

# Forprosjektering av biobrenselcentral kombinert med solfangere på Svartlamoen

## Innhold

Bakgrunn .....	2
Grunnlag og forutsetninger .....	2
Beskrivelse av den tekniske løsningen (Sol / flis / pellets) .....	3
Solfangersystemet .....	3
Dekkplaten .....	4
Absorberen .....	4
Solfangerkretsen .....	4
Leverandører .....	5
Biobrensel .....	6
Pellets .....	6
Treflis .....	7
Integrering av vannbåren varme .....	8
Strandveien Auto .....	8
Boligblokker i Strandveien .....	8
Felles / Individuell måling .....	9
Kartlegging av strømforbruk i Strandveien 25 a, 25 b, 27 b .....	9
Varmebehov .....	10
Økonomi .....	12
Investeringskostnader .....	12
Årskostnad .....	13
Oppsummering og Anbefaling .....	15

## Bakgrunn

Bystyret vedtok i november 2001 at Svartlamon skal utvikles som byøkologisk forsøksområde: ”.... med stort rom for eksperimentering forsøk og utprøving. Dette gjelder både boliger, boformer, sosialt samspill, økologi og energi, kommunale tjenester, kunst, kultur og næringsutvikling.”

Med bakgrunn i reguleringsplan og energiplan, utarbeidet av SINTEF, ble det skrevet en søknad sammen med partnere i Trondheim, Sverige, Danmark og Spania om deltagelse i Eu-Programmet CONCERTO, prosjektet fikk navnet Eco-City. Svartlamoen boligstiftelse søkte om støtte midler til rehabilitering av Strandveien Auto, Strandveien 25a, 25b og 27b og om midler til etablering av en biobrensel sentral med solfangere i de samme bygningene. Søknaden ble innvilget høsten 2005.

Skisseprosjektet tar for seg de tekniske løsningene for ett biobrenselanlegg med solfangere og skisserer økonomi for ett slikt prosjekt både med og uten støtte midler. Videre har energi forbruket for Strandveien 25a, 25b og 27b blitt undersøkt. Skisseprosjektet vil danne et grunnlag for valg av energiløsninger i Strandveien auto, Strandveien 25a, 25b og 27b.

## Grunnlag og forutsetninger

Arbeidet bygger på følgende grunnlag og forutsetninger:

- Energiplan for Svartlamoen, SINTEF (2003)
- Miljøplan for Svartlamoen, Vedtak Beboermøtet på Svartlamoen 22.09.2005
- Skisseprosjekt Svartlamoen auto, datert 05.08.2005
- Diverse eldre tegninger kopiert fra byggesaksmapper i Trondheim kommune.
- Foreløpig reguleringsplan for Svartlamoen, datert 20.04.2001
- Kontraktsdokumenter CONCERTO, Eco-city Annex I, datert 20.07.2005
- Måledata strømmålere, TEV

## Beskrivelse av den tekniske løsningen (Sol / flis / pellets)

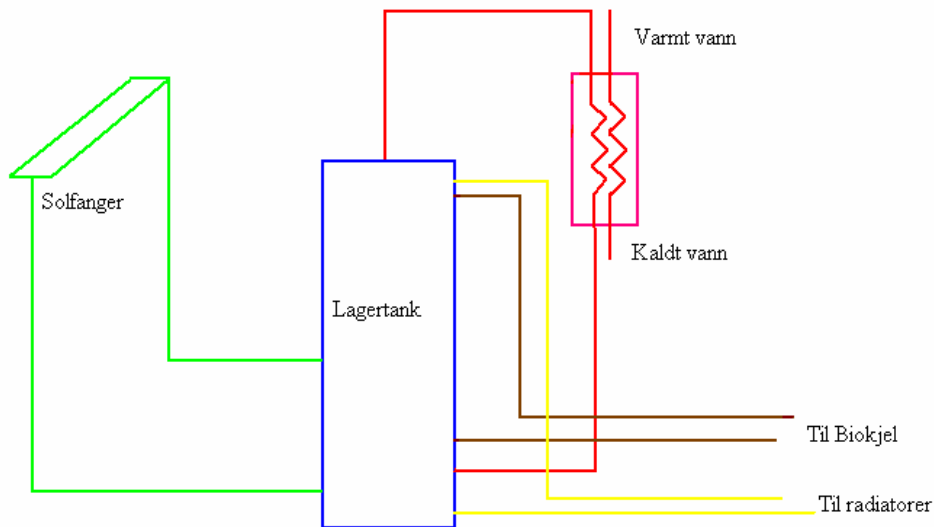
Sola er en energikilde som er gratis. Den er tilstede hver dag, selv om skyer tildekker solen i perioder. Det ligger ett stort potensial i hente energi fra solen og bruke denne til oppvarming, og i kombinasjon med et biobrensel anlegg vil vi kunne dekke varmebehovet året rundt.

I Trondheim varmer sola oss med omtrent 1000 kWh/ (m<sup>2</sup> år) og med ett solfangeranlegg kan vi ved optimale betingelser utnytte mer enn halvparten av denne energien. Optimal orientering er mot sør med 45 grader hellingsvinkel. Avvikelse fra ideell orientering vil gi lavere utbytte, men en helling mellom 30 til 60 grader og orientering mot sørøst eller sørvest vil ikke gi store negative konsekvenser. En helling på 60 grader vil gi lavere utbytte om sommeren men noe større utbytte i vinterhalvåret. Avviket fra ideal orienteringen kan uansett kompenseres med ett større solfangerareal. I design av ett solfangeranlegg må man også huske på at sikten til sola må være så god som mulig for å unngå skygge fra omkringliggende bygninger.

Det å kombinere en biokjel med solfangere gir driftsmessige fordeler. Det er ofte slik at denne typen anlegg leverer energi til både oppvarming og varmt vann. På sommeren når energibehovet er minst vil solfangeren nyttes til varmt tappevann og i overgangen vår/sommer og sommer/høst også bidra til rom oppvarmingen. Dette fører til at biokjelen kan slukkes helt om sommeren og at man unngår å kjøre biokjelen ved lav last. Ved lav last har biokjelen dårlig forbrenning, dette fører til dårligere utnyttelse av brenselet og høyere utslipp. Vedlikehold av ett slikt kombinasjonsanlegg vil også være enklere da man kan utføre vedlikehold når enhetene er nede sommer eller vinter.

### **Solfangersystemet**

Solfangere benytter solenergi til oppvarming av vann. Den mest vanlige typen solfangere består av en dekkplate (, glass eller polykarbonat,) og en sort flate med innebygde rør (, kalt absorptorplate,) disse er montert i en kasse. Solstrålene treffer glassplaten og varmer opp den sorte flaten som igjen varmer opp rørene som er fylt med vann eller en glykol/vann blanding. Vannet pumpes til en lagertank.



**Figur 1** Utforming av et solfangersystem, solfangerkrets i grønt.

## Dekkplaten

Det transparente dekklaget består enten av en glassoverflate eller en UV-bestendig polykarbonat plate. Hvis glassflaten består av et jernfattig eller jernfritt glass vil denne ha høyere transmisjon enn en polykarbonatplate. Dekkplatenes funksjon er å beskytte absorbereren mot vind samtidig som den slipper igjennom lys.

## Absorbereren

Absorbereren består av væskefylte rør, kobber eller plast, som transporterer solvarmen bort fra solfangeren, disse er forbundet med en absorber plate. Absorberplaten består vanligvis av kobber, aluminium, eller av plast. Absorbereren har også ett selektivt belegg som sørger for at mest mulig av solstrålene blir absorbert og omgjort til varme. Belegg som benyttes er blant annet selektivt sort nikkel og sort krom.

## Solfangerkretsen

Solfangerkretsen består i hovedsak av solfangeren, tank eller varmeveksler og et ekspansjonskar. Det finnes to måter å designe kretsen på:

- Krets uten varmeveksler, kalt drain-back
- Krets med varmeveksler.

Ved drain-back er det kun vann som sirkulerer i kretsen og dette leveres til lagertanken. En slik design må dimensjoneres slik at det alltid er tilstrekkelig tilbakefall til tømmetanken, ellers risikerer man at systemet fryser om vinteren. Når man dimensjonerer en krets med varmeveksling mot lagertanken kan man bruke en glykol-/vannblanding i solfangerkretsen og unngå problemstillingen.

## Leverandører

I Norge finnes det tre leverandører av solfangere, Solarnor, Parat Halvorsen AS og Schüco International KG. Solarnor leverer egenproduserte solfangere og Parat er leverandør av solfangere fra det tyske selskapet Viessmann.

Solarnor leverer ett system som bruker vann som varmbærer i solfangerkretsen, ett såkalt drainback-system. Rørene fra solfangerne er her lagt slik at de har ett fall mot lagertanken, når pumpen i systemet stopper vil systemet være selvdrenerende og vannet vil renne tilbake i lagertanken. Solfangerne består av en dekkplate av polykarbonat (Lexan) og en absorptorplate i polyphenylenoksid (Noryl) med innbygde kanaler for vann. Plastmaterialene er bestandig mot UV-stråling. Kassen som elementene monteres i er av aluminium.



**Figur 2 Til venstre: Solfanger fra Solarnor, Til høyre Solfanger fra Viessmann ( Vitosol 100 )**

Parat Halvorsen AS leverer ett system med en vann-glykol løsning som varmbærer. Solfangerkretsen er lukket og varmen blir overført gjennom en varmeveksler til lagertanken. Solfangerene består av en dekkplate av glass med lavt jern innhold og en absorptorplate i kobber med innebygde kanaler for vann. Kassen som elementene monteres i er av aluminium.

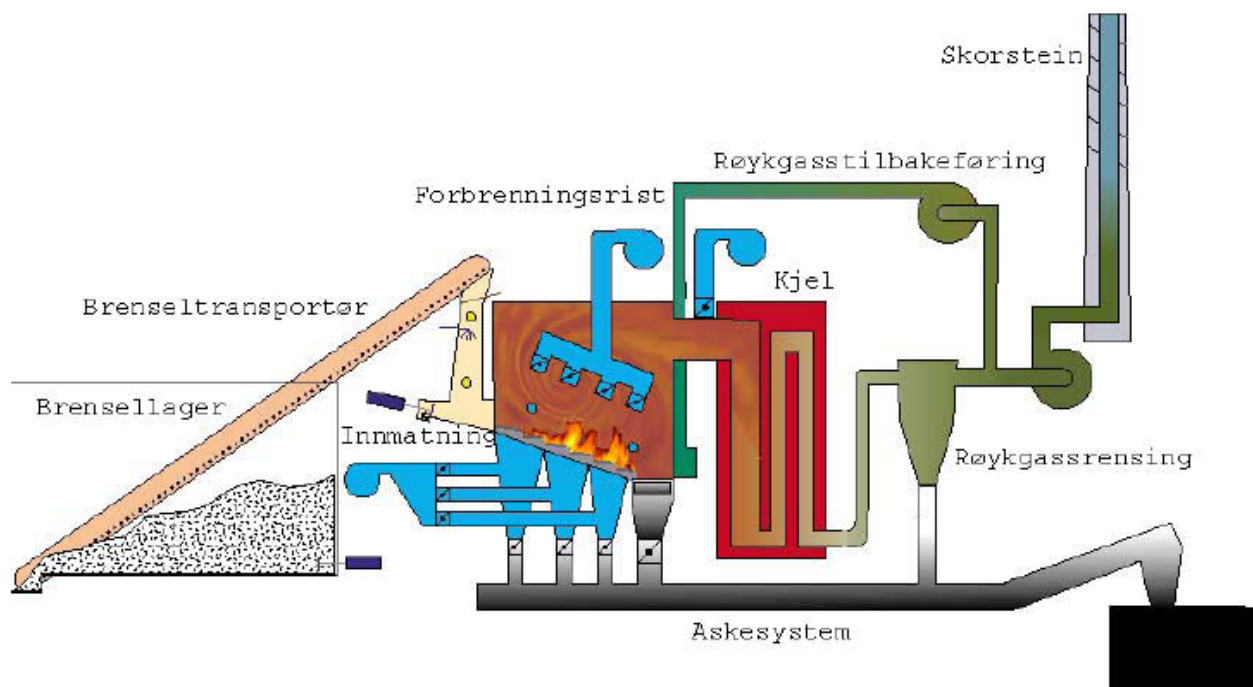
Schüco International KG har en avdeling i Norge, de leverer tilsvarende systemer som Parat Halvorsen AS.

## Biobrensel

Biokjelen dekker romoppvarming og varmt tappevann i den kalde perioden av året. Brenselet kjelen benytter seg av kan være biopellets, flis eller ved.

Svartlamoen boligstiftelse hadde et ønske om å vurdere både ett anlegg fyrst med flis og ett anlegg med bruk av biopellets. Grunnlaget for dette er at boligstiftelsen vurderer å produsere noe av brenselet selv, dette er en økonomisk vurdering.

Pellets og flisfyring har lik systemutforming men ulike egenskaper. Systemet består av en kjel som er knyttet til en silo, en pipe og et lager for brenselet. Varmen fra forbrenningsprosessen brukes til å varme opp vann som transporteres til radiatorer og kundesentral for varmtvann.



Figur 3 Uforming av et biokjelanlegg

## Pellets

Pellets blir framstilt av treflis som tørkes og presses til homogene sylindriske pakker. Pellets har lavt fuktighetsinnhold på omtrent 8 %. Det lave fuktighetsinnholdet medfører at biopellets har høy

brennverdi. Pellets er ett homogent brensel som er enkelt å transportere og krever mindre lagringsplass enn treflis.

## Treflis

Treflis finnes i ulike varianter, grovt sett kan det deles inn i våt flis og tørr flis. Våt flis har en fuktinnhold rundt 50 %, og et askeinnhold på 1,8 %. Fuktinnhold for tørr flis ligger fra ca 20 – 30 % og askeinnholdet er på 0,3 %. I små anlegg er det mest hensiktsmessig å bruke tørr flis, for anlegg mindre enn 250 kW krever relativt tørt brensel med en fuktighet under 30 %. Tørr flis har høyere brennverdi enn våt flis og krever også mindre lagringsplass. Bruk av rått brensel kan skape problemer for innmatingsystemet, blant annet kan det høye vanninnholdet kan føre til at brenselet fryser sammen i store klumper. På grunnlag av disse betraktningene er det fornuftig å basere ett flisfyringsanlegg på tørr flis.

Valget av brenseltype legger føringer på kostnadene av anlegget. Et system basert på biopellets vil resultere i lavere investeringskostnader, men høyere brenselpriser enn flis. Hvis en velger ett flisfyringsanlegg vil investeringskostnadene bli høyere, men kostnadene på brenselet er lavere enn biopellets.

Flistype	Gjennomsnittlig fuktighet	Gjennomsnittspris per tonn i 2004
Skogsflis	38,2	539,0
Returflis	24,0	354,4
Sagbruksavfall	27,3	450,0
Bark	55,5	
Briketter	10,8	776
Pellets	5,5	1040
Annet	17,0	

Figur 4 Gjennomsnittspriser for forskjellige biobrensel, bulk 2004. [Nobio]

## **Integrering av vannbåren varme**

Det finnes flere alternativer for integrering av vannbåren varme i Strandveien Auto og boligblokkene i Strandveien. Man kan velge et radiator system eller et lavtemperatur varme system, disse i kombinasjon er også mulig. Det vannbårene lavtemperatur systemet kan bygges inn i gulvflater, vegger eller tak og krever store varmeflater. Et lavtemperatur system har den fordel at varmetap reduseres og dermed øker utnyttelsen av solvarmen. Et slikt system sees på som godt for innemiljø da det skaper lite luftbevegelser, og hindrer derfor transport av støv. Radiatorer er derimot enklere å integrere dersom man ikke ønsker å utføre store bygningsmessige utbedringer.

### **Strandveien Auto**

Strandveien Auto skal gjennom ombygging og rehabilitering, bygningsmassen vil gjennomgå store endringer. Byggene har store flater med betong gulv og noen mindre lokaliteter med gulvbelegg eller gulvfliser. Ved ombygging må det legges nye gulv i store deler av lokalene og dette aktualiserer bruken av gulvvarme i byggene. Lokalene skal bygges med tanke på fleksibilitet og hvis en velger gulvvarme vil dette være en fordel, man må i mindre grad ta hensyn til oppvarmingssystemet ved ombygging.

Byggene som i dag er bilbutikk benytter olje som oppvarmingskilde og dette gjør det mulig å benytte eksisterende anlegg til oppvarming. En må derfor avveie om det eksisterende radiatornett er hensiktsmessig å benytte og veie dette imot et gulvvarme system.

### **Boligblokker i Strandveien**

Strandveien 25a, 25b og 27b ble oppført på begynnelsen av 1900-tallet. Romløsningene i byggene er allerede etablert og det søkes løsninger som er kostnadseffektive og krever et minimum av rehabilitering. På bakgrunn av dette vil det være hensiktsmessig å basere seg på radiatorvarme som oppvarmingsløsning. Hvis man avviker fra intensjonen og ønsker en høyere grad av rehabilitering kan et lavtemperatursystem vurderes.



## Felles / Individuell måling

En vurdering en må gjøre i forhold til oppvarmingssystemet er om man ønsker individuell eller felles måling av byggene. Forskning viser at individuell måling fører til reduserte energibehov ved at man blir bevisst sitt energiforbruk.

## Kartlegging av strømforbruk i Strandveien 25 a, 25 b, 27 b

I Strandveien 25a, 25b og 27b er elektrisitet eneste kilde til oppvarming, det vil si at strømforbruket er en reell indikator på energiforbruket i bygningene. Leietagerne i bygårdene har også fokus på energisparing og normal praksis er å holde oppholdsrom varme og andre rom ved lavere temperaturer.

Det lave strømforbruket i strandveien 25 b og 27 b er ikke kun et tegn på energisparing. Kurvene i Figur 6 viser stabile toppe i 1. og 4. kvartal og dette er en indikasjon på at kapasiteten i strømmettet er sprengt om vinteren. Dette resulterer i lavt strømforbruk og samtidig kalde leiligheter.

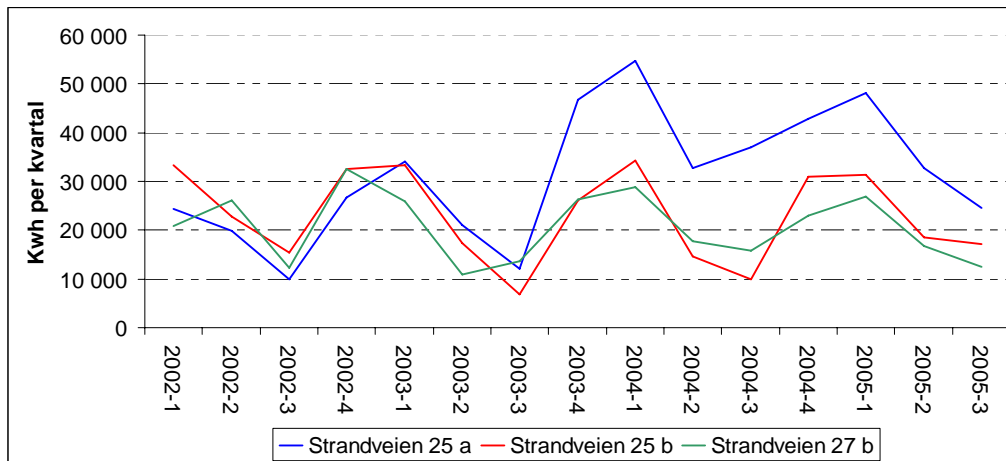
Strandveien 25 a har derimot et betydelig høyere strømforbruk enn strandveien 25 b og 27 b, dette indikerer at strømmettet i denne bygården er dimensjonert for større elektrisitet last. Det høyere forbruket i bygningen som inntreffer i 4. kvartal 2003 og som fortsetter ut perioden er ett resultat av kafédrift i 1. etasje.

Det er tydelig at rehabilitering og installasjon av ett biobrenselanlegg med solfangere kan være ett stort løft for inneklime om vinteren i disse boligene.

	Strandveien 25 a	Strandveien 25 b	Strandveien 27 b
Areal	456,30	688,60	645,50
2002 ( kWh / m <sup>2</sup> år )	180,81	154,06	142,47
2003 ( kWh / m <sup>2</sup> år )	249,31	121,34	118,67
2004 ( kWh / m <sup>2</sup> år )	241,27	121,71	133,20
2005 ( kWh / m <sup>2</sup> år )	324,95	133,72	116,91
Gjennomsnitt	249,09	132,71	127,81

Figur 5 Årsforbruk av elektrisitet per m<sup>2</sup> i tre bygårder i Strandveien.

Gjennomsnitt for 2005 er beregnet på med utgangspunkt i de 3 første kvartal.



Figur 6 Kvartalvis forbruk av elektrisitet i tre bygårder i Strandveien

## Varmebehov

På grunnlag av energimålsettingene i Eco-City prosjektet ble det utarbeidet en brutto effekt-varighets kurve og en netto effekt-varighets kurve for varmebehovet i den aktuelle bygningsmassen på Svartlamoen. Det er forutsatt rehabilitering av byggene.

Grunnlaget bygger på ett varmebehov for næringslokaler på;

- Oppvarming:  $101 \frac{\text{kwh}}{\text{m}^2 \text{ år}}$
- Varmt vann:  $11 \frac{\text{kwh}}{\text{m}^2 \text{ år}}$

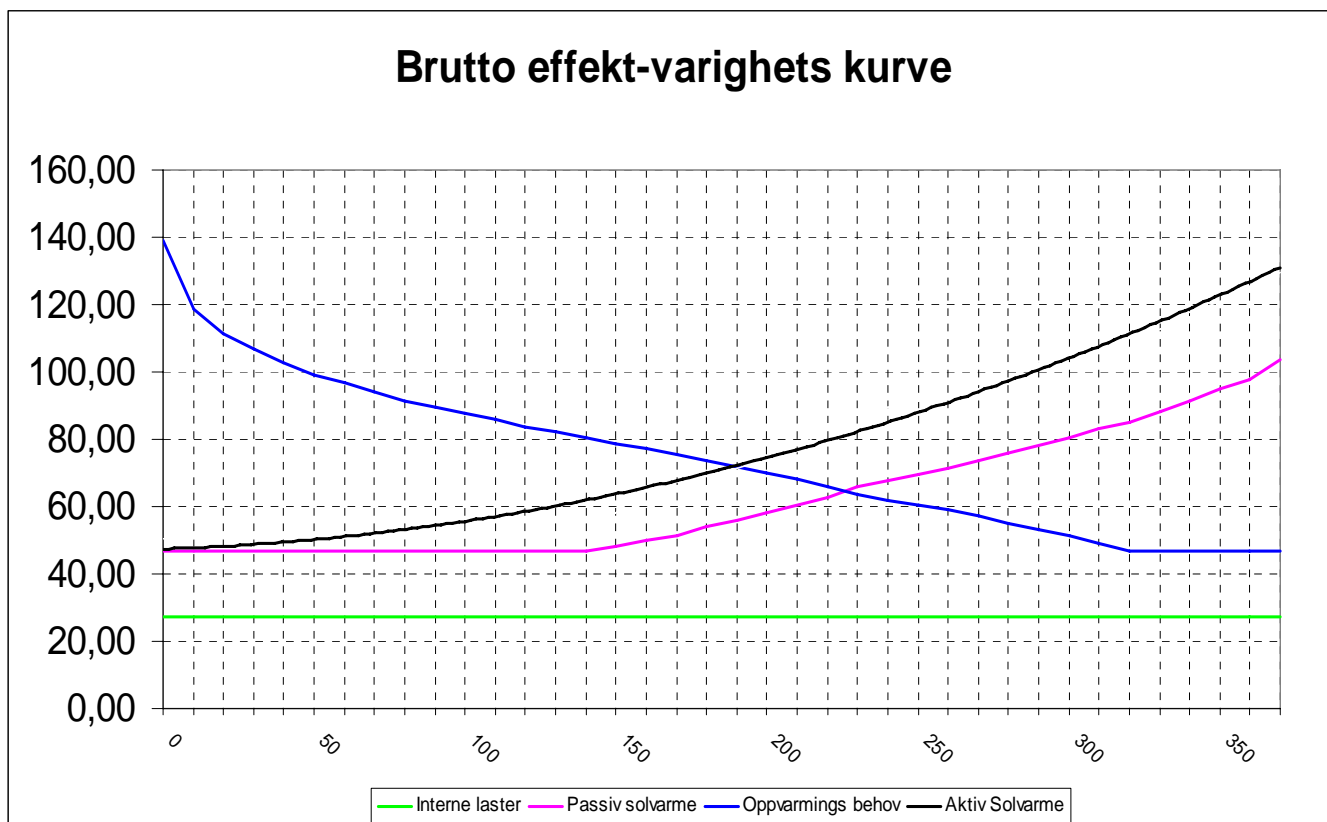
,og for boliger på;

- Oppvarming:  $117 \frac{\text{kwh}}{\text{m}^2 \text{ år}}$
- Varmt vann:  $23 \frac{\text{kwh}}{\text{m}^2 \text{ år}}$

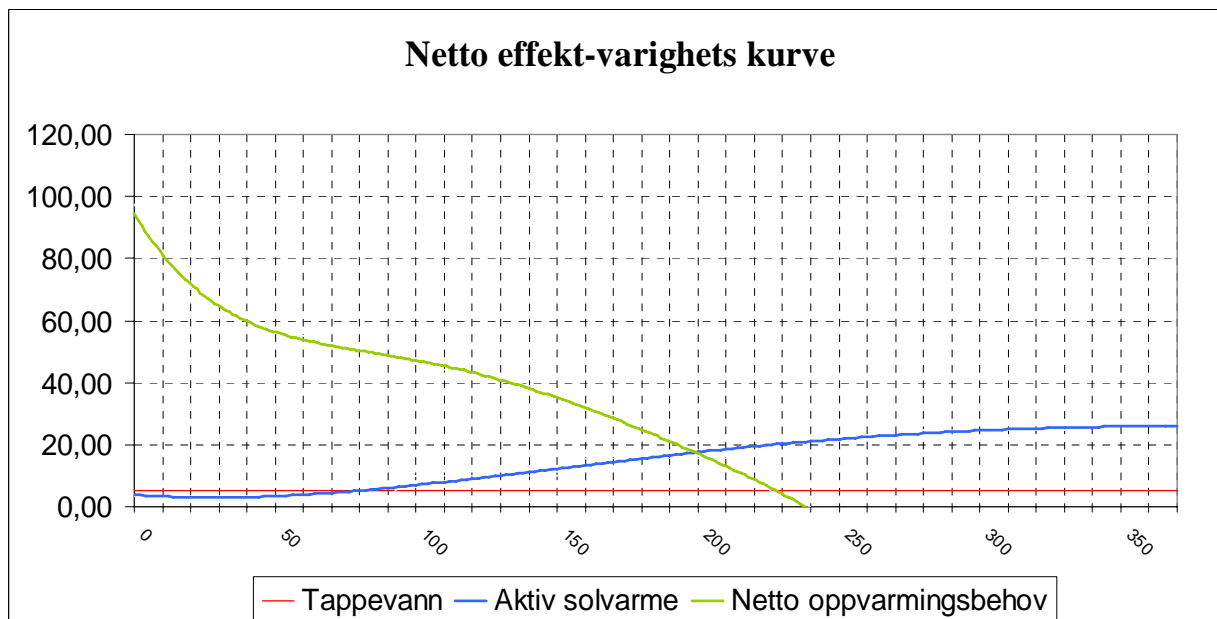
Intern lasten er beregnet på grunnlag av antall personer som er forventet å oppholde seg i lokalene samt belysning og annet teknisk utstyr. Den passive solvarmens bidrag til oppvarming av lokalene er beregnet etter Solvor-metoden med en skjærmingsfaktor på 0,6 og 346 m<sup>2</sup> sørvendte vegger, 524 m<sup>2</sup> nordvendte vegger og 15 m<sup>2</sup> øst/vest vendte vegger.

Effektkurven for den aktive solvarmen er beregnet på grunnlag av et solfangerareal på 275 m<sup>2</sup> med en gjennomsnittlig virkningsgrad på 0,45 og på grunnlag av månedlige solinnstrålingsdata. Kurvene ble deretter tilpasset ved regresjon.

Figur 7 viser brutto effekt behov for bygningsmassen fra kaldeste til varmeste dag i løpet av et år. Figuren viser tilskuddet av varme fra sol og interne laster mot behovet av varme i løpet av året. På bakgrunn av dette konstrueres en netto-effekt varighets kurve for å vise effektbehovet til biokjelen, Figur 8. Biokjelen skal dekke omtrent 90 % av oppvarmingsbehovet for et år. Med bakgrunn i netto-effekt-varighetskurven og beregninger anbefales en biokjel på 80 kW. Det resterende varmebehovet må dekkes av strøm eller fjernvarme. Om sommeren dekkes varmebehov til varmt vann med aktiv solvarme.



Figur 7 Brutto effekt-varighets kurve



Figur 8 Netto effekt-varighets kurve. Figuren viser reelt oppvarmingsbehov for varmt vann og romvarme. Den viser også hvor mye varme et solfanger system forventes å produsere.

## Økonomi

### Investeringskostnader

Med bakgrunn i varmebehovet i bygningene og deres plassering er det gjort en analyse av kostnadene knyttet til installasjon av et Biobrenselanlegg med solfangere. Samlet areal for bygningene er 3960 m<sup>2</sup>. I denne analysen er det forutsatt pellets fyring, elektrisitet til spisslast og som reserve. Flisfyring er ikke blitt vurdert da det viser seg at Norske Skog i Skogn legger beslag på all produsert flis i Trøndelag.

	Kostnader
Varmesentral, pellets ( 80 kw )	600000
Kundesentral, varmt tappevann	76000
El-kjel, (150 kw)	120000
Solfangere	412500
Varmelager, pumper	97000
Rørlegg mellom solfanger og varmelager	282000
Installasjon av Solfangersystemet	137500
Styresystem	75000
Nærvarmerør inklusive arbeid	554000
Radiatorer, pumper, ventiler	452000
Prosjektering / Byggeledelse	421000
Usikkerhet 15 %	484000
<b>Totale kostnader</b>	<b>3711000</b>

Figur 9 Kostnader knyttet til et SOL/BIO/EL anlegg, gir et gjennomsnitt på 937 kr / m<sup>2</sup>

## Årskostnad

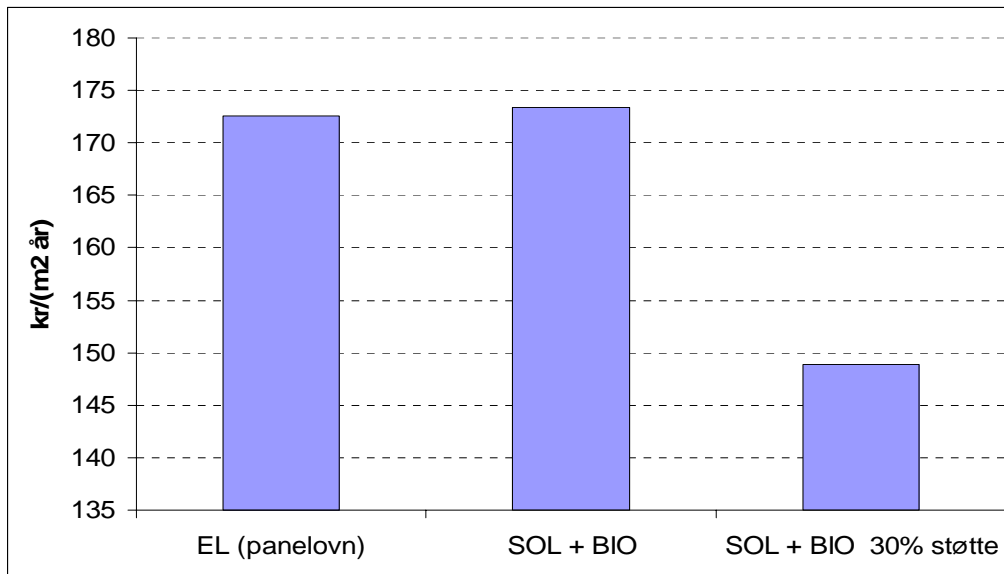
Årskostnadsanalyse er lagt til grunn i den økonomiske beregningen. Dette er en metode som gjør at en kan sammenligne investeringer gjort i dag med fremtidige kostnader. Kalkulasjonsrente = 6% og levetiden for den tekniske installasjonen er satt til 20 år.

Årskostnaden er beregnet med bakgrunn i installasjonskostnaden for hvert enkelt system og den tilhørende energikostnaden. Kostnadene er basert på bygg uten installert energiforsyningssystem. Strandveien auto, Strandveien 25a, 25b og 27b må ved rehabilitering gjennomgå store utbedringer på energiforsyningssiden, dette er med andre ord en reell problemstilling. Kostnadene ved et Bio/Sol/El anlegg inkluderer kostnader til elektrisk drift og lys i bygningene. Det er også tatt høyde for drift og vedlikeholdskostnader.

Beregningen av årskostnad tar også for seg effekten av støtte midler fra EU, støtten omfatter hele anlegget eksklusive radiatorer. Dette gir en støtte på hele anlegget på 30 %.

### Forutsetninger:

- 3000 m<sup>2</sup> næringsareal, 960 m<sup>2</sup> bolig areal
- Gjennomsnitt kraftpris til husholdning, med avgifter og nettleie, de siste tre år: 80 øre pr. 2006, SSB
- Pellets pris 0,28 kr ved 80 % virkningsgrad, Nobio 2004
- Et årlig varmebehov på 112 kWh/m<sup>2</sup> for næringsbygg og 140 kWh/m<sup>2</sup> for bolig
- Et årlig elektrisitetsbehov på 77 kWh/m<sup>2</sup> for næringsbygg og 40 kWh/m<sup>2</sup> for bolig
- Investeringskostnaden for elektrisk anlegg er beregnet til 310 kr/m<sup>2</sup>



**Figur 10** Viser årskostnadene for installering og drift for et elektrisk oppvarmingssystem, et Sol/Bio/Elanlegg med og uten støtte. Avskrivnings tid 20 år med 6 % kalkulasjonsrente.

Figur 10 viser klart at med støtte fra EU vil en installasjon med solfangere og biokjel være lønnsom i forhold til oppvarming med elektrisitet. Det er ikke sett på kostnaden ved å installere fjernvarme i bygningene, men Energiplan for Svartlamoen (SINTEF (2003)), viser at denne kostnaden er i samme størrelsesorden som oppvarming med elektrisitet. Dette impliserer at sol/bio vil være det rimeligste alternativet for oppvarming i byggene som er nevnt.

Ved å installere et biobrenselanlegg med solfangere vil man spare 95000 kr årlig på oppvarming sett i forhold til ren el-fyring.

## Oppsummering og Anbefaling

Rapporten tar for seg den tekniske utformingen av ett oppvarmingssystem med solfangere og biobrensel. Ulike løsninger er diskutert for å gi ett innblikk i hvordan disse fungerer. Generelt består ett slik system av en solfanger hvor en væske blir oppvarmet av sola, en biobrensel kjel som benyttes for å varme vann i den kalde delen av året og en lagertank med vann som lagrer varmen. Det oppvarmede vannet sendes fra lagertank ut til radiatorer og/eller til et gulvvarmenett. Vannet fra lagertanken benyttes også til å varme opp forbruks vann.

Strømforbruket i Strandveien 25a, 25b og 27b har blitt kartlagt og funnene viser at det er ett underskudd på varme i vinterhalvåret.

Effektbehovet for Strandveien auto og byggene i strandveien har blitt beregnet med bakgrunn i CONCERTO / Eco city målsettingene. Denne beregningen viser energibehovet gjennom ett normalår og med bakgrunn i dette ble det anbefalt å installere en biokjel på 80 kw, strøm eller fjernvarme må benyttes for å ta spisslast om vinteren.

Årskostnadsanalyse ble benyttet i den økonomiske vurderingen. Analysen tar for seg kostnaden av ett biobrenselanlegg med solfangere knyttet til ett radiatorsystem og veier dette opp i mot ett rent el-anlegg. Det ble også poengtert at kostnadene ved utbygging av fjernvarme er i samme størrelsesorden som et el-anlegg. Beregningene viste at med støtte fra EU vil ett slikt bio/sol - anlegg redusere driftskostnader med 95000 kr i året.

Med tanke på det den varslede kraftkrisen i Midt-Norge og den store sannsynligheten for at strømprisen vil øke i årene framover anbefales det å forta en investering i ett biobrensel anlegg med solfangere. Denne løsningen vil også markere Svartlamoen som en økologisk forsøksbydel med vekt på miljøvennlige og innovative energiløsninger.