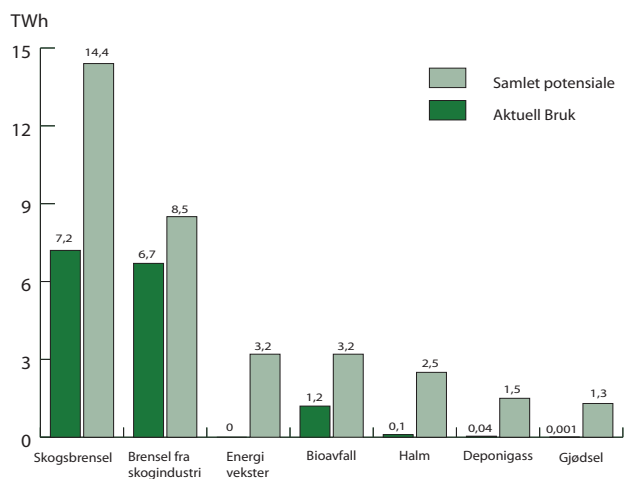
Halm består av mye alkalimetaller. Når halm forbrennes til energiformål, vil halmasken (ca 3-5 prosent av halmen blir aske) derfor ha et lavt smeltepunkt, rundt 700-800°C. Dette resulterer i slagging. En måte å redusere slaggingen er å "vaske" halmen. Da lar en halmen ligge ute til det har vært et regnskyl for så å presse halmen sammen etter at den har tørket opp igjen. Regnet som renner gjennom halmen og ned i jorda, tar med seg alkalimetaller og reduserer slaggingen når halmen senere brennes. Skulle regnet utebli, vil nattedoggen i løpet av en uke gjøre den samme nytten. Under norske forhold kan slik halmbehandling være en utfordring med tanke på kortere høstesesong, klimatiske variasjoner og mye sesongarbeid som må gjøres unna på relativt få uker. Halm som har blitt vasket, kalles også grå halm. Erfaringer viser at vasket halm gir bedre fyringsegenskaper (Energigården).

Briketter er stavformede kubber av sammenpressede flispartikler. Brikettene har en diameter på 50-75 mm, og lengden kan variere fra noen få cm opp til rundt 20 cm, avhengig av råstoffets beskaffenhet og produksjonsprosess. Råstoffet utgjøres gjerne av kutterflis og tørket sagflis, men også rivingsvirke og grønnflis fra skogen kan benyttes til brikettproduksjon. Råstoffet bør ikke være fuktigere enn 12 prosent. Selve produksjonen skjer i spesialbygde presser. Briketter benyttes som regel i større fyringsanlegg og privat i vedovner. Brennverdien av briketter vil være avhengig av hvilke fraksjoner og treslag brikettene er laget av.

Fakta for briketter:

Fuktighet	Fastmasse	Nedre brennverdi	Aske
8-15 %	50-55 %	5,0-5,2 kWh/kg	0,7 %

Tabell 2.1: Fysikalske data for briketter (Kilde: Nobio)



Figur 9: Potensial for bruk av biobrensel i Norge.
(Kilde: Energigården)

Biobrenslar fra skogen utgjør ca 14 TWh i energimengde. Dette dekker ca 6 prosent av Norges energibehov. Det foreligger i dag et potensial for bioenergi i Norge på 35 TWh (Energigården).

Biobrenselanlegg blir, som nevnt, ansett for å være "tunge", arbeidsomme anlegg som er vanskelige å drifte. Noen gartnere mener biobrenselanleggene ikke dekker bransjens behov fordi varmebehovet i et veksthus kan variere voldsomt i løpet av kort tid. I følge Hallenstvedt AS (Hallenstvedt Import og Salg, 2009), som er leverandør av biobrenselanlegg, kan anlegg hvor brenselet er tørr flis styres veldig godt. Effektuttaket kan endres over kort tid fra 5 – 100 prosent i løpet av 10 til 20 minutter. Dette er ifølge Hallenstvedt AS nok til å møte de endringene i varmebehov som gartnerne trenger som følge av endrede værbetingelser. "Tomgangskjøring" for å holde glør ved like i kjelen vil ved slike anlegg medføre et forbruk av ca 20 liter flis per døgn.

Dersom anlegg derimot drives med rå flis som brensel, mister man fleksibiliteten i effektuttak. Dette medfører at det ikke er mulig å drive kjelen med lavere enn 50 prosent effektuttak. I tillegg er drifting av biobrenselanlegg mer arbeidskrevende enn drifting av elektrokjel/oljefyringskjel. Hallenstvedt anslår arbeidstiden til drift og vedlikehold av anlegget til en halv til en time per uke. Feiing av anlegget må foretas

regelmessig. Brenselets renhet er avgjørende for hvilke utgifter man må påregne til service og vedlikehold. Reint brensel medfører lave driftsutgifter, mens ureint brensel medfører hyppigere behov for vedlikehold og service i følge Hallenstvedt.

Biobrenselanlegg levert av Hallenstvedt

Levetid anlegg	20 år
Driftsutgifter anlegg	6,25 – 8,75 øre/kWh
Investeringskostnad 250 kW anlegg: Fyrhus, 27 m3 silo til brensel, skorstein, askeuttak. (I tillegg behøves fundament, strømuttak og brannvann)	Ca 1 mill. NOK
Effektuttak pr. år med gangtid på 3000 timer og 250 kW kjel	750 000 kWh
Investeringskostnad for 500 kW anlegg	Ca 2 mill.
Effektuttak pr. år med gangtid på 3000 timer og 500 kW kjel	1500 000 kWh
Investeringskostnad pr kWh levert i løpet av levetid på 20 år	0,067 kr/kWh

Tabell 2.2: Kostnader forbundet med biobrenselanlegg levert av Hallenstvedt

Investeringskostnaden som er anslått i tabellen, er som vi ser proporsjonal med anleggets størrelse. Effektbehovet avhenger av vekstkultur og varmebehov i veksthuset. Gjennomsnittlig gangtid på biobrenselanlegg kan settes til ca 3000 timer. Dette tallet er hentet fra grunnlagsmaterialet til NGF og Innovasjon Norge og er benyttet i alle beregninger utført i denne rapporten.

Hallenstvedt AS holder til i Andebu i Vestfold og har levert anlegg til et titalls gartnerier i Norge.

Falkenberg AS (Falkenberg | Leverandør til treindustrien, 2009) er en annen leverandør av biobrenselanlegg. Falkenberg har også levert biobrenselanlegg til flere norske gartnerier.

I vedlegg 2 er det gitt en detaljert oversikt over sju prosjekter hvor gartnerier ønsker å konvertere til

Kjelstørrelse	MWh levert med gangtid på 3000 timer	Pris (april 2009) eksklusiv moms	Investeringskostnad pr kWh levert i løpet av levetid på 20 år
725 kW	2175	1 800 000 NOK	0,041 kr/kWh
1000 kW	3000	2 415 000 NOK	0,041 kr/kWh
2 MW	6000	4 500 000 NOK	0,038 kr/kWh

Tabell 2.3: Investeringskostnaden for ulike biofyringsanlegg med tilhørende brenselmengder og forbrenningskapasitet (Falkenberg AS).

biobrenselanlegg (NGF) og har søkt støtte gjennom Enova for å kunne konvertere. Med bakgrunn i nevnte informasjon har vi beregnet investeringskostnad dividert på årlig energileveranse og 20 års levetid for anleggene. Dette er vist i tabell 2.4.

Gartneri	Investerings-kostnad pr. kWh levert i løpet av 20 år	Areal veksthus m2	Kjeleffekt i kW
Nr. 1	0,085 kr/kWh	1180	850
Nr. 2	0,085 kr/kWh	8300	1000
Nr. 3	0,089 kr/kWh	2500	250
Nr. 4	0,094 kr/kWh	8000	1200
Nr. 5	0,080 kr/kWh	35 000	4750
Nr. 6	0,084 kr/kWh	8000	800
Nr. 7	0,100 kr/kWh	8000	800
Åse	0,048 kr/kWh	17 000	3500
Berge godt og grønt	0,075 kr/kWh	3000	
Hauer gård og gartneri	0,167 kr/kWh	3500	800

Tabell 2.4: Investeringskostnader per kWh for biobrenselanlegg (NGF) i ti veksthus. En detaljert oversikt over veksthus 1 til 7 er gitt i vedlegg 2.

Innovasjon Norge støtter som tidligere nevnt konvertering til biobrensel gjennom Bioenergiprogrammet. Tabell 2.5 gir en oversikt over prosjekter som har fått denne støtten i 2007 og 2008.

Energigården ved Anders Fuglenebb har laget

2008:	Investerings-kostnad i NOK	Investerings-kostnader pr. kWh levert i løpet av 20 år*
160 kW kjel halm	515.000	0,053 kr/kWh
250 kW kjel flis	1.450.000	0,097 kr/kWh
750 kW kjel flis	4.900.000	0,109 kr/kWh
2007:		
500 kW kjel flis	1.750.000	0,058 kr/kWh
250 kW kjel flis	400.000	0,026 kr/kWh
350 kW kjel flis	1.250.000	0,060 kr/kWh
150 kW kjel flis	440.000	0,049 kr/kWh

Tabell 2.5: Prosjekter som har fått støtte over Bioenergiprogrammet i 2007 og 2008.

Investeringskostnaden inkluderer alt: Fyrkjel, bygg, fundamentering, montering. *(antatt gangtid på 3000 timer pr. år)

en oversikt over økonomien i biobrenselanlegg basert på utregninger gjort av Anders Sand, som er spesialrådgiver innen energi, for Norges Gartnerforbund. Denne oversikten finnes i rapportens vedlegg nr. 4.

Markedsprisen på biobrensel varierer, og er dessuten svært avhengig av lokale forhold. Noen veksthus har tilgang på gratis brensel hvor bare innsamling og transport medfører kostnader. Tabell 2.6 gir en oversikt over priser for ulike brensel (Anders Fuglenebb, Energigården).

Biobrensel	Pris
Skogsflis	20-25 øre/kWh
Briketter	20-25 øre/kWh
Pellets	35 øre/kWh
Halm	10-12 øre/kWh
Biogass	23 øre/kWh

Tabell 2.6: Pris på biobrensel

Skogsflis, briketter og pellets er det mulig å kjøpe fra leverandør. For halm finnes det derimot ikke noe utviklet marked per dags dato. Bioenergigården opererer derfor med en selvkostpris for halm med bakgrunn i en estimert pris på 4 - 6 øre/kWh for innsamling, bunting og transport, samt 6 øre/kWh for pressing av halmen (Anders Fuglenebb, Energigården).

2.1.1 Veksthus som benytter flis

Kjærnsrød gartneri (Kjærnsrød, 2009) i Østfold installerte i 2007 et flisfyringsanlegg fra Falkenberg på 1,4 MW, samt en buffertank på 150 kubikkmeter vann. Dette er nok til å varme opp et veksthus på 9000 kvadratmeter. Kjærnsrød har et eksisterende fyranlegg basert på olje. Denne benyttes som kjel for spisslast. Akkumulatortanken (buffertanken) er tenkt å hjelpe til ved store temperaturforandringer, samt å sikre at kjelen går så jevnt som mulig. Om sommeren kan kjelen stå ubenyttet lenge og gartneriet benytter kun varmt vann fra akkumulatortanken til oppvarming. Kjærnsrød benytter returflis, altså rivningsvirke fra Veolia (Veolia Norge, 2009) eller tilsvarende. ZERO har ikke innhentet tall fra Kjærnsrød for hva det koster å drive flisfyringsanlegget.

Berge Godt og Grønt (Berge Godt og Grønt i Larvik, 2009) i Larvik bruker også flisfyringsanlegg til oppvarming av sitt veksthus, som er på 3000 m2. I veksthuset produserer gartneriet crispy salat og rapidsalat.

Berge Godt og Grønt	
Temperaturkrav	20 grader
Bruksdøgn	365 pr. år
Energibehov oppvarming	1,1 mill. kWh pr. år
Veksthusbelysning	89.200 kWh pr. år
Varmeproduksjon flisbrenner (grunnlast)	1 mill. kWh
Varmeproduksjon propan (spisslast)	50-100.000 kWh
Klimaregnskap:	
CO ₂ -utslipp før tiltak (fra propanbrenner som grunnlast)	245 tonn pr. år
CO ₂ -utslipp etter tiltak (fra propanbrenner som spisslast)	45 tonn pr. år
Investering i biobrenselanlegg	1,5 mill NOK
Kalkulasjonsrente	7 %
Internrente/nåverdi med Enova-tilskudd	5,4 % - 35.000 NOK
Internrente/nåverdi uten Enova-tilskudd	0,8 % - 417.000 NOK
Nedbetalingsstid med tilskudd	15 år
Pris pr. kWh bioenergi (inkl. drifts- og kapitalkostnader)	<40 øre/kWh
Inviteringskostnader pr. kWh levert i løpet av 20 år	0,075 kr/kWh

Tabell 2.7: Fakta om gartneriet Berge Godt og Grønt.

Kilde: gartneriets hjemmeside.

Enova bisto med 25 prosent investeringsstøtte til flisfyringsanlegget.

Tidligere benyttet gartneriet mellom 80 og 90 tonn propan i året for å holde temperaturen i veksthuset på stabile 20 grader. Dette medførte 500 000 kroner i fyringsutgifter. Tilgangen på gratis flis fra en lokal snekkerbedrift gjorde at gartneriet valgte å konvertere til flisfyring. Noe flis blir også levert av Veolia mot betaling. På sikt må gartneriet trolig betale for flis også fra lokale leverandører ettersom flere gartnerier kommer til å konvertere til flis og etterspørselen etter biobrensel vil øke.

På Solset i Bødalen i Gausdal kommune driver Hanne Myrvoldhaug og mannen Rolf Ballangrud et økologisk veksthus på 150 m². Huset er delt i to rom, ett på 120 m² og ett på 30 m². Huset er oppvarmet med vedfyrt sentralfyr. Det er vannrør i gulvet pluss radiatorer med vifter i taket. Sesongen er fra

ca 20. februar til ca 1. november. Produksjonen er tidligblomster, urter, agurk og tomat. ZERO har ikke innhentet informasjon om kostnader og driftsutgifter for veksthuset fra produsenten.

2.1.2 Veksthus som benytter briketter eller pellets

Aase gartneri (Aase gartneri Jæren, 2009) ligger helt vest i Klepp kommune på Jæren. Ved Aase gartneri dyrkes det agurker ved bruk av miljøvennlige energikilder, uten bruk av kunstig lys. Veksthuset har et areal på 17 000 m².

Gartneriet produserer i dag ca 850 tonn agurker, i underkant av 10 prosent av den samlede norske agurkproduksjonen. Det er installert en flisfyr på 3,5 MW som energikilde for gartneriet. Gartneriet gikk over til biobrensel i 1994. På det tidspunktet ble kull benyttet som energibærer, og introduksjon av CO₂-avgift på kull motiverte Aase gartneri til å bytte til fornybar energibærer. Biobrenselet kom den gangen fra en lokal parkettfabrikk. I 2006 ble anlegget ombygd for 4,5 millioner. Dersom anlegget hadde vært nytt i 2006, anslår eieren av gartneriet, Hallstein Aase, at prisen ville blitt 6,5 til 7 millioner. I tillegg påløp det ca 2 millioner kroner til bygging av lager. I dag benytter Aase gartneri i all hovedsak briketter som brensel og naturgass som spisslast. Gartneriet kjøper brikettene sommerstid, når prisen er lav, og lagrer til et års forbruk. Årlig kjøper Aase 1000 tonn briketter fra leverandører i Rogaland, mens 2000 tonn importeres fra Agder-fylkene. Omtrent 80 prosent av energien dekkes av bioenergi, mens 20 prosent dekkes av naturgass. Gartneriet har ingen akkumulatortank. Investering i akkumulatortank ville redusere naturgassforbruket til 5-6 prosent. Hallstein Aases erfaring er at et biobrenselanlegg er mer arbeidskrevende enn et anlegg med elektrokjel som grunnlast og olje som spisslast. Interessen for varmeproduksjon må være til stede hos gartnere som velger å investere i biofyringsanlegg. Aase gartneri dyrker agurker og sesongen varer fra ca 20. januar til 15. november. Belysning benyttes kun til oppaling av småplanter i et veksthus på 1 dekar. Hallstein Aase anslår at agurkprodusenter som benytter kunstig belysning, lufter ut 60 -70 prosent av energien tilført som lys, ettersom store lysbehov resulterer i høy temperatur i veksthuset.

Aase gartneri	
Investeringsutgifter til biobrenselanlegg	ca. 7 mill NOK, samt 2 mill NOK til lager
Areal i veksthus	17 dekar
Driftsutgifter	Halvt årsverk til tilsyn, vedlikehold og lignende
Brenselutgifter	ca 32 øre/kWh (da er det tatt hensyn til litt lavere virkningsgrad for biobrensel enn for elektrokjel)
Årlig varmebehov	9.350.000 kWh pr. år
Investeringskostnad pr. kWh levert i løpet av 20 år	0,037 kr/kWh

Tabell 2.8: Aase gartneri.

Kilde: Hallstein Aase.

Pellets som energibærer benyttes så vidt vi vet, kun av Bioforsk Midt-Norge Kvithamar (Bioforsk Kvithamar, 2009). Veksthuset deres er på 1700 m², og kjelen i fyringsanlegget har en effekt på 300kW. Anlegget varmer også opp et administrasjonsbygg med kontorer på over ca 400 m². Varmebehovet og vekstkulturen i Bioforsks veksthus varierer mye fra år til år, ettersom veksthuset blir benyttet til forsøksvirksomhet. ZERO har ikke innhentet opplysninger om investeringskostnader og driftsutgifter for veksthuset fra Bioforsk.

2.1.3. Veksthus som benytter halm

Henriksen Hauer gård og gartneri investerte i halmfyringsanlegg i 2006. Gartneriet har et veksthus på 3,5 dekar, samt noe bygningsmasse rundt veksthuset. Fyrkjelen i anlegget er på 800 kW, i tillegg til en akkumulator tank på 30 m³. Hauer har også to oljekjeler på henholdsvis 1000 og 500 kW, samt to elektrokjeler på 225 kW, men i praksis benyttes disse ikke.

Gartneriet samler halmen på egne og omkringliggende jorder etter tresking hver høst. Halmen presses og lagres før forbrenning. Gartneriet er derfor avhengig av lagerkapasitet for et helt år, og lagerbygningene er store. Gartneriet anslår at høsting av halm tar omtrent 100 timer hver høst. I tillegg regner gartneren med en time ukentlig til drifting og vedlikehold av anlegget. Ifølge Hauer gård og gartneri er fyring med halm svært styringseffektiv. Fyrkjelen er like lett å styre som en oljekjel og kan justeres i løpet av få minutter (Henriksen, 2009).

Henriksen Hauer gård og gartneri	
Veksthusareal	3,5 dekar
Investeringskostnad for fyrkjel	1,5 mill NOK
Investeringskostnad for lager pluss distribusjon av halm	3,5 mill NOK
Kostnad for halm (anslått av gartner)	10 øre pr. kWh
Produsert varme	1.500.000 kWh pr. år*
Investeringskostnad pr. kWh levert i løpet av 20 år	0,167 kr/kWh*

Tabell 2.9: Henriksen Hauer gård og gartneri.

Kilde: Henriksen, 2009.

* Med gangtid på 3000 timer hvilke varmeleveransen vært 2,4 millioner kWh/år. Investeringskostnaden pr. kWh blir da 0,104 kr.

2.2. Biofyringsolje

Biodrivstoff er fornybart drivstoff som i dag produseres enten av planteoljer eller dyrefett. Bruk medfører dermed ikke netto tilskudd av CO₂ i atmosfæren, slik fossile brensler gjør. Produksjon og transport av biodrivstoff fører til varierende grad av utslipp av klimagasser, avhengig av produksjonsmetoden og type biodrivstoff. For å sikre at klimagassutslippene fra livsløpet til biodrivstoff er lavt, bør det brukes fornybare innsatsfaktorer i dyrking, produksjon og frakt.

Bioolje og biodiesel er brukt som erstatning for fossil fyringsolje i flere land, som Sverige og Italia. I Sverige er det en betydelig bruk av biofyringsolje, spesielt i fjernvarmeverk. Høye fyringsoljeavgifter og annen virkemiddelbruk har gitt sterke insentiver til bruk av fornybare løsninger i oppvarmingssektoren i Sverige. Også i Norge finnes det eksempler på bruk av biofyringsolje i industrien, hovedsakelig produkter laget av restavfall fra fiskeindustrien.

ZERO lagde i 2007 rapporten "Fra fossil fyringsolje til biofyringsolje" om bruk av biofyringsolje (ZERO, 2007). I rapporten innførte vi begrepet biofyringsolje som samlebetegnelse for biologisk fremstilte oljer som kan erstatte fossil fyringsolje. Biodiesel passer best som erstatning for lett fyringsolje, mens uprosessert bioolje kan erstatte tungolje.

Det er lett fyringsolje som benyttes til oppvarming av veksthus. Biodiesel er derfor en potensiell fornybar erstatning for fossil fyringsolje i disse veksthusene. Det er en del konvertering som skal til for å benytte

biofyringsolje på eksisterende anlegg. Biodiesel er et løsemiddel og kan skape utfordringer for eksisterende utstyr, ettersom den kan virke korrosiv for enkelte metaller i tilføringssystemet for oljefyren. Metaller som kobber, messing, sink, bly og tinn bør erstattes med aluminium eller rustfritt stål og eventuelt plast i rørsystemer. I utgangspunktet er det ikke behov for å erstatte eksisterende brenner i eksisterende anlegg ved overgang fra fossil fyringsolje til biofyringsolje. I noen tilfeller kan dette likevel være nødvendig, avhengig av type brenner og størrelse. Biodiesel er et biologisk produkt og brytes ned raskere enn fossil fyringsolje. Dette gjør at lagring over lengre tid kan være mer utfordrende enn ved lagring av vanlig fossil fyringsolje.

Kostnadene forbundet med konvertering til biofyringsolje anslås å være lave ettersom eksisterende kjeler kan benyttes etter de omtalte justeringene. Kostnadene avhenger generelt av størrelsen på anlegget og kan anslås til ti prosent av fyringsoljeforbruket for et anlegg på et år. Skulle erstatning av brenner være nødvendig, vil dette være en betydelig ekstrakostnad (ZERO, 2007).

Når det gjelder prisen på biofyringsolje, opplyser en aktør på sine nettsider at biofyringsolje for innendørstank leveres til 72,86 øre/KWh. Denne prisen varierer fra dag til dag og er blant annet avhengig av utviklingen i prisen på fossilolje. Biofyringsoljen fra aktøren det her dreier seg om, er en type biodiesel produsert av slakteavfall. For fortsatt bruk av utendørstank kan det være behov for å benytte en biofyringsolje som er mer høyverdig, og slik biofyringsolje er dyrere (Bio8, 2009).

2.3. Biogass

Biogass dannes ved at våtorganisk avfall som husdyrgjødsel eller kloakkslam pumpes inn i en gasstett reaktor (forråtningsstank), som varmes svakt opp. Massen forråtnes uten tilgang på oksygen. Prosessen gjennomføres av en bakteriekultur av naturlig forekommende bakterier, som etter noen uker eller måneders oppstart er tilpasset det enkelte anlegg. Ved denne nedbrytningsprosessen dannes det biogass (metan), og et flytende gjødselprodukt som siden kan spres på dyrket mark (Lilleengen, 2009).

I motsetning til et komposteringsanlegg, hvor energien frigjøres som varme, dannes det stort sett ikke varme i et biogassanlegg. Energien frigjøres i stedet i form av gass. Prosessen går raskere ved høyere temperaturer, og noe av gassen brukes derfor til å

varme opp anlegget. Avhengig av temperaturen vil oppholdstiden for biomassen i reaktoren være 12 – 25 dager. Biogass består hovedsakelig av metan og CO₂, men inneholder også små mengder andre stoffer, som svoveldioksyd, hydrogen og oksygen. Biogass kan brukes til å produsere både varme, kraft og drivstoff. Biogass kan også videreføres til flytende syntetisk biodiesel (Energigården AS - Senter for Bioenergi, 2009).

Østfoldforskning har gjennomført studien "Potensialstudie for biogass i Norge", publisert i oktober 2008 (Raadal, Schakenda, & Morken, 2008). I denne studien anslås det teoretiske biogasspotensialet for Rogaland til 600 GWh. Dette inkluderer matavfall fra husholdninger, storhusholdninger og industri, samt halm, husdyrgjødsel, avløpsslam og skogsressurser. Husdyrgjødsel utgjør hele 500 GWh.

Investeringskostnader og driftsutgifter er hentet fra nevnte studie.

Fakta vedrørende gårdsbiogassanlegg	
Investeringskostnader	22-39 øre/kWh
Drifts/vedlikeholdskostnader (kun kostnader til elektrisitet og varme)	6-7 øre/kWh

Tabell 2.10: Fakta vedrørende gårdsbiogassanlegg

Kilde: Østfoldforskning, 2008.

Svein Hodne i Hodne Gartneri AS (Hodne, 2009) har benyttet biogass siden 2007. Gartneriets veksthus er på 9000 kvadratmeter og det dyrkes blomster. Rundt 40 prosent av oppvarmingsbehovet dekkes av biogass. Resten dekkes ved at lyskildene i veksthuset avgir varme, samt ved bruk av naturgass. Gassen tas ut av søppelfyllinger i kommunen og føres i rørledning til Hodne, samt til et par andre gartnerier og noen næringsbygg/kommunale bygg. Ved Hodne Gartneri har man bygget om to oljekjeler til en biogassskjel og en naturgassskjel. I tillegg måtte eierne gå til anskaffelse av to nye brennere. Biogassbrenneren var noe dyrere enn naturgassbrenneren ettersom det er behov for mer fleksible justeringsmuligheter når energibæreren er biogass. Dette skyldes større variasjoner i kvaliteten på biogass enn på naturgass. Biogassen er 5 øre billigere per. kWh i bruk enn naturgassen.

Hodne Gartneri		
Forbruk av biogass	950.000 kWh	23 øre/kWh
Forbruk av naturgass	1.270.107 kWh	28 øre/kWh
El. til lys	1.150.000 kWh	38 øre/kWh (+ nettleie/ omkostn.)
Totalt	3.370.107 kWh	
Oppvarmet areal	9.000 m ²	
Forbruk pr kvm	375 kWh	50-100.000 kWh
Installasjonskostnader (ca.)		
Biogass		100.000,-
Naturgass		60.000,-
Driftskostnader pr. år (ca.)		
Biogass		30.000,-
Naturgass		10.000,-

Tabell 2.11: Oversikt over investeringer, driftsutgifter, varmebehov osv forbundet med biogasskonverteringen (fra oljekjeler til gass).

Kilde: Hodne Gartneri.

Det er fortsatt noen usikkerhetsmomenter knyttet til bruk av biogass som drivstoff. Biogassen er mye mer korrosiv enn naturgass, og dermed vet Hodne Gartneri ennå lite om hvilken slitasje biogass medfører for kjel og brenner.

2.4 Vurdering av avgassens renhet ved bruk som luftgjødsling

Avgass fra biobrenselanlegg er ikke ren nok til å benyttes direkte som CO₂-luftgjødsling i veksthusene. Blant annet er innholdet av NO_x og svovel for høgt og vil medføre sviskader på plantene. Hesnes gartneri i Grimstad (Hesnes, 2009) har konvertert til flisfyring. Hesnes gartneri planla å benytte avgassen fra flisfyring som luftgjødsling i veksthusene. Hesnes samarbeidet med Miltec (Thomassen, 2009) om et prosjekt med dette som mål. Ifølge Hesnes var leverandøren, som holder til i Lillesand, svært optimistisk, og mente det ville være mulig å benytte avgassen til luftgjødsling, men det viste seg at dette likevel ikke lot seg gjøre. ZERO har ikke lyktes i å kontakte leverandøren for å avklare hva det var som gjorde at rensing ikke lot seg gjennomføre.

Ifølge Svein Lilleengen (Lilleengen, 2009), som eier et økologisk gårdbiogassanlegg på Frosta, benyttes avgass fra forbrenning av biogass i et svensk veksthus. Avgassen fra forbrenning av biogassen renses for at dette skal være mulig. Vi har ikke fått ytterligere opplysninger om dette prosjektet.

Berge Godt og Grønt



3. Eksempler på energi-effektivisering

Dette kapittelet tar for seg ulike eksempler på energieffektivisering. Flere av prosjektene vi omtaler i kapittelet, er i startfasen, og har ennå ikke blitt tilstrekkelig evaluert. Dette gjelder både for varmepumper, spillvarme og belysning. Vi har funnet nederlandsk dokumentasjon på bruk av nye materialer i veksthus. Dette er omtalt under punkt 3.2. Bruk av solfangere er benyttet i et norsk prosjekt som vi har funnet. Dette er beskrevet i rapporten. Lagring av overskuddsvarme utover buffertanker og bruk av stein som magasin, er ikke realisert i noen norske prosjekter, som vi er kjent med, men dette gjennomføres i Nederland og er kort omtalt under punkt 3.5.

3.1 Klimagunstig lokalisering av økologisk veksthus

Erga gård (Erga, 2009) på Jæren har drevet et økologisk veksthus på ca 280 kvadratmeter i fem år. Veksthuset er designet slik at det tar hensyn til solvarmelagring. Det har god isolering, en form som er tilpasset plantene og forholdsvis høy solinnstråling. Huset er gravd ca en meter ned i bakken. Bakveggen i veksthuset består av en om lag 50 meter lang, 2 meter høy og 1 meter bred steinmur, som i tillegg til å holde en bakenforliggende jordvoll på plass også er passivt varmelager for overskuddsvarme på dagtid.

Rundt hele huset blir bakken isolert med perlite eller blåskjell. Den buete glassflaten på veggene i veksthuset er laget av polykarbonatplater, som med sine lufthulrom isolerer ganske bra. Polykarbonatplatene har en antatt levetid på over 20 år og mulighet for resirkulering/energigjenvinning etter bruk. Selve buekonstruksjonen som holder taket oppe, er laget av tre og innsatt med linolje. Selve grunnformen på drivhuset er i tre deler. De buer seg rundt en vanddam i forkant av veksthuset som maksimerer solinnstrålingen og fungerer som vannlager for vanning av plantene. Bakveggen i den midtre seksjonen ligger øst-vest, og med 145 graders vinkel på sideseksjonene kommer solen maksimalt inn i huset, samtidig som fasongen gir god beskyttelse mot kraftige vinder. Kombinert med bruken av jordvoller og beplantning skaper bygningskonstruksjonen et godt mikroklima rundt drivhuset og reduserer nedkjølingen. Ifølge Erga gård er avlingene deres mindre enn i andre drivhus, men eierne understreker at dette må sees i forhold til at de ikke har utgifter til oppvarming. Erga produserer i hovedsak tomater, men også squash, honningmelon og aubergine.

Erga gård	
Investeringskostnad	ca. 400.000 NOK
Produksjonsareal	200 m ²
Sesong	Oppstart medio mars til slutten av september
Produksjon	ca. to tonn tomat, samt diverse frukt og grønnsaker til eget forbruk. 10 kg/m ²
Driftsutgifter	Neglisjerbare: Ingen oppvarming, kun 50w motor som sørger for automatisk utlufting

Tabell 3.1: Fakta om veksthuset på Erga gård.

3.2 Teknisk utforming, isoleringstiltak og nye materialer

Et veksthus er en relativt enkel struktur med investeringskostnad på omtrent 1000 – 2000 kr/m² for selve huset, mens belysning og rør til vannbåren varme også kommer på omtrent 1000-2000 kr/m² (Bjertnes, 2009) (Laugen, 2009). Totale investeringer blir derfor ca 2000-4000 kr/m².

I Nederland forskes det på helt ny teknologi hvor taket i veksthuset består av et dobbelt polykarbonat materiale som kalles "Lezan ZigZag". Selskapet bak prosjektet, Hydro Huisman, vil lage et veksthus som produserer mer energi enn det forbruker. Med Lexan ZigZags doble tak oppnås en høyere lystransmisjon enn ved bruk av enkelt glass, mens isolasjonsevnen er like stor som i doble glass eller polykarbonat film. Energibesparelsen er 45 prosent jamført med vanlig glass. Fordi materialene har svært energigunstige egenskaper, kan to tredeler av varmen som genereres i veksthuset, selges som overskuddsvarme. Plasthus er mer brennbare enn glasshus, men materialet i det nederlandske glasshuset, Lexan, er både flammebestandig og har lavere vekt enn glasshus. I tillegg har det større UV-bestandighet og tåler hagl og ytre påkjenninger bedre enn andre veksthus. Zikksakk-konstruksjonen på taket gjør at innstrålingen blir høyere enn for vanlig glass – rundt 90,9 prosent – ettersom konstruksjonen gjør det mulig å fange reflektert lys fra sidene av huset. Konstruksjonen gjør at huset i løpet av vintermånedene, i skumringstimen og ved soloppgang når sola står lavt på horisonten, vil fange mer lys enn flatt glass gjør. ZERO har ikke funnet investeringskostnader for prosjektet.

Installasjon av gardiner i veksthus fører til betydelig

reduisert energibehov. Ifølge Anders Sand, som er energirådgiver for Norges Gartnerforbund, har en stor andel av norske veksthus installert gardin, men det finnes ikke statistikk på området. Sand mener derimot at kvaliteten på gardinene er svært varierende og at det er stort potensial for energisparing i å bytte ut gamle gardiner med nye. Ifølge Sand er utbytting av gardiner det kanskje mest kostnadseffektive tiltaket for energisparing i norske veksthus.

Veksthus	Areal	Investeringskostnader	Inv.kost. pr. m2 (NOK)
1	7.200	1.208.742,-	168
2	375	145.300,-	388
3	3.200	507.574,-	159
4	11.000	1.974.855,-	180
5	2.200	529.787,-	241

Tabell 3.2: Oversikt over investeringskostnader for installasjon av gardiner i fem veksthus i 2008.

Kilde: Norges Gartnerforbund

3.3 Varmepumper

Det er flere typer varmpumpeanlegg som er aktuelle for veksthus. Kostnader og besparelser sammenliknet med andre energikilder varierer med typen varmpumpe. Ei varmpumpe flytter varme fra et sted med en gitt temperatur til et annet med høyere temperatur, en prosess som kalles varmpumping. Varmepumpa benytter seg av prinsippet at en gass (fluid) blir varmere hvis trykket økes, mens den blir kaldere hvis trykket reduseres. Ved å komprimere og ekspandere et fluid er det dermed mulig å pumpe varme fra en relativt kald omgivelse, til en varmere omgivelse. Bruksområdene er mange: Best virkningsgrad har vann til vann-varmpumpe, etterfulgt av jord til vann, mens luft til vann-varmpumper har lavest virkningsgrad (Holter, Ingebretsen, & Parr, 1998). Lokale forhold avgjør hvilken type varmpumpe som er best egnet. På gårdsbruk med store jordarealer og tilgang på traktor og graveredskap kan jord til vann være et egnet valg. Denne type varmpumpe krever at det graves ned kabler i bakken hvor fluidet kan sirkulere og oppta varme. Telenivå i bakken avgjør hvor dypt man må grave, og dette varierer mye avhengig av hvor i landet veksthuset befinner seg. Å velge en løsning hvor åkeren benyttes som varmemagasin har den ulempen at sesongstart for dyrking utsettes med opptil to uker (Grjotheim, 2009). Ligger gartneriet nær sjøen, er vann til vann-varmpumpe være en bedre mulighet. Generelle råd vedrørende varmpumpe er derfor

vanskelig å gi ettersom omgivelsene til veksthuset i stor grad påvirker valget (Anders Sand). I veksthus med sesongproduksjon, hvor veksthuset ikke er i bruk i desember og januar, ligger forholdene bedre til rette for bruk av varmpumpe enn i helårs-veksthus, ettersom de kaldeste vintermånedene gir den dårligste virkningsgraden for pumpe (Anders Sand). Av samme grunn er varmpumpe mer egnet i veksthus i kystnære klima enn i innlandsveksthus.

Behovet for varme varierer også med vekstkulturen i veksthuset. Det er for eksempel betydelig forskjell på varmebehovet i et tomatgartneri og et salatgartneri. Dette påvirker dimensjoneringen av varmpumpeanlegget tilsvarende. Utformingen av selve varmesystemet, har mye å si for hvilken pumpe man bør velge, og dermed for hva installeringen vil koste. Spesifikke kostnader er også avhengig av størrelsen på anlegget. Et lite anlegg blir relativt sett dyrere enn et stort. Det er derfor vanskelig å angi investeringskostnadene ved installering av varmpumper i veksthusnæringen generelt. Om en tar utgangspunkt i en enkel løsning, et luft til vann-anlegg, vil en meget forenklet kostnadsoversikt per 1000 m² (1 dekar) veksthus se ut omtrent som i tabell 3.3 nedenunder:

Varmepumper	
Varmeforbruk	250.000 kWh/år
Installert effekt varmpumpe	50 kW
Energidekning	80 %
Årsvarmefaktor	2,5
Besparelse (fornybar varme fra luft)	125.000 kWh/år (50%)
Kostnad	200.000 - 250.000 kr
Energikostnad oppvarming, 50%	Reduseres som besparelse om EL er primærenergi

Tabell 3.3: Generelle kostnadstall for luft til vann-varmpumpe benyttet i veksthus.

Kilde: Dahl, 2009

Med gjenvinning av lysvarme og buffertankanlegg vil besparelsene, men også investeringskostnadene bli høyere. Driftskostnadene ved bruk av varmpumpe er lave. Pumpene må ha service minimum én gang per år. Dette koster 5.000-15.000 kr, avhengig av størrelse og type varmpumpe. En regner vanligvis med 2-3 prosent av investeringskostnadene per år til vedlikehold og driftsutgifter. Litt arbeid med ettersyn må gartneren også påregne. Levetiden for en varmpumpe vil i praksis variere med hvordan den

driftes. Med gunstige driftsbetingelse kan en varmepumpe gå i 30 år. Væske til vann-varmepumper som energibrønner og tanksystemer er det en del erfaringer med, og disse har lang levetid. Luft til vann-varmepumper til veksthus er det få erfaringer med. Fordi temperaturbehovene i veksthuset er gunstig lave store deler av året, forventes det at også luft til vann-varmepumper med litt vedlikehold og ettersyn kan ha lang levetid (Perry Dahl).

Erfaringsunderlaget fra bruk av varmepumper i norske veksthus er lite. Mange veksthus planlegger å ta i bruk varmepumper. Noen veksthus er i startfasen av dette arbeidet, men det er fremdeles for tidlig å trekke noen konklusjoner om effektivitet og varmeleveranser ved bruk av varmepumper (Anders Sand).

I vedlegg 3 er det gitt en oversikt over fem ulike prosjekter hvor gartnerier ønsker å konvertere til å bruke varmepumper (NGF). Investeringskostnadene per kWh er gitt i tabellen under.

Gartneri	Investerings- kostnad pr. kWh levert i løpet av 20 år	Areal veksthus m ²	Leverte varme pr. år i kWh
Nr. 1*	0,045 kr/kWh	640	218 250
Nr. 2	0,131 kr/kWh	2600	302 500
Nr. 3	0,078 kr/kWh	2840	450 000
Nr. 4	0,122 kr/kWh	1700	300 000
Nr. 5*	0,155 kr/kWh	8000	1 200 000
Eksempel	0,1 kr/kWh	1000	125 000

Tabell 3.4: Investeringskostnader pr. kWh for varmepumpe.

Kilde: NGF

* Prosjektene vil ikke bli realisert, på grunn av manglende lønnsomhet.

Ekra gartneri (Ekra, 2009) i Trøndelag har installert varmepumpe i sitt veksthus på 3000 m². En utfordring med varmepumper er reguleringsteknikken. Variasjoner i temperatur som følge av endrede værbetingelser må fanges opp, slik at varmepumpa ikke leverer unødvendig varme. Ekra gartneri har inngått avtale med varmepumpeleverandøren Energi & Miljøteknikk om ett års oppfølging av anlegget. Leverandøren har full tilgang til klimacomputeren fra sine egne lokaler og overvåker anlegget døgnet rundt (Gangås, 2009a).

3.4 Solfangere

Bruk av solfangere har vært forsøkt i et veksthus i Barlia i Overhalla. SINTEF gjennomførte målinger ved dette veksthuset og fant at varmebehovet i solfangerveksthuset ble redusert med mellom 30 og 40 prosent i forhold til referanseveksthus (Tønnesen & Stang, 2000). Varmegevinsten ved bruk av solfanger i veksthuset var altså betydelig, til tross for at prosjektet på flere punkter var feil gjennomført. SINTEF påpekte flere forhold som ville gitt en betydelig bedre gevinst av solfangeranlegget. SINTEF har også gjennomført simuleringer som viser at ved optimal drift av et solfangeranlegg kan varmebehovet i glasshus reduseres med 90 prosent (Harsem, 1986).

Aventa (Rekstad, 2009) er et norsk selskap, etablert i 2005, som arbeider med termisk solenergi.

En av dem som jobber i Aventa, John Rekstad, er også professor i fysikk ved Universitetet i Oslo og involvert i et prosjekt hvor solfangere skal benyttes til oppvarming av et portugisisk veksthus. Prosjektet er enda ikke gjennomført. Solfangere i veksthus er ikke noen ny tanke. I 1980 ble rapporten "Solar heating of commercial greenhouses" lansert. Rapporten var basert på gjennomførte forsøk i et veksthus i USA hvor det både var gjennomført energieffektiviseringstiltak og installert solfangeranlegg. Rapporten konkluderer med en reduksjon i oljeforbruk for veksthuset på 45 prosent det første året, 73 prosent reduksjon for siste halvdel av 1979 og 69 prosent reduksjon i oljeforbruk våren 1980. Reduksjonen i energiforbruk skyldtes både bruk av solfanger og isolerende gardiner.

John Rekstad mener at solfangere har et stort potensial så vel i veksthus som til andre formål. Materialutviklingen har vært stor de siste 20 årene og nye polymerer som er mer varmebestandige og mer fornybare, er tatt i bruk for å produsere solfangere. I Norge leverer solfangere varme fra medio februar til medio oktober. Aventa har tilbudt seg å beregne energisparepotensialet ved bruk av solfangere for veksthus for Miljøstiftelsen ZERO, men da er det nødvendig å kjenne varmebehovet per måned for veksthusene. Tidsmessig har det ikke latt seg gjøre å skaffe opplysninger om dette behovet innenfor rammene av arbeidet med rapporten. ZERO mener en slik beregning bør gjøres i fremtiden. Kostnader og varmeproduksjon forbundet med solfangere (termisk solenergi) er anslått i tabellen på neste side.

Solfangere	
Varmeproduksjon i kWh pr. m2 solfanger og år	300
Pris pr. kvadratmeter solfanger	1000

Tabell 3.5: Fakta om solfangere.

Kilde: Rekstad, 2009

Driftsutgiftene anslås av John Rekstad til å være svært lave. Han har selv installert solfangeranlegg i sin egen bolig, som har fungert i over tretti år og levert 7500 kWh hvert år. I løpet av disse årene har han måtte skifte en pumpe som kostet under 2000 kroner.

3.5 Lagring av overskuddsvarme

For en del gartnerier kan det også være aktuelt å bli varmeleverandør til eksterne bygninger (NGF). Installering av teknologi som muliggjør lagring av varme i kombinasjon med varmepumpe er allerede utbredt i Nederland. I Nederland akkumuleres varmen på sommeren og frigis om vinteren. En annen mulighet er at varmepumpa kjøler veksthuset på dagen og frigir varme på natta. I Nederland har man gode grunnvannsforhold som er egnet til lagring av overskuddsvarme. Denne varmen transporteres bort fra veksthuset og lagres om sommeren når veksthuset har et kjølebehov. Den benyttes om vinteren når det samme veksthuset har behov for oppvarming. I utgangspunktet startet man i Nederland med såkalte lukkede veksthus hvor all varme skulle lagres og ingenting gå til spille. Ettersom dette medførte behov for enorm kjølekapasitet på 650 W per Kvadratmeter, gikk man over til "halvlukkede veksthus" hvor kjølekapasiteten ble redusert til 150 W pr. m2.

I Norge er det ikke realisert noen prosjekter med kjøling av veksthus og lagring av overskuddsvarme, men det finnes to prosjekter som kanskje kan bli realisert. Ett av dem er Skalleberg i Stokke kommune, hvor det er planlagt et døgnlagringsprosjekt i et veksthus på 7.500 kvadratmeter. Veksthuset vil bli kjølt på dagtid og varmen lagret i buffertanker og benyttet om natta. Det andre prosjektet er Solberg gartneri i Asker, som har et veksthus på 13.000 kvadratmeter. I dette prosjektet vil varmen som fjernes sommerstid, lagres i brønner i fjellet for å benyttes vinterstid når det er et behov for oppvarming. ZERO har ikke innhentet opplysninger om investeringskostnader forbundet med disse prosjektene i Nederland og Norge.

3.6 Spillvarme

Norge har mange energiintensive bedrifter med overskudd av spillvarme. Dette gjelder spesielt aluminiumsindustri og produsenter av silisium og

ferrolegeringer. I tillegg har næringsmiddelindustrien disponibel spillvarme som i utgangspunktet burde være mulig å benytte som oppvarming av eksempelvis veksthus.

Kilde	Potensial for spillvarme
Tveiten et. al	Totalt 30-55 TWh/år spillvarmeressurser
PIL, 2002	9 TWh/år utnyttbare spillvarmeressurser
Bellona, 2005	10 TWh/år industriell spillvarme

Tabell 3.6: Disponibel spillvarme fra norsk industri.

Et eksempel på at industribedrifter kan levere spillvarme til veksthus, finner vi i Hå kommune i Rogaland. Det nye meieriet i Kviamarka næringsmiddelpark på Hå vil levere overskuddsvarme til Miljøgartneriet (Miljøgartneriet, 2009) som er under etablering. Meieriet drives av TINE, som vil bli leverandør av to ulike energiformer:

- Røykgass fra naturgassfyring på meieriet. Med dette får Miljøgartneriet tilgang til CO2 som blir brukt som vekstfremmer. Det vil ikke koste TINE noe å føre røykgassen fram til Miljøgartneriet.
- Varmt vann, til en pris som dekker TINEs kostnader til oppvarming med fortjeneste. Miljøgartneriet vil ved hjelp av varmepumpe heve temperaturen på vannet fra ca 40 grader til 60 grader. I tillegg vil Miljøgartneriet levere tilbake kjølt vann som kan benyttes på nytt i TINEs prosesser. Dersom TINE ikke hadde fått avsetning for spillvannet fra meieriet på denne måten, ville selskapet ha måttet slippe ut store deler av det i kloakken og betalt avløpsavgift for det.

Både TINE og Miljøgartneriet vil tjene på et slikt samarbeid. Det er en ren forretningsmessig avtale dem i mellom, og TINE gjør ingen investeringer utenfor egen tomt. Miljøgartneriet er Norges hittil største veksthusprosjekt. Anlegget blir på 77 dekar, inklusiv pakkeri, administrasjon og småplanteproduksjon. 60 dekar ren veksthusflate er i hovedsak tiltenkt tomatproduksjon. (Anlegget blir inndelt i åtte avdelinger med fleksible løsninger i forhold til markedets behov.) Investeringskostnaden anslås å bli ca 150 millioner NOK. Energibehovet vil være 24 GWh per år. 80 prosent av energien vil dekkes av spillvarme fra TINE, mens overskytende varmebehov vil komme fra fjernvarmeanlegget. I tillegg vil en

akkumulatortank på 2000 m³ sørge for lagring av varme. Anlegget skal driftes av fire gartnere på Jæren som et aksjeselskap. TINE vil levere opptil 5500 tonn CO₂ fra gassfyring i Tine- anlegget til luftgjødsling for økt plantevekst.

Miljøgartneriet er under etablering og tidligste produksjonsstart er høsten 2009/våren 2010. Dette forutsetter en alternativ, midlertidig energitilknytning, siden Tine-meieriet ikke blir ferdigstilt før i 2011.

– Det er flere måter å sikre dette på, sier Spanne i Miljøgartneriet.

Miljøgartneriet	
Areal veksthus	60 dekar
Totalt areal	77 dekar
Investeringskostnad	150 mill NOK
Årlig energibehov	24 GWh
Spillvarme fra TINE	80% av varmebehovet
Planlagt fjernvarmeanlegg	20% av varmebehovet
Gassfyrings i TINE-anlegget	5500 tonn CO ₂ til luftgjødsling

Tabell 3.7: Fakta om Miljøgartneriet.

Kilde: Miljøgartneriet, 2009

Som vist i tabellen er totalt energibehov for hele anlegget 24 GWh/år. Arealet er til sammen 77 dekar. Dette inkluderer kontorer og pakkerier. Gjennomsnittlig energibehov blir derfor 312 kWh/m²/år.

Gjennomsnittlig varmebehov for tomat ligger på 560 kWh/m²/år. Antar vi at veksthusdelen trenger noe mer varme enn kontordelen per kvadratmeter, vil dette tiltaket medføre derfor en besparelse på maksimalt 14,9 GWh i varme pr år.

3.7 Belysning

Aktører i og rundt veksthusbransjen tror den såkalte LED-teknologien (Light Emitting Diode) kan bli viktig for bransjens arbeid med energieffektivisering. Noen gartnere og forskere er fortsatt skeptisk til LED-lys. Skeptikerne mener det ikke er godt nok dokumentert at denne type belysning har god effekt, samt at LED er for dyrt. Den norske leverandøren SoLa-CO AS mener skepsisen er ubegrunnet. Ifølge selskapet finnes nok internasjonal erfaring på området som viser at LED gir god plantevekst og redusert kraftforbruk til belysning. Prisen på LED-lys har gått betydelig ned og det å installere slike lys er nå et svært kostnadseffektivt tiltak med nedbetalingstid på ca

tre år (SoLa-CO). Ifølge SoLa-CO og rosegartneriet Kjorsvik i Trøndelag (Kjorsvik, 2009), er installasjon av LED langt mer kostnadseffektivt enn installasjon av varmepumper eller biobrensel.

Kjorsvik har installert LED-lamper i en tredel av sitt totale veksthusareal på 3800 m². Dette er et pilotprosjekt som støttes med 250 000 kr av Enova. Den totale investeringen ligger på 1 million kr. Prosjektet ble startet i mindre skala i mars 2008, mens installasjonen i det store veksthuset ble gjennomført i desember 2008. Prosjektet ble omtalt i Gartneryrket nr. 4 (Gangås, 2009b).

Kjorsvik vil vente til 2009-sesongen nærmer seg slutten før alle konklusjoner vedrørende energibehov, innsparingspotensiale og plantevekst trekkes, men resultatene så langt er mer enn lovende.

På grunn av de klimatiske forholdene i Norge har Kjorsvik valgt å erstatte 50 prosent av lampene i drivhuset med LED, de resterende lampene er høytrykksnatriumslamper. LED-lys gir fra seg lite varme, og Kjorsvik ønsket å beholde noe strålevarme fra ordinære høytrykksnatriumpærer.

I rosegartneriet er det installert 178 LED-armaturer, pluss en transformator til hver og 179 nye høytrykksnatrium-armaturer. Kostnaden per LED-lampe har vært 2.900 kr., inkludert transformator. Produsentene garanterer en levetid på 50.000 timer for LED-diodene, noe som tilsvarer 8 – 9 år i rosegartneriet. Høytrykksnatrium-armaturer må derimot byttes ut etter 12 – 16.000 timer.

En stor forskjell mellom de to lyssystemene er at med LED kan plantene utnytte nesten 100 prosent av lyset. Høytrykksnatrium-armaturer har en virkningsgrad på kun 20 prosent, resten av effekten fra lampen utgjøres av varme og arbeidslys til gartneren.

Jan Kjorsvik anslår at strømforbruket i det ene drivhuset på Kjorsvik rosegartneri vil reduseres med omlag 700 000 kWh årlig som følge av installasjonen av LED-lys. Selvsagt må varmetapet kompenseres og 200 000 kWh tilføres som varme. Sluttsummen vil likevel bli en årlig besparelse på 500 000 kWh. Belysningen i det gamle veksthuset på Kjorsvik hadde en effekt på 196 kW. Med det nye anlegget er den redusert til 102 kW.

Hele det elektriske anlegget i gartneriet har blitt byttet ut, ettersom avstanden mellom armaturene nå blir 20 cm lenger. De gamle armaturene hadde en effekt på 400 w. En LED erstatter derimot en høytrykksnatrium

på 600 w, derfor må avstanden økes.

Hele lysanlegget er delt i to trinn. Trinn 1 består av høytrykknatrium-armaturer, med en effekt på 86 kw. Trinn 2 består av LED-lamper med en effekt på 16 kw.

Systemet fungerer slik: Når det er sol ute, slår trinn 1 seg av. Da er det bare LED-lysene som lyser. Ut- og innkoblingen av de ulike trinnene skjer automatisk og styres av solceller.

Kjørsvik rosegartneri	
Investeringskostnad	1 000 000 NOK
Antatt besparelse	500 000 kWh/år
Pris pr LED-lampe inklusiv transformator	2900 NOK
Areal i veksthus	1300 m ²
Antatt besparelse pr. kvadratmeter	384 kWh/m ²

Tabell 3.8: Fakta om Kjørsvik rosegartneri.

Kilde: Jan Kjørsvik

Montering av LED-lys har medført en økt luftfuktighet i veksthuset på rosegartneriet. Dette har nødvendiggjort justeringer av klimareguleringen i veksthuset, men etter to måneder med innregulering anser Kjørsvik at dette fungerer optimalt.

Resultatet så langt er at Kjørsvik rosegartneri i perioden 1. desember 2008 til 10. mars 2009 sparte 170.000 kWh belysning i veksthuset i forhold til tidligere år. Derimot har bruken av vannbåren varme økt med ca 40 000 kWh. Det har imidlertid vært en usedvanlig kald og vindfylt vinter på Frosta, så det er vanskelig å beregne i hvilken grad den økte varmebruken skyldes innføring av LED-lamper eller klimatiske forhold. Det er i perioden fra mars til oktober Kjørsvik forventer store besparelser ved bruk av LED, ettersom dette er en årstid da det normalt er mye sol og varmebehovet er mindre. I denne perioden vil det kun være LED-lys

som lyser i veksthuset det meste av tiden.

Kjørsvik gartneri vurderer nå å legge om til bruk av LED-lys i ytterligere et veksthus, i samme størrelse. Det eneste negative med LED-armaturen er at den støyer. Det brukes tre datavifter for å kjøle ned hvert armatur, og dette lager mye støy. Produsenten SoLa-Co AS (SoLa-CO, 2009) opplyser at viftene i framtidige armaturer fra produsenten vil byttes ut med støysvake vifter.

Den japanske lysdiode-produsenten Showa Denko har utviklet en rød lysdiode for å akselerere planters fotosyntese. Det dreier seg om en diode av aluminium-gallium-indiumfosfid (AlGaInP) som avgir lys med bølgelengde 660 nanometer. Den røde nyansen i lyset har vist seg å øke tilveksten på plantene svært godt, ifølge bedriften. Lysdiodene forbruker dessuten 70 prosent mindre energi sammenliknet med konvensjonelle røde lysdioder. Dermed avgir diodene mindre uønsket varme till plantene. Den nye belysningskilden er ennå ikke kommersielt tilgjengelig (NyTeknikk, 15/04-2009).

Heliospectra (Heliospectra AB, 2009) er et firma i Borås i Sverige som arbeider med ny belysningsteknologi. Bedriften har ambisjoner om å utvikle "intelligente LED-lamper" som ikke bare skal bruke halvparten så mye strøm, men også gjøre produktene fra veksthuset bedre gjennom å styre lyset på ulike måter. Programvaren styrer bølgelengde og lysstyrke over tid, ifølge kanadiske Sylvain Dube, som er administrerende direktør for selskapet og har forsket på UV-lys og fotosyntese i tolv år. Ifølge Dube har ulike vekster ulike lysreseptorer som styrer reaksjoner som produserer sekundære metabolitter. En "sekundær metabolitt" kan være en ønsket aroma for eksempelvis en krydderplante. Bølgelender som kun kreves for fotosyntese vil ikke nødvendigvis utløse en slik reaksjon. Hvordan lyset fra de nye LED-lampene skal styres, varierer fra vekst til vekst (Heliospectra).

4. Oppsummering av tiltak, kostnader, barrierer, virkemidler og diskusjon

I dette kapittelet har vi oppsummert investeringskostnader og driftsutgifter for ulike tiltak gitt i kapittel 1, 2 og 3. Vi har beregnet varmebehov for ulike kulturer med forskjellige størrelser basert på NGF sin energiundersøkelse i 2006, illustrert i figur 6 i kapittel 1. Basert på varmebehov og investeringskostnad for biobrenselanlegg og varmepumper kan vi estimere hva investeringskostnaden blir for et tenkt veksthus med gitt størrelse og kultur. Vi har også vurdert hvilke barrierer vi mener har betydning for om ønskede tiltak for klimagassutslipp blir utløst eller ikke. Investeringskostnader forbundet med biobrenselanlegg, biogass, varmepumpe, elektrokjel og oljekjel, samt driftsutgifter for ulike energibærere er gitt i kapittel 4.1. Kostnader forbundet med energieffektiviseringstiltak er oppsummert i kapittel 4.2. I kapittel 4.3 gir vi en oversikt over aktuelle virkemidler for norsk veksthusnæring og hvordan vi mener de virker.

4.1 Kostnader forbundet med ulike energibærere

Ettersom varmebehov og behov for belysning i ulike plantekulturer varierer svært mye, har begge deler betydning for energiforbruk og energieffektiviseringstiltak i veksthusnæringen. Kulturene som produseres i norske veksthus, er i energianalysen til Norsk Gartnerforbund (NGF) inndelt i ni grupper (se figur 6 side 13). I vår rapport har vi gjort en forenkling, slik at de kulturene som har omtrent likt oppvarmingsbehov er slått sammen.

Antall grupper er da redusert fra ni til fem:

1. Tomat: 560 kWh pr m² og år.
2. Agurk, helårs og sesong, samt blandet produksjon: 469 kWh pr m² og år.
3. Potteplanter, utplantingsplanter, helårs og roser: 348 kWh pr m² og år.
4. Liljer, tulipaner, salat og krydder: 239 kWh pr m² og år.
5. Potteplanter og utplantingsplanter sesong: 162 kWh pr m² og år.

Basert på varmebehov per kvadratmeter for ulike kulturer er det beregnet varmebehov for veksthus av ulike størrelser og ulike kulturer (se tabell 4.1). Dette er gjennomsnittsverdier for veksthus med ulike kulturer og ikke basert på virkelige verdier.

Dersom eierne av disse ulike veksthusene skal konvertere fra bruk av fossile brenslar til å bruke miljøvennlig brensel – for eksempel biobrensel eller varmepumpe – som oppvarming, må de foreta visse investeringer. Med bakgrunn i innsamlet materiale vedrørende investeringskostnader, fra leverandører og NGF, har ZERO beregnet investeringskostnad per kWh levert i løpet av 20 år. Dette har vi i ZERO regnet ut for biobrenselanlegg, varmepumpe, elektrokjel og oljekjel. Resultatet av utregningene er gjengitt i figurene 10 til 13 på de neste sidene.

Ut fra figur 10 til 13 kan det se ut som det lønner seg for små veksthus å installere biobrenselanlegg, ettersom slike anlegg er konkurransedyktige på pris (4-5 øre/kWh mot ca 7 øre/kWh). Det er i denne sammenheng viktig å ha med seg at i etablerte

Kultur	NGF, 2006 (se fig. 3 og 4)			Varmebehov i MWh pr. år for veksthus på 1, 2, 5, 10, 20 og 20 dekar				
	Varmebehov kWh/m ² /år	Totalt areal i dekar av kultur	Totalt varmebehov pr. år i GWh	1	2	5	10	20
Tomat	560	320	179,20	560	1 120	2 800	5 600	11 200
Agurk sesong og helårs, samt blandet prod.*	469	210	98,46	476	952	2 380	4 760	9 520
Potterplanter, utplantingsplanter og roser	348	660	229,70	348	696	1 740	3 480	6 960
Snittblomstar, salat/krydder	239	150	35,85	239	478	1 195	2 390	4 780
Sesongplanter**	162	400	64,80	162	324	810	1 620	3 240

Tabell 4.1: Varmebehov for ulike kulturer.

Basert på NGF sin energiundersøkelse fra 2006

*Blandet produksjon av potteplanter, snittblomster og grønnsaker, helårs sesong

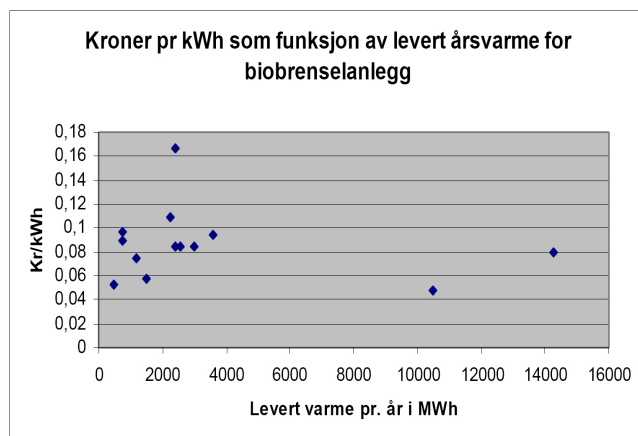
** Varmebehov er gitt i gjennomsnitt pr. år selv om veksthus i denne gruppa ikke benyttes til helårsproduksjon

veksthus finnes det allerede elektro- og oljekjel. Det mest aktuelle for veksthusene er derfor konvertering fra olje og el til biobrensel, ikke nyetablering av brenselanlegg. I tillegg benytter flere av aktørene som har biobrenselanlegg, spisslast i form av gass, olje eller strøm og må uansett ha tilgang til to energibærere.

Som vi ser av figur 10 og 11 er det store variasjoner i investeringskostnad for ulike biobrenselanlegg og varmepumpe-prosjekter. Noen grundig analyse av hvorfor investeringskostnaden for biobrensel og varmepumpe varierer såpass mye, ligger utenfor rammen av dette prosjektet. ZERO antar at noe av grunnen er at erfaringsmaterialet er såpass lite. Etter hvert som flere aktører går over til varmepumpe og biobrenselanlegg, tror vi prisene vil bli mer stabile og jevne seg ut.

4.1.1 Investeringskostnader for biobrenselanlegg

Investeringskostnaden for ulike biobrenselanlegg er dividert på den total mengden varme anlegget er antatt å levere i løpet av 20 år, som er antatt levetid for tiltaket. Med bakgrunn i en gangtid på 3000 timer per år (estimat fra leverandører av biobrenselanlegg) har vi beregnet varmeleveransen per år for de samme biobrenselanleggene. Bakgrunnen for beregningene er gitt i tabell 3.4 i kapittel 3 i denne rapporten. Figur 10 under viser hvor stor investeringskostnaden per kWh blir dersom veksthusene i tabell 4.1 skal legge om til biobrenselanlegg ut fra sitt varmebehov.



Figur 10: Investeringskostnad pr kWh for 13 biobrenselanlegg med ulik størrelse

Med utgangspunkt varmebehovet for de ulike veksthusene per år, som er gjengitt i tabell 4.1, kan man lese av i figur 10 hvor stor investeringskostnad per kWh disse veksthusene vil få.

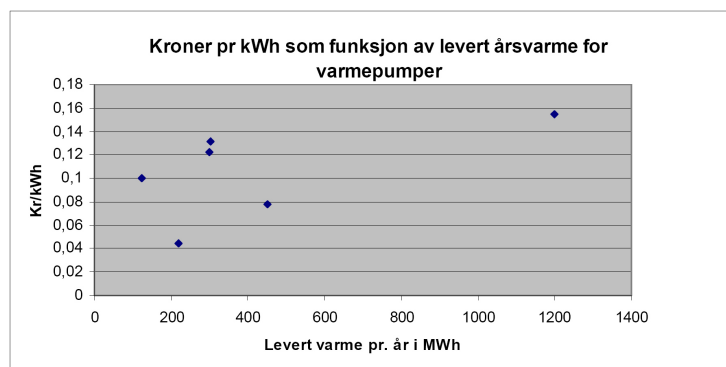
For eksempel: Et tomatveksthus på 20 dekar har ifølge tabell 4.1 et årlig varmebehov på 11.200 MWh. Av figur 10 ser vi at for å dekke dette varmebehovet

ved hjelp av biobrensel, vil investeringskostnaden per kWh bli mellom 6 og 8 øre.

Figur 10 viser at det er svært stor variasjon i investeringskostnaden pr kWh for de ulike anleggene.

4.1.2 Investeringskostnader for varmepumpe

Investeringskostnaden for ulike veksthus som har konvertert til varmepumpe er dividert på den total mengden varme anlegget er antatt å levere i løpet av 20 år, som er antatt levetid for tiltaket. Bakgrunnen for beregningene er gitt i tabell 3.4 i kapittel 3 i denne rapporten. Figur 11 under viser hvor stor investeringskostnaden per kWh blir dersom veksthusene i tabell 4.1 skal legge om til varmepumpe ut fra sitt varmebehov.



Figur 11: Investeringskostnad pr kWh for seks veksthus med varmepumper av ulik størrelse

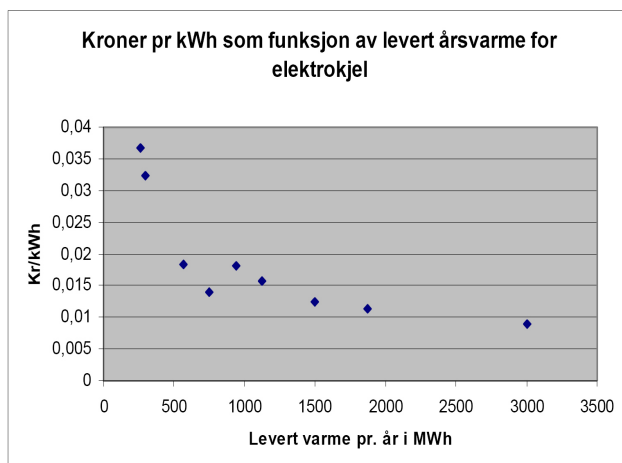
Av figur 11 ser vi at investeringskostnaden pr kWh varierer også for veksthus der man skal ta i bruk varmepumpe. Usikkerheten i tallunderlaget for denne figuren anses å være stort. Ifølge NGF vil erfaringsgrunnlaget og tallmaterialet på varmepumper bli større i løpet av 2009, ettersom flere anlegg nylig er igangsatt eller under planlegging. Det er installert langt færre varmepumper enn biobrenselanlegg i norske veksthus.

Et eksempel på utregning av investeringskostnad i figur 11: Et veksthus med snittblomster eller salat/krydder på fem dekar har ifølge figur 10 et årlig varmebehov på 1195 MWh. I figur 11 ser vi at for å dekke varmebehovet i et slikt veksthus vil investeringskostnaden for å ta i bruk varmepumpe per kWh bli ca 15 øre.

4.1.3 Investeringskostnad for elektrokjel og oljekjel

Dagens mest utbredte oppvarmingsmetode i norske veksthus er elektrokjel og oljekjel. Investeringskostnaden for disse oppvarmingsmetodene må her ses i sammenheng, ettersom

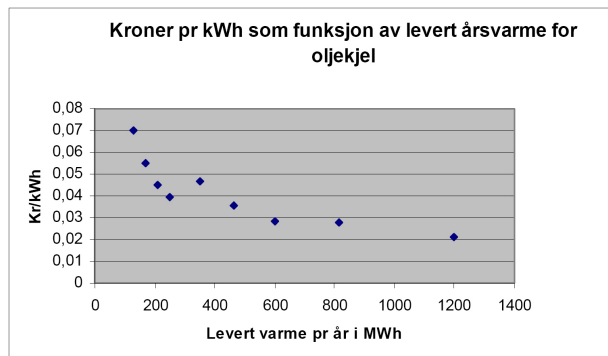
veksthusene oftest har installert både olje- og elektrokjel. Informasjon om investeringskostnad for elektrokjeler og oljekjeler er gitt av firmaet Varmeteknikk AS som er leverandør av begge. I figur 12 er investeringskostnad for elektrokjel plottet inn med bakgrunn i data fra tabell 1.1 i kapittel 1. I figur 13 er en tilsvarende graf illustrert for oljekjel basert på data fra tabell 1.2. i kapittel 1.



Figur 12: Investeringsskostnad pr kWh for ni elektrokjeler av ulik størrelse

I figur 12 er investeringskostnaden dividert på total mengde levert varme i løpet av 20 års levetid for elektrokjelen. De aller fleste veksthus som har elektrokjel, har også installert oljekjel. Investeringskostnad for elektrokjel og oljekjel må derfor legges sammen.

Investeringskostnadene blir derfor rundt 7 øre/kWh for en årsvarmeleveranse på ca 200 MWh, mens for veksthus med varmebehov på over 2000 MWh ligger investeringskostnaden på kun 3 øre/kWh (avlest i figur 12 og 13).



Figur 13: Investeringsskostnad pr kWh for ni oljekjeler av ulik størrelse

Et eksempel på utregning av investeringskostnad for elektrokjel og oljekjel: Et veksthus med agurk på fem dekar har ifølge tabell 4.1 et årlig varmebehov på 2380 MWh. Hvis vi antar at 70 prosent av dette behovet dekkes ved hjelp av elektrokjel og 30 prosent av oljekjel, blir investeringskostnaden per kWh for et slikt veksthus på litt over 4 øre pr kWh.

Som tidligere nevnt er det vanskelig å beregne hvor stor andel av tida veksthusene er drevet på elektrokjel eller oljekjel, ettersom dette er styrt av prisen på strøm og olje. Denne usikkerhetsfaktoren vil imidlertid ikke bety så mye for utregningen av investeringskostnaden per kWh, ettersom de fleste gartnere som har valgt denne løsningen, har installert både oljekjel og elektrokjel. Vi anser derfor de utregnede investeringskostnadene per kWh for elektrokjel og oljekjel i figurene 12 og 13 som relativt sikre.

4.1.4 Kostnader forbundet med biogass

Rogaland er det fylket i Norge med det største biogasspotensialet. Totalt er det tilgjengelig 600

Tiltak	Serviceutgifter	Arbeidstid	Energipris
Biovarmeanlegg	5-10 000 kr/år	ca. 1 time pr. uke	Halm: 10-12 øre/kWh Skogsflis: 20-25 øre/kWh Briketter: 20-25 øre/kWh Pellets: 35 øre/kWh
Varmepumpe	5 000 - 15 000 kr/år		Elektrisitet: 45 øre/kWh (NGF prognose 1009)
Elektrokjel og oljekjel	20 000 - 30 000 kr/år (10 000 - 15 000 kr for service på hver av kjelene, ref. Jarotech)		Elektrisitet: 45 øre/kWh (NGF prognose) Fyringsolje nr. 1: 62 øre/kWh (NGF prognose) Biofyringsolje: 72,9 øre/kWh
Gasskjel (ombygd oljekjel)	30 000 (biogass) 10 000 (naturgass)		Biogass: 23 øre/kWh Naturgass: 28 øre/kWh Propan: 38 øre/kWh (NGF prognose)

Tabell 4.2: Driftsutgifter for ulike energibærere.

Kilde: Energigården, Jarotech, NGF og Svein Hodne

GWh biogass i fylket. 500 GWh av disse kommer fra husdyrgjødsel, og det er derfor mulig å bygge desentraliserte gårdsanlegg drevet på biogass.

Ifølge en studie gjennomført av Østfoldforskning (kapittel 2.3), er investeringskostnadene for biogassanlegg 22-39 øre/kWh, mens drifts- og vedlikeholdskostnadene ifølge samme studie ligger på 6-7 øre/kWh.

Bruk av biogass fra eksisterende deponi, eller biofyringsolje som energibærer, har neglisjerbar investeringskostnad. Disse tiltakene fordrer en mindre justering av det eksisterende energisystemet og innebærer en lettere ombygging av oljekjeler. Driftsutgiftene for biofyringsolje er derimot høyere enn for fossil olje (se tabell 4.2).

4.1.5 Driftsutgifter for biobrensel, varmpumpe, elektrokjel, oljekjel og gasskjel

Som allerede nevnt vil drifts- og vedlikeholdsutgiftene variere avhengig av hvordan energisystemene driftes og hva slags brensel de bruker.

I følge Svein Lilleengen som eier et gårdbiogassanlegg i Trøndelag benyttes rensed avgass fra biobrensel, som CO₂-luftgjødsling i Sverige. Utgifter forbundet med dette har vi ikke lyktes å få tak i.

4.2 Kostnader forbundet med energieffektivisering

Ifølge NGF er isolasjonstiltak det mest kostnadseffektive tiltaket, ettersom energiforbruket reduseres med 30 – 50 prosent når gardiner med god kvalitet introduseres. I kapittel 3.2 er dette tiltaket beskrevet. Fra tabell 3.2 leser vi at investeringskostnaden per kvadratmeter ligger mellom 159 og 388 kroner. Det er ikke alltid samsvar mellom størrelse og kostnad. I følge Anders Sand finnes det lite statistikk på området. Vurdering av hva som er grunnen til denne variasjonen har vi ikke hatt mulighet til å gå inn på i dette prosjektet.

Eksempel på klimagunstig lokalisering av veksthus er gitt i kapittel 3.1. En steinmur i veksthuset fungerer som varmemagasin. Hele veksthuset gravd ned omtrent en meter i grunnen, og i tillegg er det etablert le - vegger rundt huset. Nevnte veksthus har ikke utgifter til oppvarming. Vurdering av hva nedgraving av veksthus og etablering av le-vegger vil koste for større, industrielle veksthus er ikke gjort i denne studien. Steinmur anser vi ikke som et realistisk tiltak for store, industrielle veksthus.

Det forskes på utvikling av nye materialer som vil redusere energitapet fra veksthus. Hydro Huisman i Nederland har etablert forsøkshus som produserer mer energi enn de forbruker. Det har ikke lyktes oss å få kontakt med Hydro Huisman og vi har derfor ikke innhentet kostnadsoversikt.

Bruk av solfangere i veksthus har vært forsøkt i Norge, men prosjektet hadde flere svakheter (se kapittel 3.4). Den informasjonen det har vært mulig å innhente på dette området, viser at solfangere har et energisparepotensial på 30-50 prosent i forhold til et konvensjonelt veksthus, men på grunn av mangelfullt bakgrunnsmateriale er disse tallene usikre. Med bakgrunn i tabell 3.5 i kapittel 3.4 kan vi beregne en investeringskostnad på 17 øre/kWh, gitt at levetid for anlegget settes til 20 år (John Rekstad). Solfangere benyttet i veksthus bør utredes videre.

Lagring av overskuddsvarme ved å fjerne varme på solrike dager, og lagre denne til bruk på kjølige dager eller netter er ikke forsøkt i Norge. To potensielle prosjekter vil kanskje realiseres i nær fremtid. Kostnader forbundet med dette er ikke innhentet.

Bruk av spillvarme til oppvarming av veksthus er under planlegging ved Miljøgartneriet i Kviamarka næringsmiddelpark. Dette tiltaket medfører en energibesparelse på maksimalt 14,9 GWh per år (se kapittel 3.6). Norge har gode spillvarmeressurser, men andre eksempler på bruk av spillvarme til oppvarming av veksthus har vi ikke lyktes å oppdrive.

Bruk av LED-lys i veksthus er som nevnt omdiskutert. Leverandør av LED mener det er det mest kostnadseffektive tiltaket for energieffektivisering med ei nedbetalingstid på under tre år. Bransjen selv er enda skeptisk og avventer resultater fra Kjørsvik som forhåpentligvis er klare i løpet av 2009.

Åse gartneri dyrkes agurker uten bruk av kunstig belysning, og er i følge dem selv de eneste agurkdyrkerne som gjør dette. Gartneriet hadde ingen forklaring på hvorfor andre veksthus ikke følger deres eksempel. Tidsrammen i dette prosjektet har ikke tillatt oss å gå nærmere inn på dette. Kutter man belysning i veksthus som dyrker agurk sparer man ca 54 GWh årlig (se figur 8 i kapittel 1).

4.3 Barrierer og virkemidler

I arbeidet med rapporten har vi avdekket ulike barrierer som ZERO mener har betydning for implementering av fornybar energi og mer klimavennlige løsninger i veksthussektoren. Historien viser at avgifter har medført overgang til mer klimavennlige energibærere.

For eksempel medførte introduksjonen av CO₂-avgift på kull utfasing av kull som oppvarmingskilde i norske veksthus tidlig på 1990-tallet.

Landbrukssektoren er en desentralisert sektor som preges av liten evne til å foreta store og langsiktige investeringer. Dette kjennetegner også veksthusnæringen. Et veksthus er en relativt lite kapitalintensiv investering (1500 – 4000 kr pr. kvm), som derfor ikke nødvendigvis er gjort i et langsiktig perspektiv. Noen veksthus benyttes også kun i kortere perioder i løpet av et år. Fraværet av langsiktig investering er en problemstilling som ligger utenfor arbeidet i denne rapporten og angår hele landbrukssektoren. Likevel har mangel på langsiktighet konsekvenser for viljen og muligheten til å gjennomføre store investeringer med lang nedbetalingstid.

Sett i sammenheng med denne mangelen på langsiktighet er kostnaden for å investere i biobrenselanlegg en barriere for konvertering fra bruk av fossil energi i drivhusnæringen. Mange biobrenselprosjekter har en nedbetalingstid på rundt 15 år. Dette medfører at mange prosjekter ikke blir realisert. 15 år er svært lang nedbetalingstid når man tar i betraktning at bransjen har et relativt kortsiktig perspektiv. Per i dag vurderes styringseffektiviteten til virkemiddelet investeringsstøtte, som svekket på grunn av for lav sats. Støtten bør derfor økes slik at nedbetalingstiden for biobrenselanlegg synker. Med dagens støtteordning vil noen prosjekter ikke få støtte ettersom de anses å være for lønnsomme. En rett til investeringsstøtte bør derfor innføres slik at alle som ønsker å konvertere har mulighet til dette.

Når en gartner konverterer til biobrensel, vil driftsutgiftene vanligvis gå ned. Hvorvidt investeringen i biobrensel er lønnsom, avhenger derimot av prisen på alternative energibærere. Lave strøm-, gass- og oljeutgifter medfører at konvertering til biobrensel eller varmepumpe ikke vil lønne seg. Lønnsomhet for konvertering til biobrensel vil derfor være "omvendt" proporsjonal med strøm-, gass- og oljepris.

I Rogaland er det etablert en infrastruktur for naturgass som drøyt hundre veksthus er tilknyttet. Denne nylig gjennomførte investeringen i infrastruktur for fossil energi er derfor en barriere for å velge nye fornybare løsninger i dette distriktet. For å forhindre en videre konvertering til fossile energikilder i framtida, foreslår ZERO at det introduseres forpliktende

avtaler om dette i jordbruksavtalen. Alternativet er å etablere en samarbeidsavtale mellom Enova og Norsk Gartnerforbund på dette. Rogaland er et fylke som ifølge Enova (Enova, 2009) har stort biogasspotensiale. Introduksjon av biogass i allerede eksisterende infrastruktur er derfor en mulighet og bør i så fall innføres enten i form av ren biogass i deler av nettet eller i form av høy innblandingsprosent av biogass i hele nettet. Innlandingsprosenten bør ikke være lavere enn ca 50 prosent. ZERO er skeptiske til en lavinnblandingsmodell på et par prosent biogass, ettersom dette vil legitimere videre bruk av fossil gass. Et siste alternativ er å introdusere desentraliserte biogassanlegg med husdyrgjødsel som veksthus kan få energi fra. ZERO foreslår også å innføre avgift på fossil gass for å bedre konkurransesituasjonen for biogass og andre fornybare energibærere. I tillegg er introduksjon av en betydelig investeringsstøtte nødvendig for å utløse utbygging av gårdbiogassanlegg.

ZERO mener at også mangelen på kunnskap i bransjen om biobrensel er en barriere. Drift av biobrenselanlegg krever fagkompetanse som gartnerne må tilegne seg. Innføring av "ny" teknologi tar tid og krever både kompetanse og interesse hos brukerne. For at introduksjon av biobrensel skal lykkes, må gartneren i tillegg til å være planteprodusent også ønske å være varmeprodusent.

Bransjen har negativ erfaring med mindre vellykkede varmepumpeprosjekter som ble introdusert i ulike veksthus for om lag tjue år siden. Holdninger om at biobrenselanlegg er svært "tungstyrte" og langsomme, er utbredt. ZERO tror negative holdninger til fornybar energi kan endres ved rådgivningstiltak, samt forbedrede støtteordninger.

Det tre år lange rådgivningsprosjektet som ble etablert i jordbruksavtalen i 2008 om energi, bør derfor videreføres og styrkes. Bioenergikampanjer og opplæringskurs er også viktige for å styrke kompetansen.

Markedspriser for pellets, flis, briketter og andre former for biobrensel eksisterer, men er ikke veldig utviklet. En norsk markedspris for halm har ikke vært mulig å finne. I Danmark er handelen med halm mer etablert og følger en markedspris, men import av dansk halm anses ikke å være en realistisk eller ønskelig løsning. Rammebetingelser som stimulerer opprettelsen av lokale, robuste biobrenselmarkeder bør etterstrebes.

Barrierer	Mål	Hvor "virker" barrieren	Virkemidler
Investeringskostnad	Å øke konvertering til fornybar energi	Hindrer konvertering til alternativ energi	Investeringsstøtte fra Enova og Bioenergiprogrammet fra Innovasjon Norge økes
Driftsutgifter	Å øke konvertering til fornybar energi	Hindrer konvertering til biobrensel og varmepumpe o.l.	Avgifter på fossil energi
Manglende kompetanse	Å øke kompetansen på konvertering til fornybar energi i bransjen, samt mer energieffektiv drift	Konvertering og energi-effektivisering.	Gjennom jordbruksavtalen videreføre og styrke rådgiving.
Negative holdninger	Forbedre holdninger til fornybar energi og energieffektivisering		Bedre støttereimet og introdusere avgifter på fossil energi
Manglende langsiktighet		Hindrer overgang til fornybar energi	
Nylige investeringer i fossil infrastruktur	Hindre videre feilkonvertering til fossil energi	Opprettholder naturgassbruk	Forpliktende avtale med bransjen Enova – NGF, alternativt gjennom jordbruksavtalen. Stedsspesifikk
Umodent marked	Forbedre tilgangen på biobrensel		Bruke avgift for å forbedre etterspørselen.
Ikke "en" løsning, men mange.	Skreddersy løsninger til ulike veksthus og gartnere.		Rådgiving, bistand i søknadsskriving, og kompetanseheving
Kunnskapshull	Lette utvikling av ny teknologi	LED-lamper	Rådgivning, skolering. Støtte til demoanlegg
Kunnskapshull	Lette utvikling av ny teknologi	Solfangere	Rådgivning, skolering. Støtte til demoanlegg

Tabell 4.3: Oppsummering av barrierer, mål og virkemidler.

Noen av tiltakene har neglisjerbare investeringskostnader (i vekshuset). Dette gjelder både biogass fra deponi og konvertering til biofyringsolje. De største barrierene for å introdusere disse tiltakene vil muligens være tilgang på biogass og biofyringsolje i markedet.

Veksthusnæringen er som tidligere nevnt en desentralisert sektor hvor individuelle løsninger må tilstrebes. For å lykkes med å redusere klimagassutslipp og oppnå energibesparing må det satses på flere alternative løsninger.

Tabell 4.3 gir en oversikt over ulike barrierer for innføring av mer miljøvennlige former for oppvarming i veksthusnæringen, samt hvilke områder de har relevans for og hvilke virkemidler som må tas i bruk for å bryte ned barrierene.

Som nevnt er det ønskelig å øke bruken av biobrensel som energibærer i norske veksthus. I dagens situasjon er investeringskostnaden for biobrenselanlegg en barriere for å nå målsetningen om økt bruk av biobrensel. Konvertering til biobrensel medfører en høyere investeringskostnad. Deretter vil driftsutgiftene vanligvis være lavere, men som flere i næringen påpeker: Hvorvidt investeringen er lønnsom, avhenger av strøm- og oljepris, som jo varierer med markedssituasjonen. Interessen for varmeproduksjon er en nødvendighet for at gartneren skal gå over til biobrensel (Åse gartneri), ettersom anleggene krever mer arbeid enn en elektrokjel. For de gartnerne som ikke anser varmeproduksjon å være en integrert del av virksomheten, men noe som kun skal fungere, vil terskelen for å investere i biobrenselanlegg være stor.

5. Konklusjon

Denne rapporten viser at det finnes tekniske løsninger som gjør det mulig å erstatte all fossil energi benyttet til oppvarming i veksthusnæringen med fornybare energibærere. Alternativene til fossil energi er mange, og ettersom veksthus i all hovedsak bruker vannbåren varme, ligger forholdene svært godt til rette for å konvertere fra fossilt til fornybart. Rammevilkårene avgjør hvorvidt konvertering finner sted eller ikke. Elektrisk kraft er en høyverdig energiform som i utgangspunktet ikke bør benyttes til oppvarming. Av den grunn anbefales konvertering av elektrokjeler til biobrensel eller varmepumpe. Miljøstiftelsen ZERO vurderer allikevel at det er den fossile energien, og utslippene fra denne, som er viktigst å fjerne. Elektrokjel som grunnlast og biofyringsolje som topplast kan være et aktuelt tiltak der ulike forhold gjør konvertering til biobrensel, varmepumpe eller andre tiltak vanskelig.

Investeringskostnadene for biobrenselanlegg og varmepumper varierer etter våre beregninger svært mye. De billigste anleggene har en investeringskostnad på 4-5 øre/kWh, mens kostnaden for de dyreste anleggene ligger på ca 17 øre/kWh. 16 av de 19 anleggene ZERO har fått opplyst prisen på, har en størrelse på 100 til 3000 MWh i levert årsvarme. På større anlegg har vi derfor mindre beregningsgrunnlag.

Dagens mest utbredte oppvarmingsmetode i veksthusnæringen er elektrokjel og oljekjel. Investeringskostnadene for disse to må ses i sammenheng, ettersom veksthusene oftest har installert både olje- og elektrokjel. Investeringskostnadene blir derfor rundt 7 øre/kWh for årsvarmeleveranse på ca 200 MWh, mens for veksthus med varmebehov på over 2000 MWh ligger investeringskostnaden på kun 3 øre/kWh.

Som vi har sett av oversikten over driftsutgifter i tabell 4.2 er prisene på bioenergi i utgangspunktet konkurransedyktige med fossile energibærere. Basert på driftsutgiftene er konvertering lønnsomt. ZERO har i arbeidet med rapporten avdekket flere barrierer som motvirker konvertering til fornybar energi. Manglende kompetanse på biobrenselanlegg og varmepumper, kombinert med lav investeringsevne og manglende langsiktighet i bransjen, er viktige årsaker til at tiltak ikke blir utløst.

Biobrenselanlegg krever at gartneren har kompetanse, interesse og arbeidstid for å drifte anlegget. Elektrokjel og oljekjel er "hylleware" og medfører langt mindre arbeid og risiko for gartneren.

Naturgasskonverteringen som har foregått i Rogaland, er et trist eksempel på at regjeringen ikke har innfridd sin egen målsetning om at fossil gass ikke skal utkonkurrere fornybare energibærere. Myndigheter og politikere må dra lærdom av denne utviklingen for å unngå at noe tilsvarende skjer igjen. Dette er et generelt innspill til norsk klimapolitikk og til SFT sitt arbeid med klimakur som også gjelder andre sektorer enn veksthusnæringen.

ZERO foreslår at dersom man skal gå for innblanding av biogass i allerede eksisterende gassinfrastruktur i Rogaland må konverteringen skje raskt og medføre en høy andel fornybar energi. Dersom dette ikke lar seg gjøre, bør staten heller stimulerer til andre tiltak, som biobrensel eller varmepumper, som ikke medfører bruk av fossil energi. 100 prosent konvertering til biogass, for veksthus i deler av Rogaland, er en annen mulighet hvor eksisterende infrastruktur benyttes. Rogaland er det fylket i Norge med det største biogasspotensialet, 600 GWh tilgjengelig biogass, hvor 500 GWh kommer fra husdyrgjødsel. ZERO foreslår derfor at Rogaland blir et satsingsområde for desentraliserte biogårdsanlegg.

Investeringskostnadene for gårdbiogassanlegg ligger i henhold til studie gjennomført av Østfoldforskning på 22-39 øre/kWh, mens drifts og vedlikeholdskostnadene iht samme studie ligger på 6-7 øre/kWh.

Avgift på fossil gass og introduksjon av en betydelig investeringsstøtte vil derfor være nødvendig for å utløse utbygging av gårdbiogassanlegg.

Noen av tiltakene vi har omtalt i denne rapporten har neglisjerbare investeringskostnader for gartneriene. Det gjelder både bruk av biogass fra deponi som energibærer og bruk av biofyringsolje som topplast i kombinasjon med fortsatt drift av elektrokjel.

ZERO konkluderer derfor at rett til investeringsstøtte, og avgift på fossile energibærere vil være viktige virkemiddel for å oppnå at flere aktører konverterer til fornybare energibærere.

Vi anbefaler også videreføring av prosjektet "spesialrådgivning energi" som ble etablert i jordbruksavtalen 2008, samt etablering av flere demoanlegg spesielt innenfor belysning og bruk av solfangere. Fokus på kompetansebygging og kampanjer bør også videreføres.

Forpliktende avtaler som forhindrer konvertering til

Tiltak	Erstatter	Kraftbesparelse	Reduksjon i tonn CO2
Biobrenselanlegg og varmepumper	Olje og propan	100-200 GWh strøm (avhengig av andel varmepumper og biobrenselanlegg som introduseres)	32 065 tonn CO2 fra olje 13530 tonn CO2 fra propan
Gårdbiogassanlegg	Naturgass	Hindrer konvertering til biobrensel og varmepumpe o.l.	33825 tonn CO2 fra naturgass

Tabell 5.1: Konvertering fra fossil til fornybar energi.

naturgass bør inn i jordbruksavtalen.

Reduksjon i utslipp av CO2 og kraftbesparelse forbundet med ulike tiltak er oppsummert i tabell 5.1 og 5.2.

Et tiltak det hefter noe usikkerhet ved, er LED-lys. Bransjen er som nevnt skeptisk, men deler av den anser slik belysning som et av de viktigste tiltakene for reduksjon av energiforbruket fram mot 2020. Vi har anslått at dette tiltaket kan redusere forbruket av strøm i veksthusnæringen med en tredel. Dette

er et usikkert anslag ettersom tiltaket er såpass lite utprøvd.

I tabell 5.2 har vi anslått hvor store utslippsreduksjoner introduksjon av nye isolerende gardiner vil ha, samt kraftbesparelsen forbundet med det samme tiltaket.

For spillvarme, solfangere og bruk av nye materialer anser vi det ikke forsvarlig å estimere et reduksjonspotensial. Solfangere er et tiltak som bør utredes videre og som kan ha et stort potensial fram mot 2020.

Tiltak	Energireduksjon	Reduksjon i tonn CO2
Isolerende gardin introdusert etter konvertering til fornybar energi	30 % av 600 GWh varme (totalt energiforbruk til oppvarming av norske veksthus per år): 180 GWh varme besparelse	Ingen CO2-reduksjon
Isolerende gardin introduseres uten konvertering til fornybar energi	30 % av strømforbruket til elektrokjel: 61 GWh kraft besparelse	CO2 reduksjon på 30 % av 82000 tonn CO2: 24600 tonn CO2
LED lys	Ca 100 GWh strøm	Ingen CO2 reduksjon

Tabell 5.2: Reduksjon i energiforbruk.



Kilder:

- Aase gartneri Jæren. (2009).** Aase gartneri Jæren. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.aasegartneri.no/>.
- Berge Godt og Grønt i Larvik. (2009).** Berge Godt og Grønt i Larvik. Retrieved May 27, 2009, from <http://vestfold-energiforum.no/~media/02BD0B595FE34A538724784E0130ADF5.ashx>.
- Bio8. (2009).** Bio8. Retrieved May 28, 2009, from <http://www.bio8.no/>.
- Bioforsk Kvithamar. (2009).** Bioforsk Kvithamar. Retrieved May 27, 2009, from http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/bioforsk/forskingscenter/senter/avdeling?p_dimension_id=15069.
- Bjertnes, M. (2009, March).** Investeringskostnader veksthus.
- Bævre, O. A., Bø, Ø. L., Jelsa, R., Randeberg, E., & Verheul, M. (2006).** Energi til norsk veksthusnæring. Bruk av naturgass som energibærer og CO2 kilde. Bioforsk.
- Dahl, P. (2009, April).** Varmepumper i veksthus, perry.dahl@afgruppen.no.
- Ekra. (2009).** Ekra gartneri, 7083 Leinstrand, tlf 72594220.
- Energigården AS - Senter for Bioenergi. (2009).** Energigården AS - Senter for Bioenergi. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.energigarden.no/>.
- Enova. (2009).** Enova.no (Enova). Retrieved May 27, 2009, from <http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationdetails.aspx?publicationID=373>.
- Erga, I. (2009, April).** Økologisk veksthus ved Erga gård, Orrevegen 653, 4343 Orre, tlf 51428122.
- ESA. (2009).** ESA . Retrieved May 27, 2009, from <http://www.eftasurv.int/>.
- Falkenberg | Leverandør til treindustrien. (2009).** Falkenberg | Leverandør til treindustrien. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.falkenberg.no/>.
- Gangås, D. E. (2009a).** Varmepumpe i Ekra gartneri. Gartneryrket.
- Gangås, D. E. (2009b, April 3).** LED belysning i veksthus. Gartneryrket.
- Grjøtheim, E. (2009, Mai).** Varmepumper i veksthus.
- Hallenstvedt Import og Salg. (2009).** Hallenstvedt Import og Salg. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.hallenstvedt.no/>.
- Harsem, T. (1986).** Glasstak med innebygget klimaanlegg. Trondheim: SINTEF Avd. Energi og strømningsteknikk.
- Heliospectra AB. (2009).** Heliospectra AB. Retrieved May 28, 2009, from <http://www.heliospectra.se/>.
- Henriksen. (2009, April).** Halmfyring i veksthus, Henriksen Hauer gård og gartneri, Hauer gård, 1440 Drøbak, Tlf 64931533.
- Hesnes. (2009, April).** hesnesgartneri.no. Retrieved May 28, 2009, from <http://www.hesnesgartneri.no/>.
- Hodne, T. (2009, April).** Hodne gartneri, Lars Tjøttasvei 41, 4340 Bryne, Norway. Tlf. 51426225.
- Holter, Ø., Ingebretsen, F., & Parr, H. (1998).** Fysikk og energiressurser. Oslo: Universitetsforlaget.
- Innovasjon Norge. (2009).** Innovasjon Norge. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.innovasjonnorge.no/>.
- IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change. (2009).** IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.ipcc.ch/>.
- Jarotech. (2009).** Jarotech AS. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.jarotech.no/index.php?1=kontakt>.
- Kjærnsrød. (2009).** Kjærnsrød Gartneri. Retrieved May 28, 2009, from <http://www.xn--kjrnsrdgartneri-ylb42a.com/>.
- Kjørsvik, J. (2009, April).** Kjørsvik gartneri, 7633 Frosta. Tlf 74808514.
- Klimakur 2020. (2009).** Klimakur 2020. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.klimakur2020.no/>.
- Laugen, J. (2009, March).** Investeringskostnad veksthus.
- Lilleengen, S. (2009).** Biogass. Miljøvennlig, sikker, lønnsom. Tapir Akademiske forlag.
- Miljøgartneriet. (2009, April).** Miljøgartneriet AS, Kviamarka, 4365 Nærbø.
- Nobio. (2009).** Nobio, Norsk bioenergiforening. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.nobio.no/>.
- Norsk Gartnerforbund. (2009).** Norsk Gartnerforbund. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.gartnerforbundet.no/>.
- Raadal, H. L., Schakenda, V., & Morken, J. (2008).** Potensialstudie for biogass i Norge. Østfoldforskning.
- Rekstad, J. (2009).** A V E N T A. Retrieved May 28, 2009, from <http://www.aventa.no/>.
- SoLa-CO. (2009).** SoLa-Co Norge Ltd. Retrieved

May 28, 2009, from <http://www.sola-co.no/>.

St.meld. nr. 34 (2006-2007) - Norsk klimapolitikk. (2006). St.meld. nr. 34 (2006-2007) - Norsk klimapolitikk. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/regpubl/stmeld/2006-2007/Stmeld-nr-34-2006-2007.html?id=473411>.

Statistisk Sentralbyrå. (2009). Statistisk sentralbyrå. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.ssb.no/>.

Thomassen, T. (2009). Miltec AS, Stutthei, 4780 Brekkestø, tlf 37275300.

Tønnesen, J., & Stang, J. H. (2000). Kombinert solfanger- og skyggeanlegg for veksthus i Barlia, Overhalla. SINTEF Energiforskning.

Varmeteknikk (2009). VARMETEKNIKK AS. Retrieved May 27, 2009, from http://www.varmeteknikk.no/site/maler/x/default.asp?case_vis=fremside.

Veolia Norge. (2009). Veolia Norge. Retrieved May 27, 2009, from <http://www.veolia.no/index.html>.

Vedlegg 1: Investeringskostnader skyggeanlegg

Kostnadsplan GARDIN: Gartneri 1

Veksthusareal		7 200 kvm	
Beskrivelse	Antall	pris	Sum
GARDIN			0
Tak	1	728190	728 190
	1	376002	376 002
Elektriker	50	550	27 500
			0
			0
			0
			0
			0
Prosjektering og prosjektledelse	1	20000	20 000
Prosjektering og prosjektledelse egeninnsats	60	400	24 000
			0
Diverse uforutsette kostnader	3 %	0	33 050
		0	0
			0
Total investeringskostnad			1 208 742

Kostnadsplan GARDIN: Gartneri 2

Veksthusareal		350 kmv	
Beskrivelse	Antall	pris	Sum
			0
			0
GARDIN	1	130000	130 000
			0
			0
Elektriker	1	10000	10 000
			0
Prosjektering og prosjektledelse	1	1800	1 800
Prosjektering og prosjektledelse egeninnsats	10	350	3 500
			0
Diverse uforutsette kostnader	4 %	0	0
		0	0
			0
Total investeringskostnad			145 300

Kostnadsplan GARDIN: Gartneri 3

Veksthusareal		3 200 kvm	
Beskrivelse	Antall	pris	Sum
Gardin it til anbud	1	393654	393 654
Opplegg svakstrøm	1	15000	15 000
Releebokser	3	8100	24 300
Elektriker	1	50000	50 000
Prosjektering og prosjektledelse	1	1800	1 800
Prosjektering og prosjektledelse egeninn-sats	10	350	3 500
Diverse uforutsette kostnader	4 %		19 320
Total investeringskostnad			507 574

Kostnadsplan GARDIN: Gartneri 4

Veksthusareal		11 000 kvm	
Beskrivelse	Antall	pris	Sum
GARDINER			0
6000 m2	1	889487	889 487
5000 m2	1	789984	789 984
Elektriker	1	100000	100 000
Igangkjøring montering	1	100000	100 000
Prosjektering og prosjektledelse	1	15000	15 000
Prosjektering og prosjektledelse egeninn-sats	60	400	24 000
Diverse uforutsette kostnader	3 %	1 879 471	56 384
Total investeringskostnad			1 974 855

Kostnadsplan GARDIN: Gartneri 5

Veksthusareal		2 200 kvm	
Beskrivelse	Antall	pris	Sum
GARDIN	1	393654	393 654
Elektriker	1	50000	50 000
Releebokser	3	8 333	25 000
kopling svakstrøm	1	15000	15 000
Prosjektering og prosjektledelse	10 %	238 826	23 883
Prosjektering og prosjektledelse egeninnsats	10	350	3 500
Diverse uforutsette kostnader	4 %	0	18 750
Total investeringskostnad			529 787

Vedlegg 2: Investeringskostnader - flisfyring i veksthus

Kostnadsplan Flisfyring: Gartneri 1

Veksthusareal:	1 180	m2	Gangtid:
Kapasitet:	250	KW	5 000
Beregnet energileveranse pr år:	1 250 000	kWh	
Andel av varmebehovet som dekkes:	100	%	

Beskrivelse	Antall	pris	Sum
Fliskjel ihht tilbud fra Hallenstvedt	1	951 000	951 000
Graving av fiernvarmerør	1	82 000	82 000
Boring under vei	1	25 000	25 000
Betong til fundament	25	880	22 000
Grunnarbeider inkl pukk	1	30 000	30 000
ekstra Flislaager/tørke	1	50 000	50 000
Legging av varmerør i golv/bakke	1	15 000	15 000
3-fas kabel	1	6 000	6 000
Elarbeid- for framføring av strøm	1	40 000	40 000
Lossing/montering	0,4	20 000	8 000
Rørlegg	1	18 000	18 000
Buffertank med styring	5000	7	35 000
Prosjektering og prosjektledelse NGF	10 %	445 000	44 500
Prosjektering og prosjektledelse egeninnsats	210	350	73 500
			0
Diverse uforutsette kostnader	4 %	1 282 000	51 280
Total investeringskostnad			1 451 280

Prosjektet gitt støtte fra Enova med 31 %.

Kostnadsplan Flisfyring: Gartneri 2

Veksthusareal:	8 300	m2	Gangtid:
Kapasitet:	1 000	KW	2 894
Beregnet energileveranse pr år:	2 894 195	kWh	
Andel av varmebehovet som dekkes:	90	%	

Fyringsanlegg:	Antall	pris	Sum	Sum inkl mva
Biokjel + trykktank inkl montering og rør i fyrrom	1	2 665 000	2 665 000	3 331 250
fra Tangen automasjon				
Montering				
Rørarbeider	1	300 000	300 000	375 000
Elektriker	1	275 000	275 000	343 750
Reguleringsutstyr	1	120 000	120 000	150 000
Energimåler	2	30 000	60 000	75 000
FYRROM:				
Graving avløp	1	40 000	40 000	50 000
Andel av byggesett	1	115 000	115 000	143 750
Andel forskaling, støping gulv	1	160 000	160 000	200 000
Støping av siloer	1	350 000	350 000	437 500
				492 068
GARDIN:				
Energigardin ihht anbud	1	393 654	393 654	492 068
Elektriker	1	30 000	30 000	37 500
Relebokser	3	8 333	25 000	31 250
kopling svakstrøm	1	15 000	15 000	18 750
Diverse:				
Prosjektering og prosjektledelse NGF	10 %	100 000	100 000	125 000

Prosjektet gitt støtte fra Enova med 30 %.

Kostnadsplan Flisfyring: Gartneri 3

Veksthusareal:	2 500 m2
Kapasitet:	250 KW
Beregnet energileveranse pr år:	600 000 kWh
Andel av varmebehovet som dekkes:	45 %
Gangtid:	2 400

Kjelanlegg	678 000
Rørkostnader	0
Grøftkostnader	0
Kundesentraler / varmevekslere	0
Bygningsmessige kostnader	257 000
Prosjektering/timekostnader	91 000
Andre kostnader	36 420
Total investeringskostnad	1 062 920

Prosjektet gitt støtte fra Enova med 28 %.

Kostnadsplan Flisfyring: Gartneri 4

Veksthusareal:	8 000 m2
Kapasitet:	1 200 KW
Beregnet energileveranse pr år:	4 140 000 kWh
Andel av varmebehovet som dekkes:	90 %
Gangtid:	3 450

Kjelanlegg	5 927 100
Rørkostnader	497 500
Grøftkostnader	0
Kundesentraler / varmevekslere	0
Bygningsmessige kostnader	1 066 500
Prosjektering/timekostnader	222 500
Andre kostnader	175 000
Total investeringskostnad	7 888 600

Kostnadene inkluderer nybygg av fyrrom for 1 mill kr
NB. Søkt om 50 % støtte fra Enova til dette prosjektet

Kostnadsplan Flisfyring: Gartneri 5

Veksthusareal:	35 000 m2
Kapasitet:	4 750 KW
Beregnet energileveranse pr år:	17 500 000 kWh
Andel av varmebehovet som dekkes:	95 %
Gangtid:	3 684

Beskrivelse	Antall	pris	Sum
Kjele Weiss tilbud 01.02.08 inkl travers	1	11 185 200	11 185 200
Travers robot kran inkl i tilbud	1		
Skorsten	1	250 000	250 000
Akkumulatortank 201m3	1	800 000	800 000
Ekspansjons-system / vannbehandling	1	75 000	75 000
Vannbehandling	1		
Posefilter inkl i tilbud			
Rørarbeider	1	375 000	375 000
tilkopling til eks varmesentral	1	910 000	910 000
El. Installasjon inkl i tilbud	1		
El inst + belysning	1	100 000	100 000
Måleutstyr avgasser , støv Durag D-R 800	2	80 663	161 325
Måleutstyr CO, Gasloq 600	2	129 060	258 120
Nødstrømsaggregat 200 kW	1	300 000	300 000
Ny vei	1	320 000	320 000
Kjøp bygg 615,4m2 x 6000 ; 13 m takhøyde	1	3 692 400	3 692 400
Bygningsmessige arbeider	1	2 500 000	3 000 000
Oppgradering klimaregulering	1	150 000	150 000
Kjøp av spisslastkjele	1	2 500 000	2 500 000
Energimålere	2	35 000	70 000
Prosjektering og prosjektledelse NGF			100 000
Prosjektering og prosjektledelse egeninnsats	100 %	1 700 000	1 700 000
Byggelån gjennomsnitt 1/2 år	9 %	17 907 045	805 817
Diverse uforutsette kostnader	4,4 %	27 147 045	1 200 000
Total investeringskostnad			27 952 862

Prosjektet gitt støtte fra Enova med 31 %.

Kostnadsplan Flisfyring: Gartneri 6

Veksthusareal:	8 000 m ²
Kapasitet:	800 KW
Beregnet energileveranse pr år:	2 173 000 kWh
Andel av varmebehovet som dekkes:	65 %
Gangtid:	2 716

Beskrivelse	Antall	pris	Sum	Sum inkl mva
Fliskjel inkl stangmater og skorstein	1	2400000	2 400 000	3 000 000
styring	1	90000	90 000	112 500
			0	0
Fundamentering		45000	0	0
Elektriker	65	550	35 750	44 688
Hydraulikk til stangmater			0	0
Buffertank	0,5	720000	360 000	450 000
Kopling til eksisterende ring	160	1000	160 000	200 000
Grøft til borehullsområde		560	0	0
			0	0
			0	0
Fyrrom	60	4000	240 000	300 000
Silo	1	100000	100 000	125 000
			0	0
Flislager			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
Prosjektering og prosjektledelse NGF	1	85000	85 000	106 250
Prosjektering og prosjektledelse egeninnsats	150	350	52 500	65 625
			0	0
Diverse uforutsette kostnader	4 %	3 385 750	135 430	169 288
		0	0	0
				0
Total investeringskostnad			3 658 680	4 573 350

Prosjektet gitt støtte fra Enova med 28 %.

Kostnadsplan Flisfyring: Gartneri 7

Veksthusareal:	9 500 m2
Kapasitet:	1 100 KW
Beregnet energileveranse pr år:	2 500 000 kWh
Andel av varmebehovet som dekkes:	65 %
Gangtid:	2 273

	Antall	pris	Sum	Sum inkl mva
Biokjel	1	2383000	2 383 000	2 978 750
Stangmater			0	0
Montering	1	100000	100 000	125 000
Rørarbeider	1	219000	219 000	273 750
Elektriker	1	115065	115 065	143 831
Reguleringsutstyr	1	228785	228 785	285 981
Energimåler			0	0
			0	0
FYRROM			0	0
Graving			0	0
grunnarbeider			0	0
Bygg	1	311400	311 400	389 250
innredning			0	0
Skorstein			0	0
Ekspansjonskar med mer	1	314800	314 800	393 500
Flislager			0	0
				0
BUFFERTANK			0	0
Tank	1	630000	630 000	787 500
Frakt			0	0
Rørarbeider			0	0
El			0	0
Fundament			0	0
			0	0
Prosjektering, konsulent- thonorar			0	0
Prosjektledelse eget arbeid	117	400	46 750	58 438
	Investering		4 348 800	5 436 000

Prosjektet gitt støtte fra Enova med 28 %.

Vedlegg 3: Investeringskostnader - Varmepumpe i veksthus

Kostnadsplan varmepumpe: Gartneri 1

Veksthusareal:	640 m ²
Kapasitet:	70 KW
Beregnet energisparing pr år:	218 250 kWh
Andel av varmebehovet som dekkes:	90 %
Gangtid:	3 118

	Antall	pris	Sum	Sum inkl mva
Varmepumpe	1	600000	600 000	750 000
styring			0	0
Fordamper			0	0
			0	0
Elektriker, maksimalvok- ter mm			0	0
elektriker, annet			0	0
Buffertank	-1		0	0
Graving fra Fyrrom til sjø 200 m	200	450	90 000	112 500
Utlegging av kollektor	1	25000	25 000	
Grøft til borehullsområde			0	0
			0	
Varmeveksler			0	0
Prosjektering og prosjekt- ledelse NGF	10 %	86 466	8 647	10 808
Prosjektering og prosjekt- ledelse egeninnsats	30	350	10 500	13 125
			0	0
Diverse uforutsette kostnader	3 %	0	21 450	26 813
		0	0	0
			0	0
Total investeringskostnad			755 597	913 246

Prosjektet blir inntil videre ikke realisert (ulønnsomt)

Kostnadsplan varmepumpe: Gartneri 2

Veksthusareal:	2 600 m2
Kapasitet:	100 KW
Beregnet energisparing pr år:	302 500 kWh
Andel av varmebehovet som dekkes:	45 %
Gangtid:	3 025

Varmepumpe - luft til vann Investering i alt: 795 000

Enova gitt støtte med 16 %

Kostnadsplan varmepumpe: Gartneri 3

Veksthusareal:	2 840 m2
Kapasitet:	66 KW
Beregnet energisparing pr år:	450 000 kWh
Andel av varmebehovet som dekkes:	ca 40 %
Gangtid:	6 818

Varmepumpe - luft til vann Investering i alt: 700 000

Støtte ukjent

Kostnadsplan varmepumpe: Gartneri 4

Veksthusareal:	1 700 m2
Kapasitet:	75 KW
Beregnet energisparing pr år:	300 000 kWh
Andel av varmebehovet som dekkes:	58 %
Gangtid:	4 000

Varmepumpe - luft til vann Investering i alt: 732 000

Støttet av Enova med 12 %

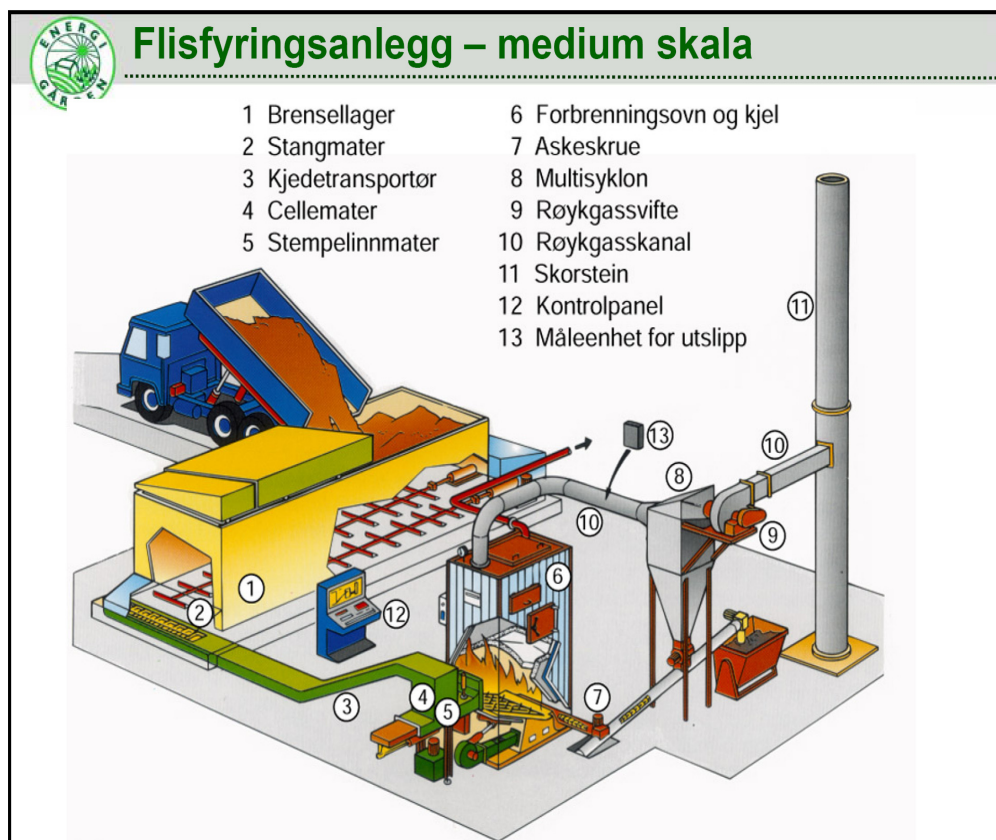
Kostnadsplan varmepumpe: Gartneri 5

Veksthusareal:	8 000 m2
Kapasitet:	308 KW
Beregnet energisparing pr år:	1 200 000 kWh
Andel av varmebehovet som dekkes:	55
Gangtid:	3 896

	Antall	pris	Sum	Sum inkl mva
Fyranlegg				
Varmepumpe Carrier luft/vann ihht til tilbud fra Thermocontrol	1	420 000	420 000	525000
Tørrkjøler + fundament	1	260 000	260 000	325000
Ekstra tørrkjølere inne	10	18 000	180 000	225000
Styring	1	145 000	145 000	181250
Rørarbeider	1	240 000	240 000	300000
Elektriker, ny trafo inntaks-sikring for varmepumpe	1	250 000	250 000	312500
Buffertank	150000	6	900 000	1125000
Tilpassninger i fyrrom/ innebygget motorrom i Leca.	1	200 000	200 000	250000
Energimåler	2	30 000	60 000	75000
Gardiner:	0	0	0	0
Gardiner 3000 m2 ihht til tilbud fra Carlstrøm	1	498 340	498 340	622925
Gardiner 640 m2 ihht til tilbud fra Carlstrøm	1	109 733	109 733	137166,25
Elektriker	2	25 000	50 000	62500
Relebokser	1	8 500	8 500	10625
kopling svakstrøm	1	15 000	15 000	18750
Prosjektering og prosjektle-delse NGF	10 %	950 000	95 000	118 750
Prosjektering og prosjektle-delse egeninnsats	345	350	120 750	150937,5
Diverse uforutsette kostnader	5 %	3 336 573	166 829	208536
Total investeringskostnad			3 719 152	4 648 940

Prosjektet blir, inntil videre, ikke realisert

Vedlegg 4: Flisfyringsanlegg



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

Kilde: Anders Sand, NGF

www.zero.no

ZERO

