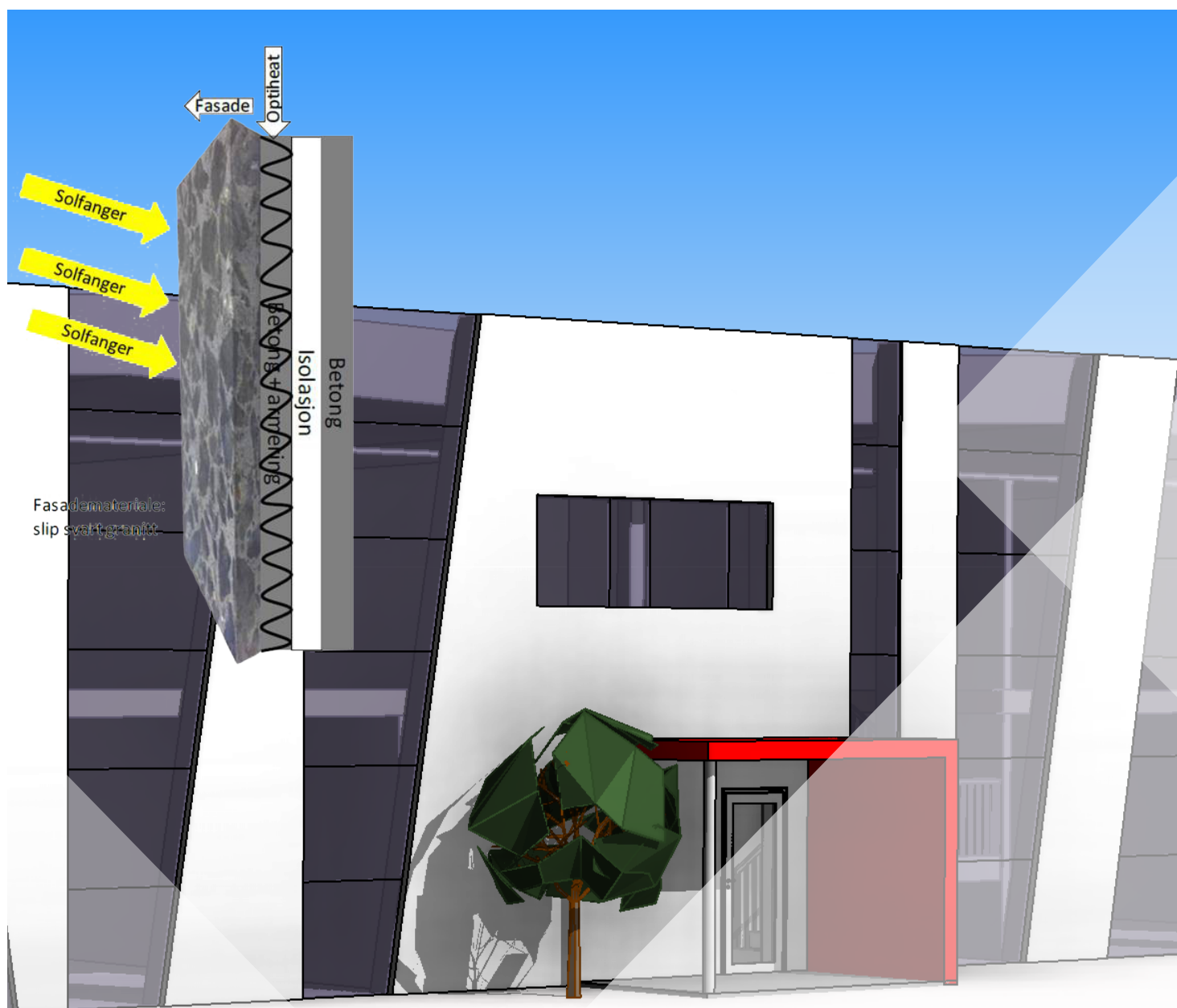


# Solfangervegg – potensialstudie

YTTERVEGG I BETONG MED INNSTØPTE GUMMISLANGER – RESULTATER AV MODELLERING



SINTEF Notat

Matthias Haase og Inger Andresen

## **Solfangervegg – potensialstudie**

Yttervegg i betong med innstøpte gummislanger – resultater av modellering

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Notat 14

Matthias Haase og Inger Andresen

**Solfangervegg – potensialstudie**

Yttervegg i betong med innstøpte gummløper – resultater av modellering

Emneord: solfanger, bygningstyper, tappevann

Prosjektnummer: 102007958

Omslag, illustrasjon bygning: Arkitekt JonArk

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1426-7 (pdf)

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2015

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring borte tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 96 55 08

[www.sintef.no/byggforsk](http://www.sintef.no/byggforsk)

[www.sintefbok.no](http://www.sintefbok.no)

## Innhold

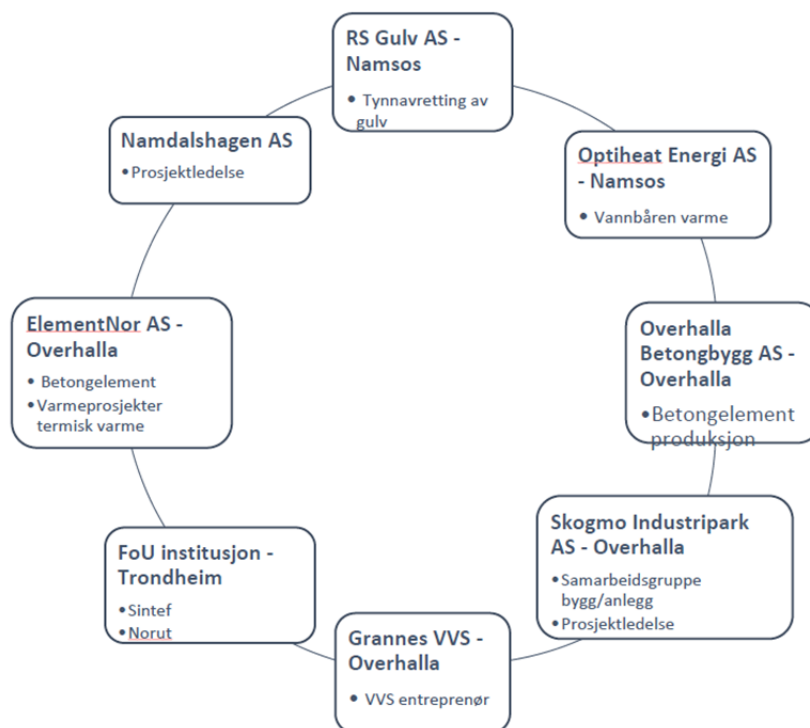
<b>1</b>	<b>BAKGRUNN</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>MÅLSETTING</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>BEREGNINGER AV POTENSIALET FOR UTNYTTBAR ENERGIPRODUKSJON FRA SOLFANGERLØSNINGEN</b> .....	<b>7</b>
3.1	Varmtvannsbehov .....	7
3.2	Varmebalansen til en solfanger .....	10
3.3	Virkningsgrad, solfangervegg .....	11
3.4	Simuleringer av solfangervegg .....	12
3.4.1	Solfangervegg for tappevann .....	12
3.4.2	Solfangervegg for kombisystem for romoppvarming og oppvarming av tappevann .....	12
<b>4</b>	<b>RESULTATER</b> .....	<b>14</b>
4.1	Solinnstråling på fasader .....	14
4.2	Systemvirkningsgrader .....	16
4.3	Solar fraction (SF) .....	19
4.4	Nødvendige solfangerarealer .....	20
4.5	Solfangervegg i eksempelbygg - verksted .....	21
<b>5</b>	<b>KONKLUSJONER</b> .....	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>REFERANSER</b> .....	<b>25</b>
<b>A</b>	<b>VEDLEGG – VIRKNINGSGRADER</b> .....	<b>26</b>
<b>B</b>	<b>VEDLEGG – AREALER</b> .....	<b>28</b>
B.	Generelt .....	28
B.1	Boligblokk .....	29

B.2	Barnehage.....	30
B.3	Kontorbygg .....	31
B.4	Skolebygg .....	32
B.5	Universitets- og høyskolebygg.....	33
B.6	Sykehus .....	34
B.7	Sykehjem .....	35
B.8	Hotell.....	36
B.9	Idrettsbygg.....	37
B.10	Forretningsbygg .....	38
B.11	Kulturbygg .....	39
B.12	Lett industri, verksteder .....	40
<b>C</b>	<b>VEDLEGG – VARMTVANNSFORBRUK.....</b>	<b>41</b>
C.1	Varmtvannsforbruk i TEK.....	41
C.2	Målt varmtvannsforbruk .....	43
C.3	Brukerpåvirkning.....	46
C.4	Referanser .....	46
<b>D</b>	<b>VEDLEGG – SIMULERINGSRESULTATER .....</b>	<b>48</b>
D.1	BOLIGBLOKK .....	48
D.2	KONTOR.....	53
D.3	HOTELL .....	58
D.4	IDRETTSBYGG.....	63
D.5	VERKSTED .....	68
D.6	Eksempelbygg .....	74
<b>E</b>	<b>VEDLEGG - EKSEMPELBYGG.....</b>	<b>80</b>

# 1 Bakgrunn

SINTEF Byggforsk ble forespurt av Namdalshagen AS om å bidra med å bidra til å utrede nye bruksområder for eksisterende produkter ved å utnytte særegenhetene i eksisterende produkter til utvikling av nye produkter som kan kommersialiseres i både nye og eksisterende markeder. En produktløsning basert på utnyttelse av solenergi til oppvarming i bygg ble presentert av Namdalshagen. Løsningen består av vannrør i betongvegg som skal benyttes som solfanger - ved absorpsjon av solvarme og varmeveksling mot varmtvannstank. Namdalshagen ønsket en vurdering av energipotensialet for en slik solfangerløsning integrert i betongvegg

Figur 1 viser prosjektpartnere som har interesser i resultatene. Det ble uttrykt ønske om å koble partnerne sammen for å finne optimale løsninger.



Figur 1. Partner i prosjektet

RS Gulv er et firma fra Namsos som har sin profesjon innenfor ulike typer gulvlegging. Virksomheten ble etablert i 1990 og har siden vokst kontrollert og har i dag 15 ansatte som utfører gulvavretting, gulvstøp, hardbetongstøping og legging av epoxybelegg i alle typer bygg. Ansatte har bred og god kompetanse på legging av gulv, noe som er en viktig faktor for flere oppdrag fra eksisterende og nye kunder.

I tillegg er RS Gulv AS grunnlegger av Optiheat Energi AS som selger et lavbyggende system for vannbåren varme som bygger kun 9mm, til bruk i ulike typer bygg. Optiheat har i dag eneimport av produktet i Norge. Systemet til Optiheat omfatter en type gummislange for et lavtemperatur- system. Slangen er utviklet i forbindelse med fly og romindustrien og produseres i Sverige.

## **2 Målsetting**

Den overordnede målsetningen med prosjektet er å utvikle en ny løsning for utnyttelse av solvarme i bygninger. Løsningen baseres på å sette sammen eksisterende produkter til en ny helhetsløsning. En sentral del av løsningen baseres på innstøping av gummislanger i yttervegg av betong med et ytre lag av granitt, for utnyttelse av termisk masse / varmemagasinering.

Arbeidet som er beskrevet i denne rapporten omfatter en utredning av potensialet for utnyttbar energiproduksjon fra et slikt system i ulike typer bygg i norsk klima. Dette kan brukes som grunnlag for en kost/nytte-analyse og evt videreutvikling av produktet.

Utredningen er finansiert gjennom Forskningsrådet VRI-program (Virkemidler for Regional FoU og Innovasjon).

### 3 Beregninger av potensialet for utnyttbar energiproduksjon fra solfangerløsningen

Det er foretatt overslagsberegninger av energiutbyttet fra solfangerløsningen. Fem forskjellige bygningstyper er analysert ift. varmtvannsforbruk og sett i sammenheng med bruksareal (BRA) og tilgjengelige fasadearealer (sør, øst og vest orientert). Ut fra solstrålingen og systemvirkningsgrader beregnes nødvendige solfangerarealer for å dekke realistiske deler av varmtvannsbehovet for de ulike bygningstyper. Resultatene uttrykkes som SF ("Solar Fraction"), som viser prosentvis andel av det totale energibehovet til varmtvann som solfangeranlegget kan dekke. Dette kan videre bli brukt som grunnlag for lønnsomhetsberegninger mht. investeringskostnader og sparte energikostnader. Verktøy som er benyttet i analysen er Polysun (Velasolaris).

#### 3.1 Varmtvannsbehov

Energibehovet for oppvarming av varmtvann kan uttrykkes ved:

$$q_{hw} = \rho_v \times Q \times c_{pvann} \times (T_l - T_t) \quad \text{lign.(1)}$$

hvor:

$c_{pvann}$  = spesifikk varmekapasitet for vann: 4,18 kJ/(kg K)

$q_{hw}$  = varmtvannsbehov (kWh/år)

$Q$  = volumetrisk vann mengde (liter/dag)

$T_l$  = temperatur på levert vann (60 °C)

$T_t$  = temperatur på tilført vann (kaldtvannstemperatur, ca. 4°C)

$\rho_v$  = tetthet av vann (temperaturavhengig, ca. 1 kg/liter)

I byggeteknisk forskrift, TEK10, er  $q_{hw}$  angitt og beregnet basert på standardiserte brukstider for ulike bygningstyper.

Når man skal beregne energien  $E$  som trengs for å varme opp vann (eller energien som avgis når vann avkjøles) kan følgende formel benyttes: energien = spesifikk varmekapasitet x masse x temperaturendring

$$E = c_{pvann} m \Delta T \quad \text{lign.(2)}$$

der

$c_{pvann}$  = den spesifikke varmekapasiteten til vann;  $c_{pvann} = 4,18$  kJ/(kg K)

$m$  = massen til vannet (i solfangeren blir det en massestrøm (l/dag eller m<sup>3</sup>/dag))

$\Delta T$  = temperaturendringen i K

Med en temperaturforskjell på 56 grader (K) og en massestrøm på 200 l/dag blir  $E=4746$  kWh/år.

For kontrollberegninger iht teknisk forskrift (TEK'10) benyttes standardiserte driftstider og varmtvannsbehov gitt i NS 3031, se tabell 1.

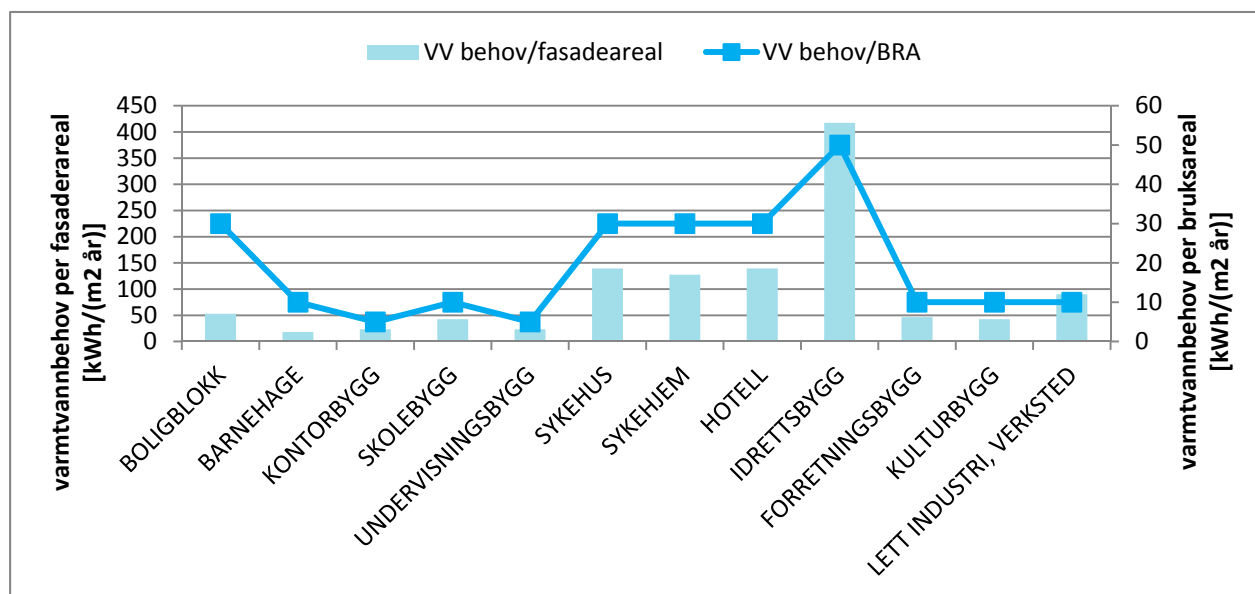
*Tabell 1: Driftstider og varmtvannsbehov i ulike bygningstyper (etter NS 3031).*



Bygningskategori	Driftstider		Varmtvannbehov	
	timer/dager/uker	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> år)
Boligblokker	24/7/52	5,1	5,1	30
Barnehage	10/5/52	3,8	3,8	10
Kontorbygg	12/5/52	1,6	1,6	5
Skolebygg	10/5/44	4,5	4,5	10
Universitet- og høyskolebygg	12/5/52	1,6	1,6	5
Sykehus	16/7/52	5,1	5,1	30
Sykehjem	16/7/52	5,1	5,1	30
Hoteller	16/7/52	5,1	5,1	30
Idrettsbygg	12/5/44	18,9	18,9	50
Forretningsbygg	12/6/52	2,7	2,7	10
Kulturbygg	11/5/52	3,5	3,5	10
Lett industri, verksteder	9/5/52	4,3	4,3	10

Tabell 1 viser at boligblokker, sykehus, sykehjem, hoteller og idrettsbygg har de høyeste varmtvannbehovene (30 og 50 kWh/m<sup>2</sup>).

Ved å ta utgangspunkt i vanlige geometrier for de ulike bygningskategoriene får man et anslag på hvor mye energi som trengs til varmtvann sett i forhold til fasadeareal. Her er det tatt hensyn til vinduer slik at bare den opake delen av fasaden er tatt med i tilgjengelig areal. En oversikt over de bygningsgeometriene som er benyttet er vist i tabell B.1 i appendiks B.



Figur 2. Varmtvannsbehovet per bruksareal (BRA) og varmtvannbehovet per tilgjengelig (opake) fasadeareal

Figur 2 viser det spesifikke varmtvannbehovet og varmtvannbehovet per tilgjengelig (opake) fasadeareal. Der ser man at varmtvannbehovet i kontorbygg og undervisningsbygg er lavest (5 kWh/m<sup>2</sup>), etterfulgt av barnehager, skolebygg, forretningsbygg, kulturbygg og lett industri / verksted (10 kWh/m<sup>2</sup>).

Tabell 2 viser også antall personer og varmtvannsbehov per person. Volum varmtvannsbehov (liter) ble beregnet med ligning (3) og brukt videre i solfangerberegningene.

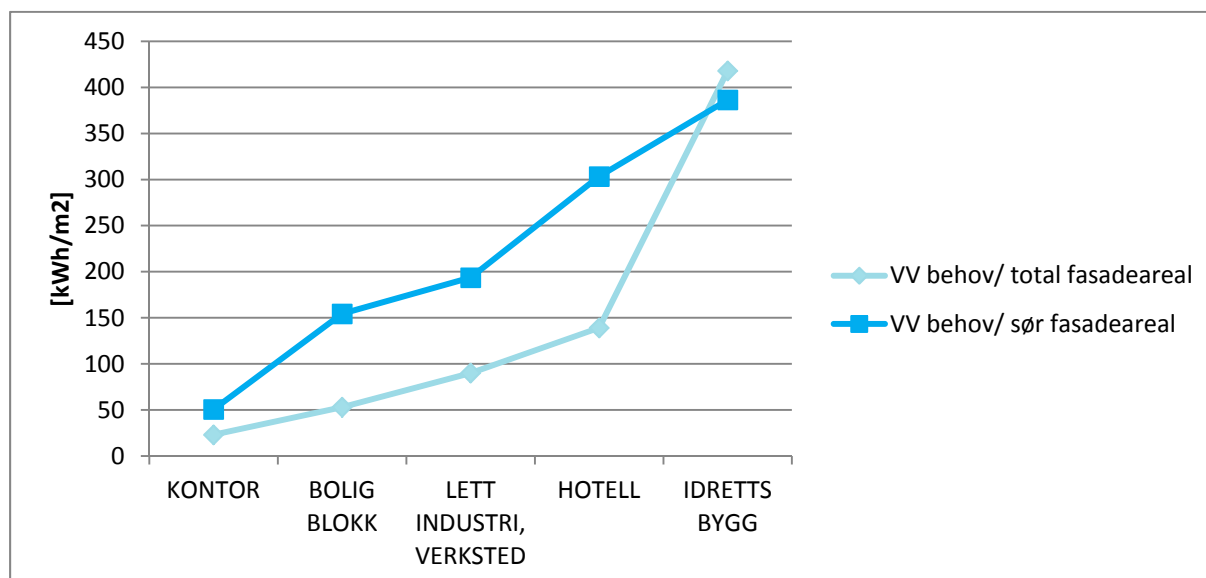
Tabell 2: Varmtvannsbehov (beregnet med ligning (2))

Bygningskategori	Varmtvannbehov			Energibehov	
	personer	liter /person	liter	kWh/år	kWh/(m <sup>2</sup> år)
<b>Boligblokker</b>	22.5	50	1125	26699.8	29.7
<b>Barnehage</b>	30	4	120	2848.0	9.5
<b>Kontorbygg</b>	240	3	720	17087.8	4.7
<b>Skolebygg</b>	480	2	960	22783.8	9.5
<b>Universitet- og høyskolebygg</b>	360	2	720	17087.8	4.7
<b>Sykehus</b>	120	37.5	4500	106799.0	29.7
<b>Sykehjem</b>	120	25	3000	71199.3	29.7
<b>Hoteller</b>	120	37.5	4500	106799.0	29.7
<b>Idrettsbygg</b>	320	21	6720	159486.5	49.8
<b>Forretningsbygg</b>	600	2.5	1500	35599.7	9.9
<b>Kulturbygg</b>	128	8	1024	24302.7	10.1
<b>Lett industri, verksteder</b>	40	12.5	500	11866.6	9.9

Følgende 5 bygningskategorier vurderes som mest aktuelle for solfangerverggen:

- Boligblokker
- Kontor
- Hotell
- Idrettsbygg
- Lett industri / verksted

Hovedgrunnen er at det er vanlig å bygge med betongvegg for disse bygningskategoriene. Samtidig har de fem bygningskategoriene ulike varmtvannbehov per fasadeareal (ser figur 3), noe som gir en bra oversikt over hva størrelsen og varmtvannbehov betyr for virkningsgraden og SF (Solar Fraction):



Figur 3. Varmtvannsbetovet per fasadeareal (totalt for alle fasader og for sørvendt fasade)

Tabell 3 viser antall personer, varmtvannsbetovet og tankstørrelse for de utvalgte bygningskategoriene. Det er anslått at boligblokken, kontorbygget og verkstedet trenger en 3000l tank, mens hotellet og idrettsbygget trenger en 15000l tank.

Tabell 3: Antall personer, varmtvannsbehov og tankstørrelse for de utvalgte bygningskategoriene

Bygningskategori	Personer	Varmtvannsbehov	Tank
		Liter	Liter
<b>Boligblokker</b>	23	1200	3000
<b>Kontorbygg</b>	240	750	3000
<b>Hoteller</b>	120	4800	15142
<b>Idrettsbygg</b>	320	6000	15142
<b>Lett industri, verksteder</b>	40	520	3000

### 3.2 Varmebalansen til en solfanger

Virkningsgraden til en solfanger er definert ved mengden av nyttbar energi som solfangeren leverer i forhold til den energimengden som treffer solfangeren (kollektoren):

$$\eta = Q_{\text{nyttbar}} / (A I_C) \quad \text{lign.(3)}$$

hvor

$$Q_{\text{nyttbar}} = A (q_{\text{in}} - q_{\text{out}})$$

A = kollektorareal i m<sup>2</sup>

I<sub>C</sub> = er solstråling på kollektorareal i W/m<sup>2</sup>

q<sub>in</sub> = A I<sub>C</sub> (τ<sub>α</sub>), totalt solstråling absorbert i solfangeren i W/m<sup>2</sup>

q<sub>out</sub> = A U<sub>L</sub> F<sub>R</sub> (t<sub>i</sub> - t<sub>out</sub>), total energi fra solfangeren i W/m<sup>2</sup>

hvor

I<sub>C</sub> = er solstråling per kollektorareal i W/m<sup>2</sup>

(τ<sub>α</sub>) = produkt av transmisjonsfaktoren for dekklaget og absorpsjonsfaktoren til absorbenten (-)

U<sub>L</sub> = varmetransportkoeffisient for solfangeren W/(m<sup>2</sup> K)

(t<sub>i</sub> - t<sub>out</sub>) = Forskjellen mellom inngangstemperatur for absorbenten og utetemperatur i K

F<sub>R</sub> = faktor avhengig av inngangstemperaturen for absorbenten og absorbenttemperaturen (-)

$$\text{med } F_R = \frac{\dot{m} c_p (T_o - T_i)}{A [S - U_L (T_i - T_a)]} \quad \text{lign.(4)}$$

Materialeegenskapene til absorbenten i solfangeren er viktig ift. virkningsgraden. Her er absorpsjonsfaktoren, α og emissiviteten, ε, viktige parametere. I vedlegg A er det vist noen eksempler for ulike typer absorbentmaterialer med tilhørende α / ε forhold.

Virkningsgraden til solfangeren kan også uttrykkes ved Hottel-Whillier ligningen (Duffie and Beckman, 1991):

$$\eta = F_R (\tau_s \alpha_s) - F_R U_L (t_i - t_{ute}) / I_C \quad \text{lign.(5)}$$

med

$$F_R (\tau_s \alpha_s) = a_0$$

$$F_R U_L = a_1$$

a<sub>0</sub> angir potensialet til solfangeren for å absorbere solenergien som er produktet av solfangerens varmetapsfaktor (*collector heat removal factor*), dekklagets soltransmittans (*cover transmissivity*) (overdekning), og kollektorens absorptans (*cover-absorber absorptivity*).

$a_1$  angir varmetapet fra solfangeren som er produktet av *collector heat removal factor* og *overall collector heat loss conductance*.

Vanligvis blir faktorene  $a_0$  og  $a_1$  målt og angitt av solfangerprodusentene. For solfangerproduktet i denne potensialstudien finnes det imidlertid ikke noen slike faktorer. Derfor er det gjort et overslag basert på en sammenligning i forhold til andre kommersielle solfangertyper og deres faktorer, se neste avsnitt.

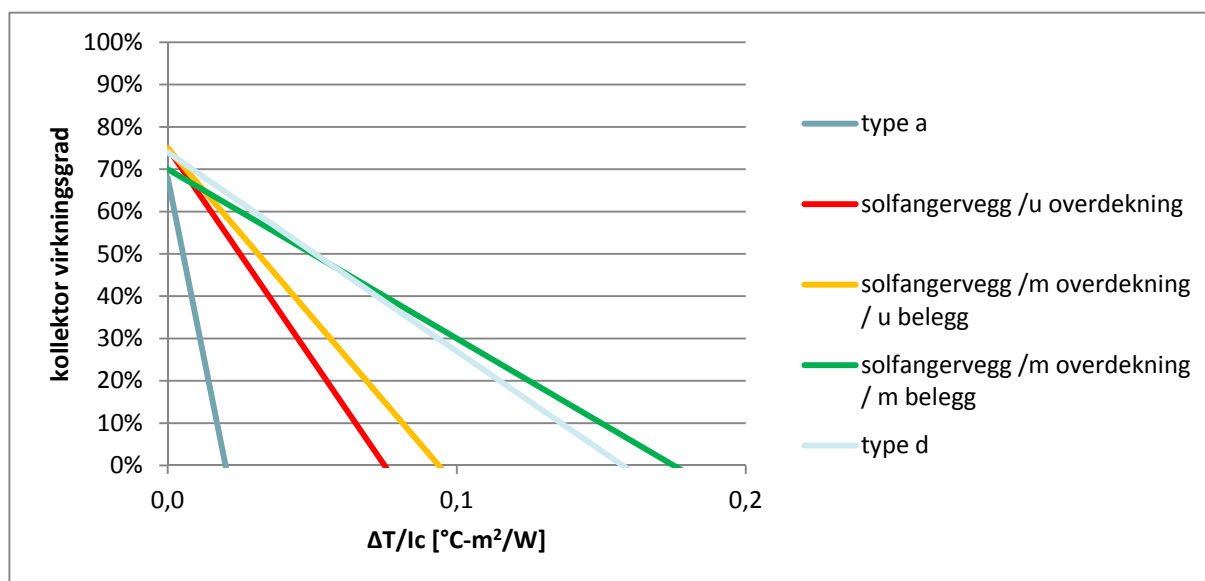
### 3.3 Virkningsgrad, solfangervegg

Det antas at solfangerveggen har relativt gode absorbent-egenskaper og relativt høyt varmetap ( $F_R U_L$  faktor).

Når man har en absorbent som består av betong, så kan man anta at virkningsgraden vil ligge på den bratteste kurven (i figur 3). Sort betong antas å ha bra absorbentegenskaper (se vedlegg). Varmetapet anslås å ligge mellom solfanger type a og type d (med og uten overdekning, og med og uten belegg på glasset). Tabell 4 viser de antatte faktorene.

Tabell 4: Antatt absorbent- og varmetapsfaktorer

Type	Kollektor overdekning	Absorbentmaterial	$F_R(\tau_c \alpha_s)$	$F_R U_c$
Type a	0	Sort krom	0,75	30
Solfangervegg/u	0	Sort betong	0,75	10
Solfangervegg/m	Glass	Sort betong	0,75	8
Solfangervegg/mb	Glass med belegg	Sort betong	0,75	6
Type d	Glass med belegg	Sort krom	0,75	4



Figur 4. Kollektor virkningsgrad. Kurven for solfangerveggen med og uten overdekning (glass med og uten belegg) og type a og type d

Figur 4 viser en sammenligning av virkningsgrad-kurver for solfangerveggen (med og uten overdekning) for solfanger type a og type d. Virkningsgraden til solfangerveggen er antatt å ligge mellom virkningsgrader for type a og type d.

Virkningsgraden for solfanger uten overdekning blir da antatt å være

$$\eta_{ua} = 75\% - 10 \times \Delta T/I_c \quad \text{lign.(6)}$$

Virkningsgradene for solfanger med overdekning blir da antatt å være

$$\eta_{\text{mamb}} = 75\% - 8 \times \Delta T / I_C \quad \text{lign.(7)}$$

$$\eta_{\text{maub}} = 75\% - 6 \times \Delta T / I_C \quad \text{lign.(8)}$$

De tre virkningsgradene gir et spektrum som gir grunnlag til å kunne vurdere potensialet for energiutbytte fra solfangerveggen. Dette er et overslagsmessig anslag, og det tas heller ikke hensyn til varmelagring i veggen. Det anbefales derfor å måle  $F_R(\tau_s \alpha_s)$  og  $F_{RU_L}$  faktorer når prototyper er laget, for å bestemme virkningsgraden mer presist.

### 3.4 Simuleringer av solfangervegg

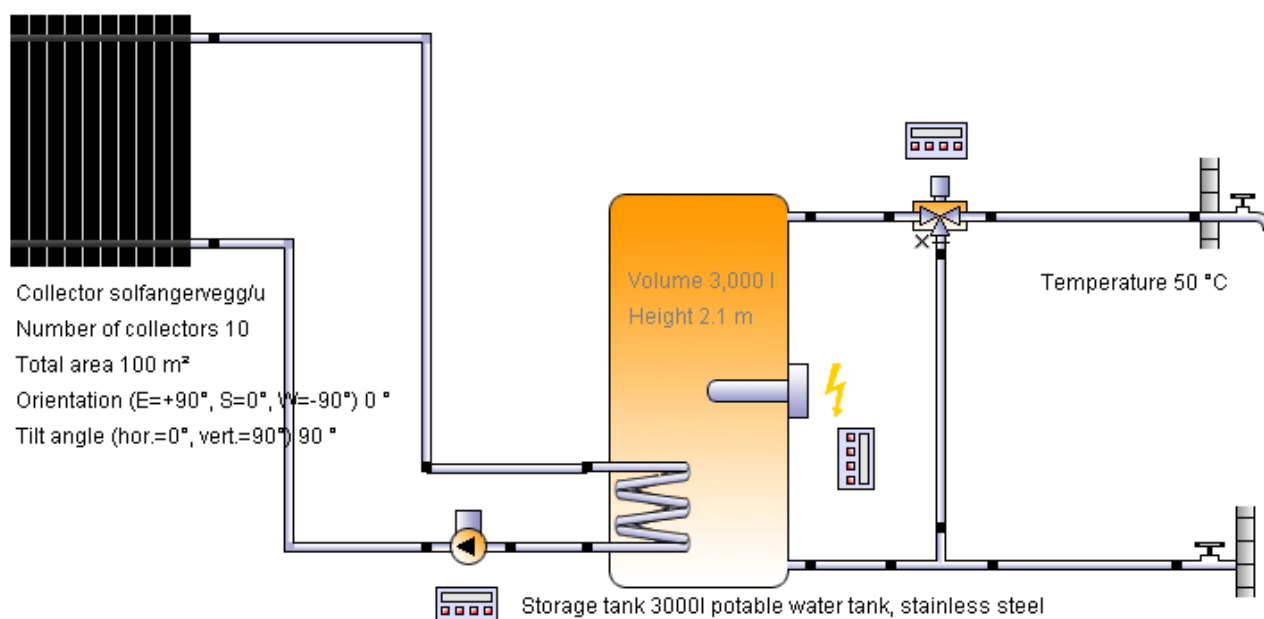
#### 3.4.1 Solfangervegg for tappevann

Fem forskjellige bygningstyper er analysert ift. varmtvannsforbruk og sett i sammenheng med bruksareal (BRA) og fasadearealer (orientert mot sør, øst og vest).

Tabellen i vedlegg C viser typiske geometrier for de ulike bygningskategorier.

Programmet Polysun ble brukt til å lage en modell av systemet og til solfangerberegningene (Velasolaris).

Figur 5 under viser system-modellen som er benyttet for boligblokken.

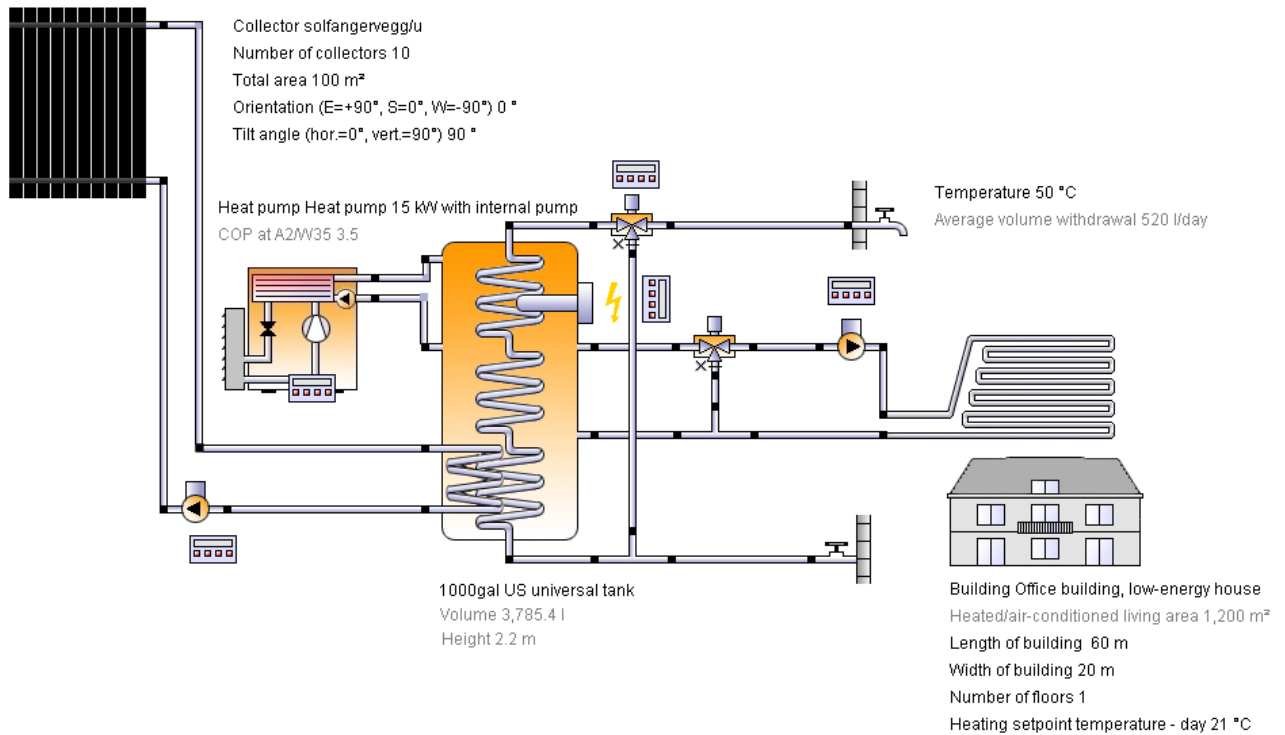


Figur 5. System-modellen for solfangerveggen i boligblokk.

Modellen består av to deler, en kollektor (solfangermodul) til venstre og en varmtvannstank med varmtvannsbehov til høyre, som vist på Figur 5. Kollektoren, som er solfangerveggen med vannsløyfene i veggen, er tilkoblet varmtvannstanken. Størrelsen på tanken er avhengig av varmtvannsbehovet over døgnet og varierer for de ulike bygningskategoriene (mellom 1000 og 15000l). Forbindelsen består av kopperrør, vannpumpe, og varmeveksler (integret i tanken).

#### 3.4.2 Solfangervegg for kombisystem for romoppvarming og oppvarming av tappevann

For et lett industri/verkstedbygg ble modellen for solfangerveggen modifisert og modellert til å forsyne bygningen med varme til oppvarming og tappevann. Figur 6 viser modellen.



Figur 6. Modellen av solfangerveggen og varmtvannssystemet slik den er modellert i Polysun.

Vedlegg E viser oppvarmingsbehov for bygningen med ulike konstruksjonsmåter / energistandarder (TEK10, Lavenergi og Passivhus ift NS3701).

## 4 Resultater

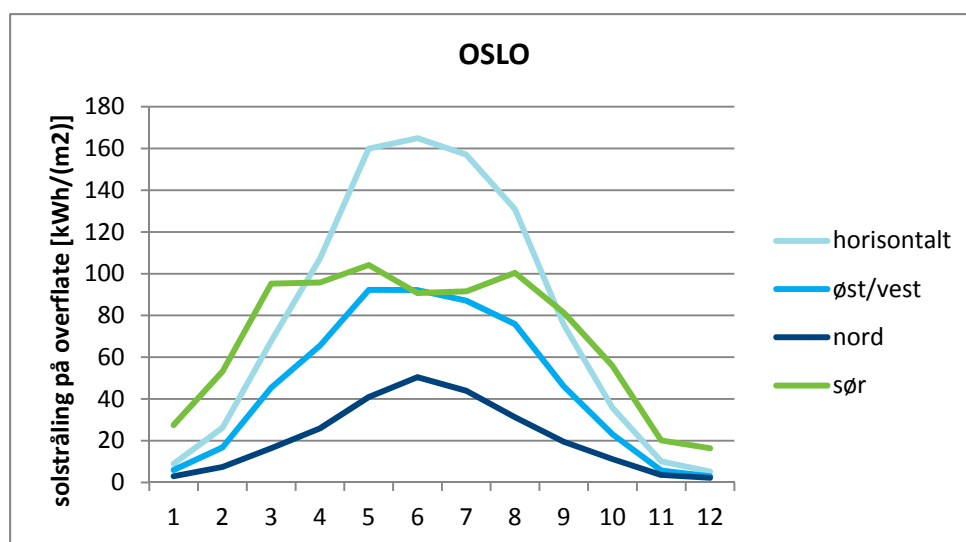
Først ble solstrålingen på alle fasader beregnet. Klimadatafilene ble analysert for ulike steder og orienteringer av fasaden. Så ble systemvirkningsgrader beregnet og dermed kunne nødvendige arealer som klarer å dekke realistiske deler av varmtvannsbehov beregnes. Resultatene uttrykkes som SF ("Solar Fraction"), som viser prosentvis andel av det totale energibehovet til varmtvann som solfangeranlegget kan dekke.

### 4.1 Solinnstråling på fasader

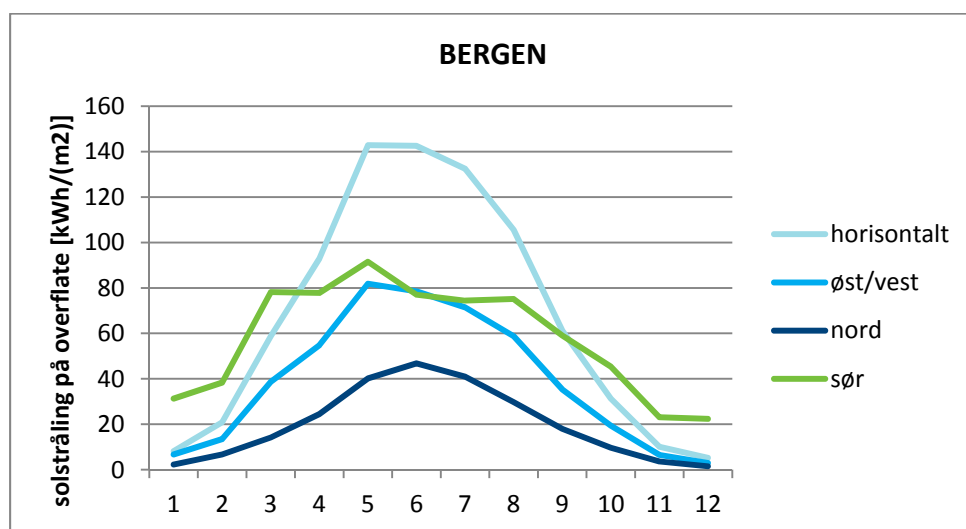
Klimadatafilene for Oslo, Bergen og Trondheim ble analysert (Velasolaris). Solstrålingsfordeling ble beregnet for ulike orienteringer av fasaden (øst/vest, sør og nord).

Figur 6 viser månedlige solstrålingsverdier for Oslo, Bergen og Trondheim. Tabell 5 sammenfatter årlige solstrålingsverdier for Oslo, Bergen Trondheim.

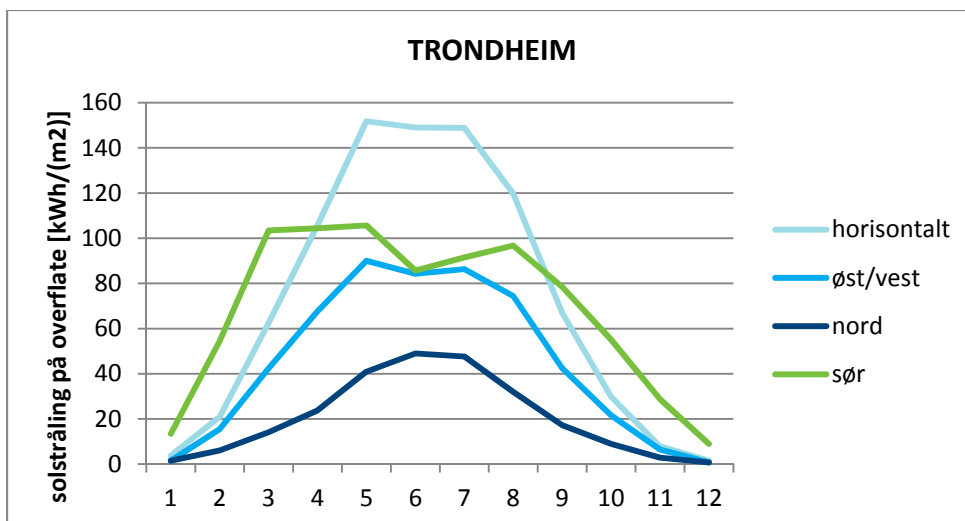
Man ser generelt at solstråling på horisontale flater er høyere om sommeren enn på de vertikale flatene (øst/vest, sør nord).



Figur 6a. Solstrålingsfordeling på ulike vertikale overflater (horisontalt, øst/vest, nord, sør) for Oslo



Figur 6b. Solstrålingsfordeling på ulike vertikale overflater (horisontalt, øst/vest, nord, sør) for Bergen

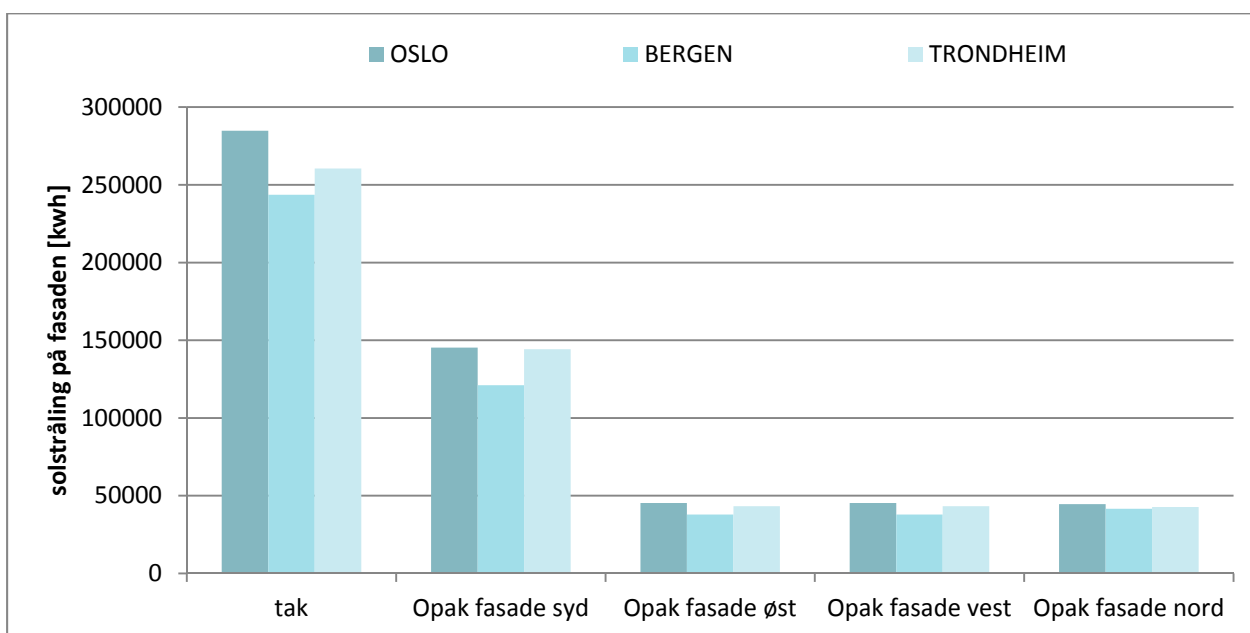


Figur 6c. Solstrålingsfordeling på ulike vertikale overflater (horisontalt, øst/vest, nord, sør) for Trondheim

Strålingsverdiene oppsummert over hele året er presentert i tabell 5. På alle steder er det horisontalstrålingen som er høyest (ligger mellom 812 og 966 kWh/m<sup>2</sup>). Solstrålingen på sørfasaden er høyest av alle fasader. Bergen har lavere solstrålingsverdier for alle orienteringer.

Tabell 5: solstråling på ulike fasade orienteringer og tak

	Horisontalt kWh/(m <sup>2</sup> år)	Øst/vest kWh/(m <sup>2</sup> år)	Nord kWh/(m <sup>2</sup> år)	Sør kWh/(m <sup>2</sup> år)
<b>Oslo</b>	949	559	256	832
<b>Bergen</b>	812	468	238	693
<b>Trondheim</b>	868	533	245	826



Figur 7. Solstrålingsfordeling på tak, opake fasader (sør, øst, vest, nord) for boligblokk for ulike steder (Oslo, Bergen, Trondheim) (Resultatene for andre bygningskategorier finnes i appendiks C)



Figur 7 viser beregnet solstråling på ulike overflater for bygningene. Solstrålingen er høyest på takoverflate for boligblokk. Det kan virke overraskende at solstrålingen på nordsiden er like høy som på øst- og vestfasadene, men dette skyldes et større fasadeareal (nord og sør). Resultatene for andre bygningskategorier finnes i appendiks C.

## 4.2 Systemvirkningsgrader

Systemvirkningsgrader ble beregnet med utgangspunkt i solstråling på fasaden og utnyttet energi til varmtvann.

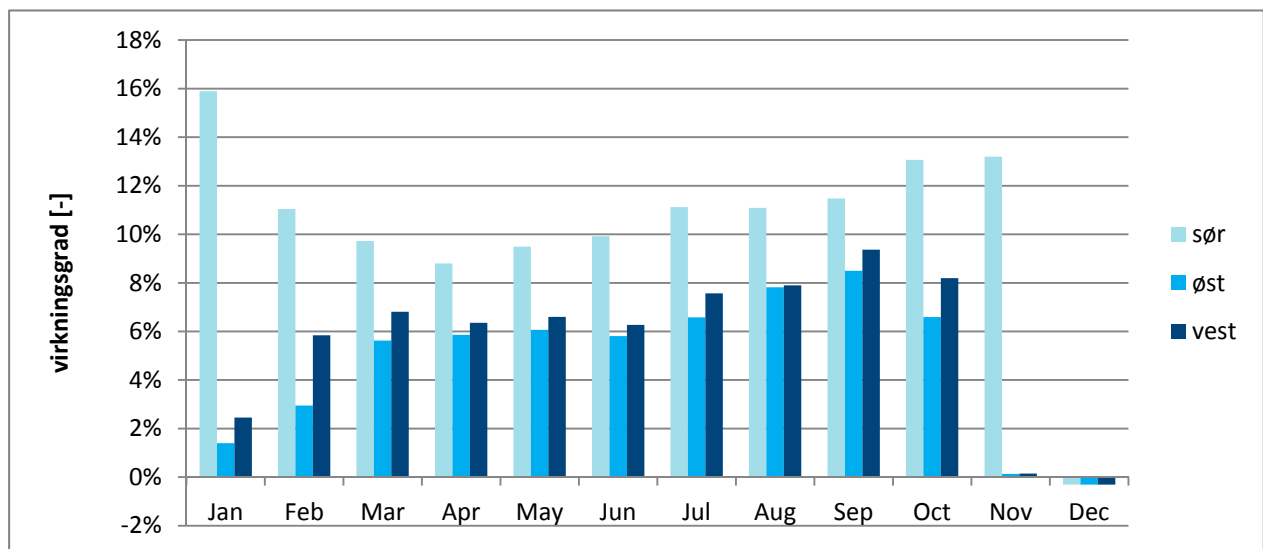
$$\eta = Q_{\text{sol}} / I_C \quad \text{lign.(9)}$$

hvor

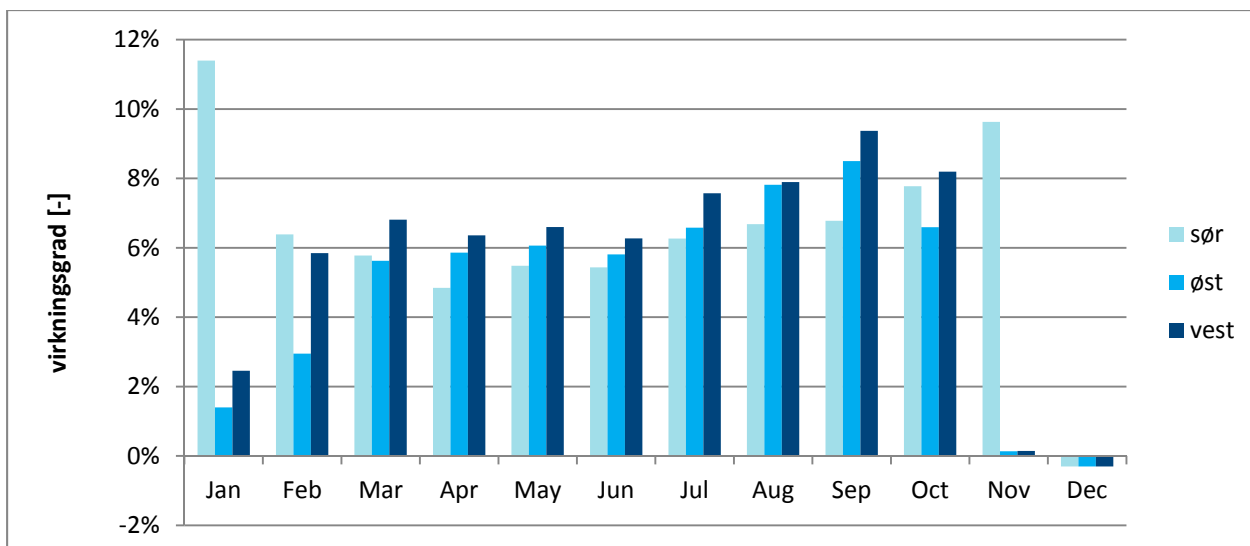
$Q_{\text{sol}}$  = utnyttbar solvarme til varmtvann

$I_C$  = solstråling per kollektor areal (det er regnet over et statistisk "normalår")

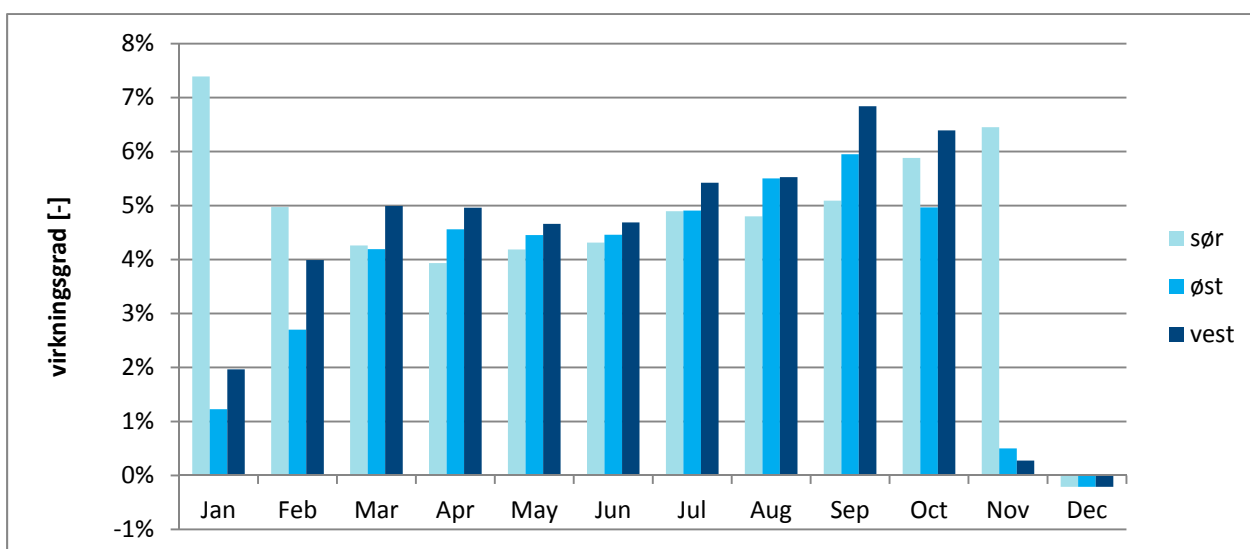
Figurene 8 til 12 viser virkningsgraden for solfangerveggen med overdekning og uten belegg på glasset ( $a_1=10$ ). Den relativt høye virkningsgraden i januar skyldes ikke en stor varmeproduksjon i januar, men at varmeutbyttet er høyt i forhold til innstrålt solenergi (som er lav).



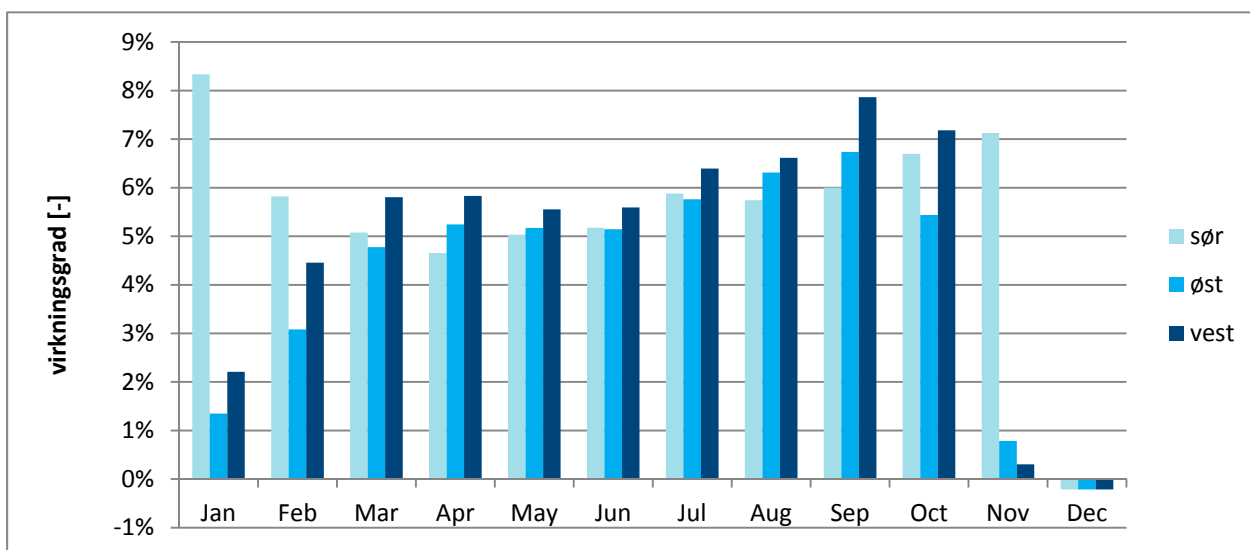
Figur 8. Virkningsgrader for ulike solfangerfasader (sør, øst, vest) for boligblokk, Oslo



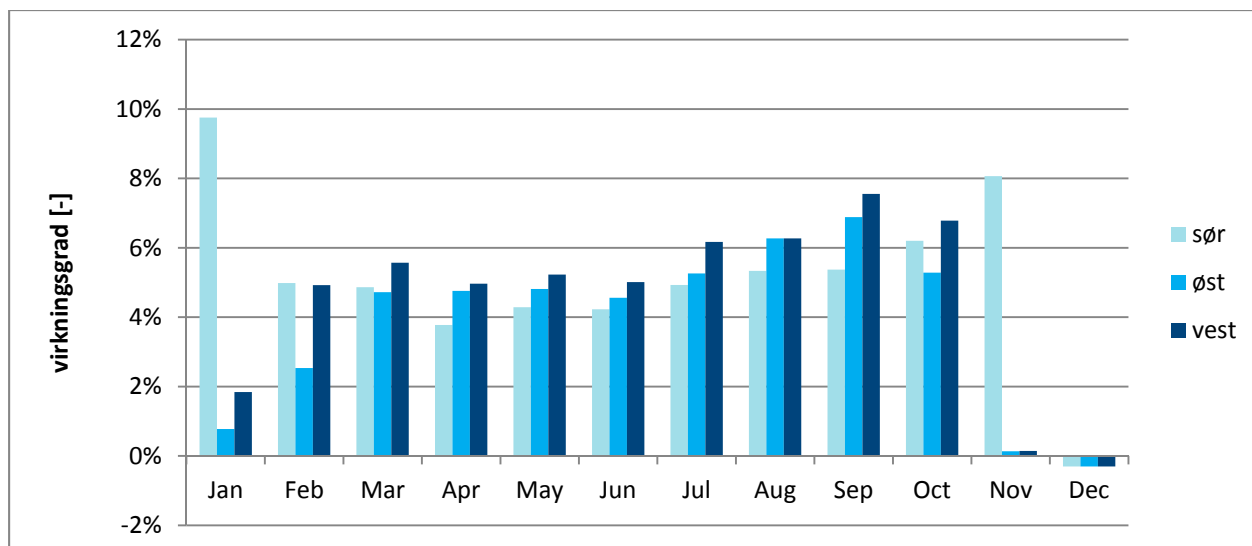
Figur 9. Virkningsgrader for ulike solfangerfasader (sør, øst, vest) for kontorbygg, Oslo



Figur 10. Virkningsgrader for ulike solfangerfasader (sør, øst, vest) for hotell, Oslo



Figur 11. Virkningsgrader for ulike solfangerfasader (sør, øst, vest) for idrettsbygg, Oslo



Figur 12. Virkningsgrader for ulike solfanger-fasader (sør, øst, vest) for verksted, Oslo

Tabell 6 viser resultater av beregninger av virkningsgraden for ulike varmetapsegenskaper av solfangerveggen. Dette gir en indikasjon på sammenhengen mellom varmetapsegenskaper ( $a_1$ ) og virkningsgrad. For å kunne gi sikre svar på virkningsgraden er det anbefalt å måle varmetapsegenskaper (og da spesielt  $a_1$ ).

Tabell 6: Virkningsgrader for ulike egenskaper for solfangerveggen, sørfasade (se tabell 4)

Sørfasade	$F_R U_L = a_1 =$			
	30	10	8	6
<b>Boligblokk</b>	5.4 %	10.7 %	12.1 %	13.8 %
<b>Kontor</b>	2.9 %	6.3 %	7.3 %	8.4 %
<b>Hotell</b>	2.2 %	4.7 %	5.4 %	6.2 %
<b>Idrett</b>	2.7 %	5.6 %	6.2 %	7.1 %
<b>Verksted</b>	2.2 %	5.0 %	5.8 %	6.8 %

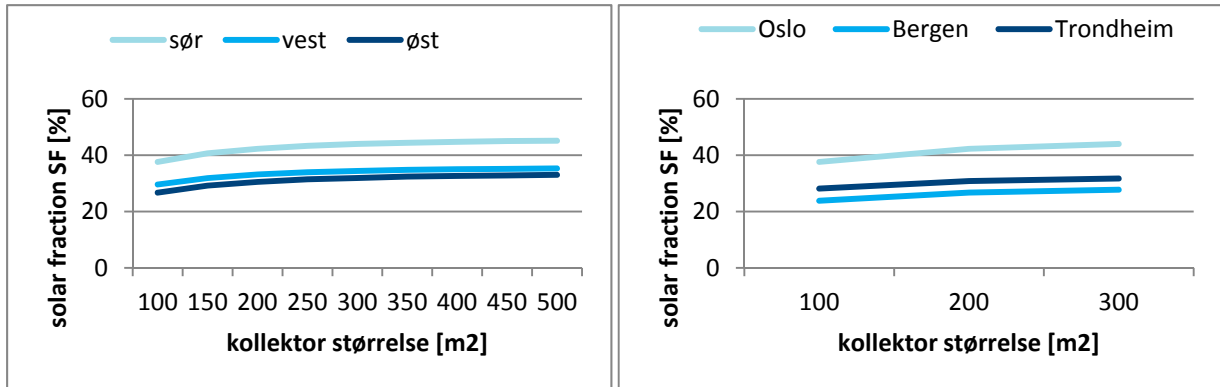
Tabell 7 oppsummerer virkningsgrader  $\eta$  (beregnet med ligning 9) for solfangersystemet integrert i ulike fasader for de ulike bygningskategoriene. Verdiene er oppsummert fra verdiene som er vist i figurer 8 – 12. Solfangerveggen for boligblokker har den høyeste virkningsgraden (mellom 10 og 12%). For de andre bygningskategoriene oppnås virkningsgrader mellom 5 og 7%.

Tabell 7: Virkningsgrader for solfangerveggen i ulike bygningskategorier og fasader (sør, øst, vest)

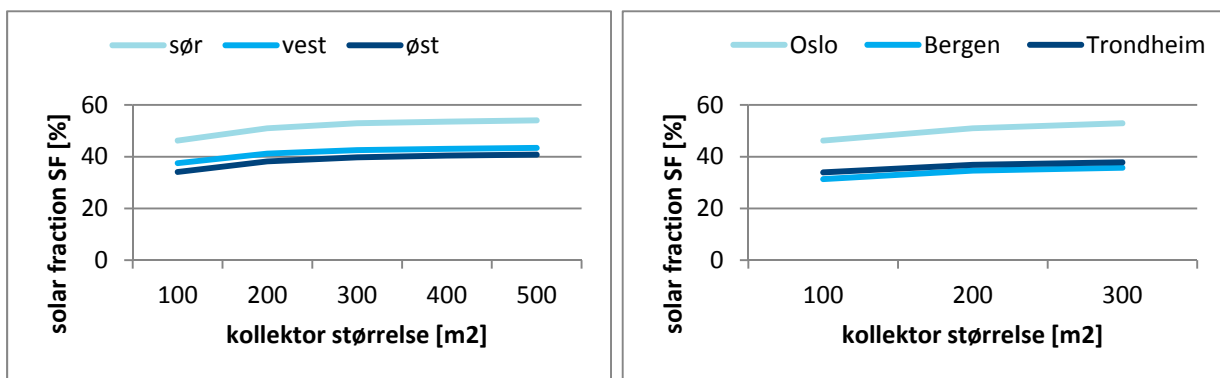
Bygningskategori	Sør	Øst	Vest
<b>Boligblokker</b>	11 %	12 %	10 %
<b>Kontorbygg</b>	6 %	7 %	6 %
<b>Hoteller</b>	5 %	5 %	5 %
<b>Idrettsbygg</b>	6 %	6 %	5 %
<b>Lett industri, verksted</b>	5 %	6 %	5 %

### 4.3 Solar fraction (SF)

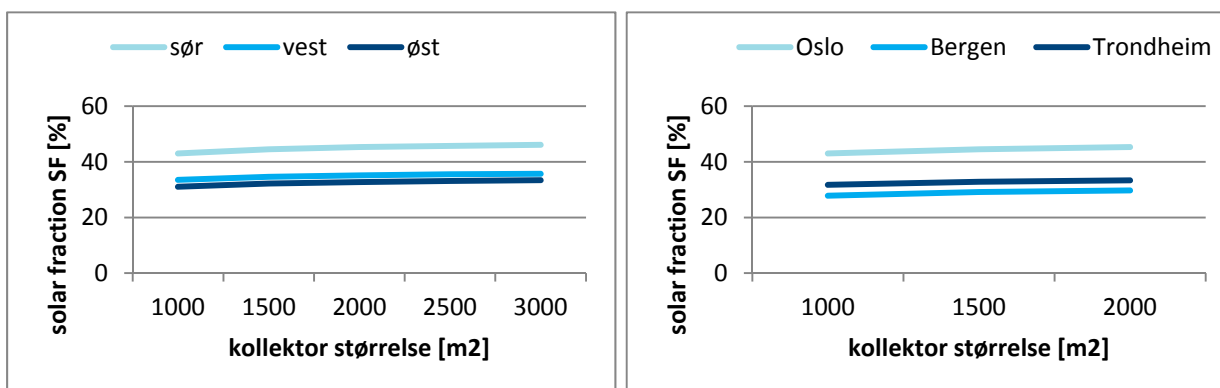
SF ("Solar Fraction") er forholdet mellom energimengden som solfangeren kan levere og summen av energimengden som trenges for varmtvannoppvarming. SF kan bli brukt til lønnsomhetsberegning mht. investeringskostnader og sparte energikostnader. Figurene under viser resultatene for solfangerveggen uten overdekning ( $F_{RUL}=10$ ).



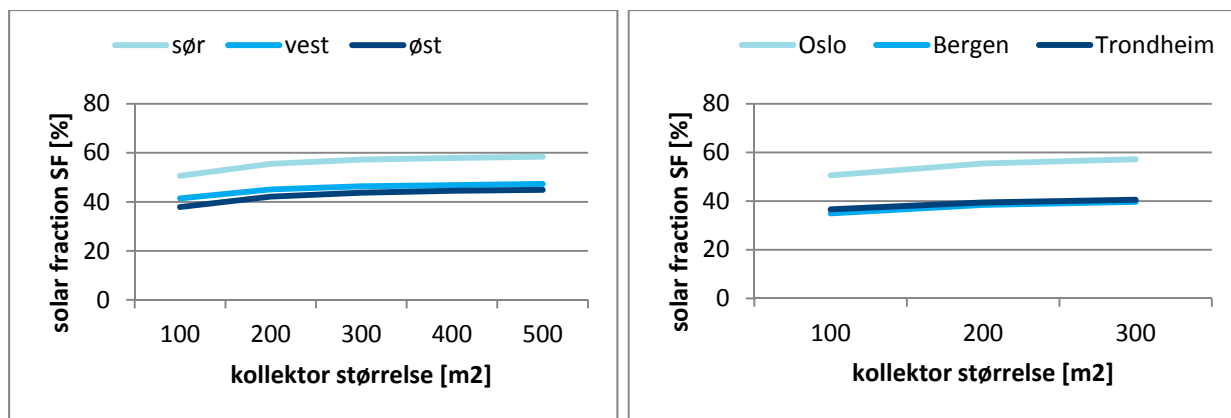
Figur 13. SF for ulike solfangerfasader (sør, øst, vest) for **boligblokk** i Oslo (til venstre) og SF for ulike byer (Oslo, Bergen, Trondheim) for sørvendt solfangerfasade (til høyre)



Figur 14. SF for ulike solfangerfasader (sør, øst, vest) for **kontor** i Oslo (til venstre) og SF for ulike byer (Oslo, Bergen, Trondheim) for sørvendt solfangerfasade (til høyre)



Figur 15. SF for ulike solfangerfasader (sør, øst, vest) for **hotell** i Oslo (til venstre) og SF for ulike byer (Oslo, Bergen, Trondheim) for sørvendt solfangerfasade (til høyre)



Figur 17. SF for ulike solfangerfasader (sør, øst, vest) for **verksted** i Oslo til venstre) og SF for ulike byer (Oslo, Bergen, Trondheim) for sørvendt solfangerfasade (til høyre)

Tabell 8: SF (solar fraction) for ulike materialer for solfangerveggen for ulike bygningskategorier, beregnet for sørfasade (se tabell 2)

Sørfasade	$F_R U_L = a_1 =$			
	30	10	8	6
boligblokk	19,1%	37,6%	42,4%	48,3%
kontor	22,0%	46,2%	53,0%	60,6%
hotell	20,5%	43,0%	49,0%	55,9%
idrett	19,8%	41,5%	45,8%	52,2%
verksted	22,9%	50,6%	57,9%	66,3%

#### 4.4 Nødvendige solfangerarealer

Nødvendig solfangerareal for å dekke realistiske deler av varmtvannsbehovet, er beregnet. Tabell 9 viser SF for ulike kollektor-arealer. For de ulike byene/stedene, klarer solfangerveggen å dekke mellom 24 og 57% av varmtvannsbehovet med kollektor-arealer mellom 100 og 3000 m<sup>2</sup>. De konkrete tallene er avhengig av varmtvannsbehov, bygningsgeometri, og sted.

Tabell 9: SF for ulike solfangerarealer for å dekke mellom 24 og 57% av varmtvannsbehovet for ulike bygningskategorier beregnet for sørfasade

Sørfasade	Areal [m <sup>2</sup> ]	SF [%] Oslo	SF [%] Bergen	SF [%] Trondheim
<b>Boligblokk</b>	100	37,6	23,8	28,1
	300	44,0	27,7	31,7
<b>Kontor</b>	100	46,2	31,3	33,9
	300	52,9	35,7	37,8
<b>Hotell</b>	1000	43,0	27,8	31,7
	3000	45,3	29,7	33,3
<b>Idrettsbygg</b>	1000	41,5	25,7	30,0
	3000	44,6	35,7	31,5
<b>Lett industri, verksted</b>	100	50,6	34,9	36,6
	300	57,2	39,7	40,5

#### 4.5 Solfangervegg i eksempelbygg - verksted

For å gi en bedre bakgrunn for å evaluere investeringskostnadene for en solfangervegg, ble et eksempelbygg beregnet (Figur 18). Her ble et kombisystem evaluert som leverer energi til bruk for oppvarming av varmtvann og romoppvarming.

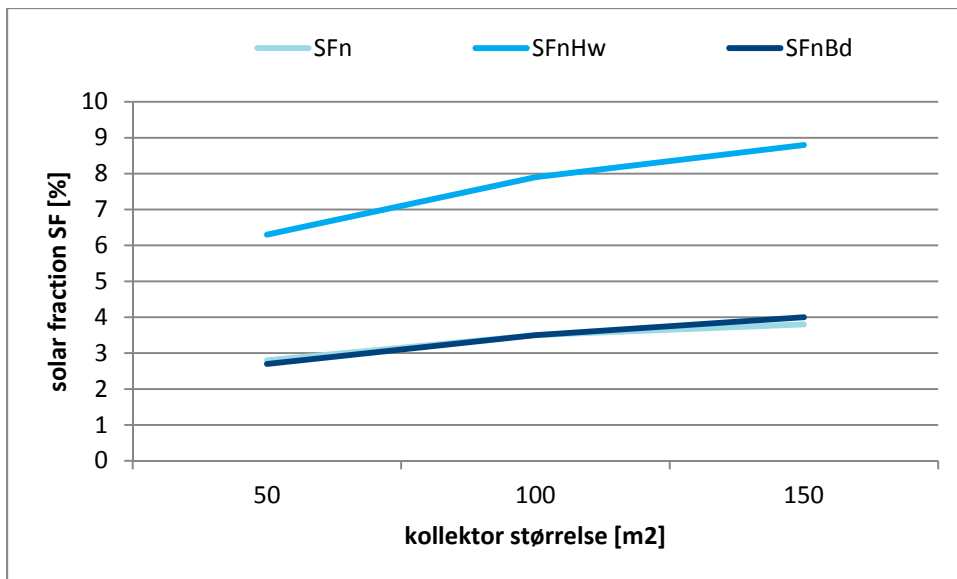


Perspektiv 1

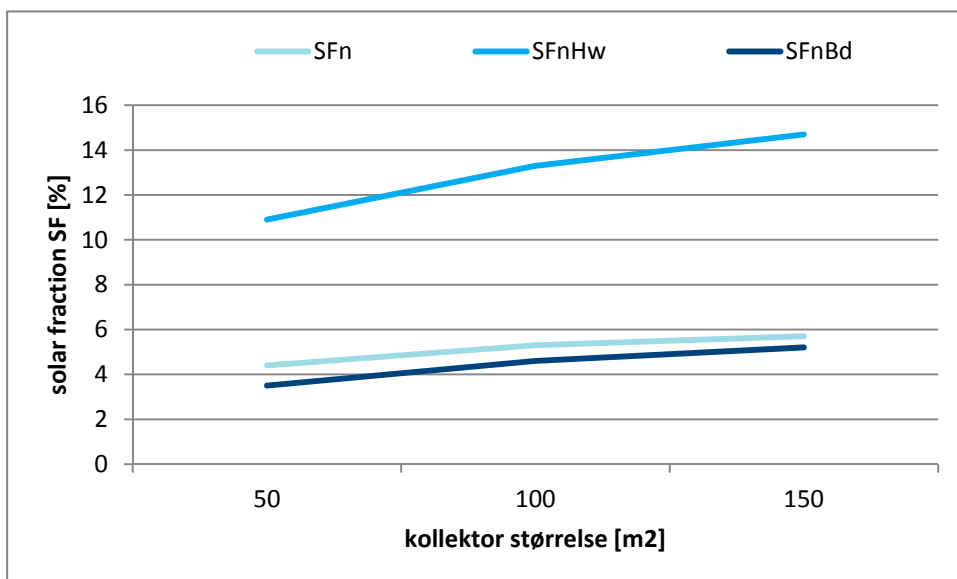
Figur 18: Eksempelbygg i Namsos

Figur 19 – 21 viser ulike verdier for *Solar fraction: fraction of solar energy to system*,  $SFn$ , *Solar fraction hot water*,  $SFnHw$ , og *Solar fraction building*,  $SFnBd$ .  $SFn$  er forholdet mellom energi levert fra solfangeren og det totale behovet for varme i bygget.  $SFnHw$  er forholdet mellom energi levert fra solfangersystemet og det totale behovet for oppvarming av varmtvann.  $SFnBn$  er forholdet mellom energi fra solfangersystemet og det totale behovet for energi til romoppvarming.

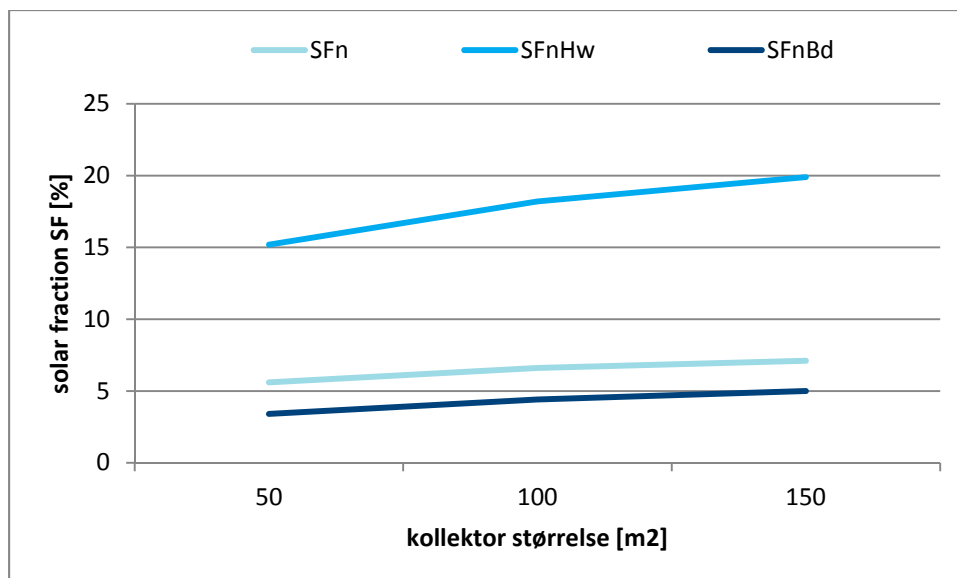
$SFnHw$  er i alle tilfelle høyere enn  $SFn$  og  $SFnBd$ . Men man ser også at  $SFn$  er lavere for kombisystemet.



Figur 19. Fraction of solar energy to system,  $SFn$ , Solar fraction hot water,  $SFnHw$ , og Solar fraction building,  $SFnBd$ , for eksempelbygg med energibehov iht TEK10



Figur 20. Fraction of solar energy to system,  $SFn$ , Solar fraction hot water,  $SFnHw$ , og Solar fraction building,  $SFnBd$  for eksempelbygg for med energibehov iht lavenergistandard, LE (NS3701)



Figur 21. Fraction of solar energy to system,  $SFn$ , Solar fraction hot water,  $SFnHw$ , og Solar fraction building,  $SFnBd$  for eksempelbygg med energistandard iht passivhusstandard, PH (NS3701)

Tabell 10. Solar Fraction, årlig varmeproduksjon ( $Q$ ) og energibruk til drift av solfangersystemet i eksempelbygget

		Enhet	Verksted		Eksempel	
			TEK10	Lavenergi LE (NS3701)	Passivhus PH (NS3701)	
<b>Solar fraction: fraction of solar energy to system</b>	$SFn$	%	-	3,5	5,3	6,6
<b>Solar fraction hot water</b>	$SFnHw$	%	36,6	7,9	13,3	18,2
<b>Solar fraction building</b>	$SFnBd$	%	-	3,5	4,6	4,4
<b>System performance (<math>Q_{use} / E_{tot}</math>)</b>	$\eta_{sys}$	-	1,28	2,00	2,30	2,37
<b>Solar thermal energy to the system</b>	$Q_{sol}$	kWh	3077	4950	4486	3882
<b>Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included)</b>	$Q_{aux}$	kWh	5325	135939	79834	54533
<b>Total energy consumption</b>	$Q_{use}$	kWh	7230	139249	82556	56607
<b>Total fuel and/or electrical energy consumption of the system</b>	$E_{tot}$	kWh	5661	69453	35907	23878



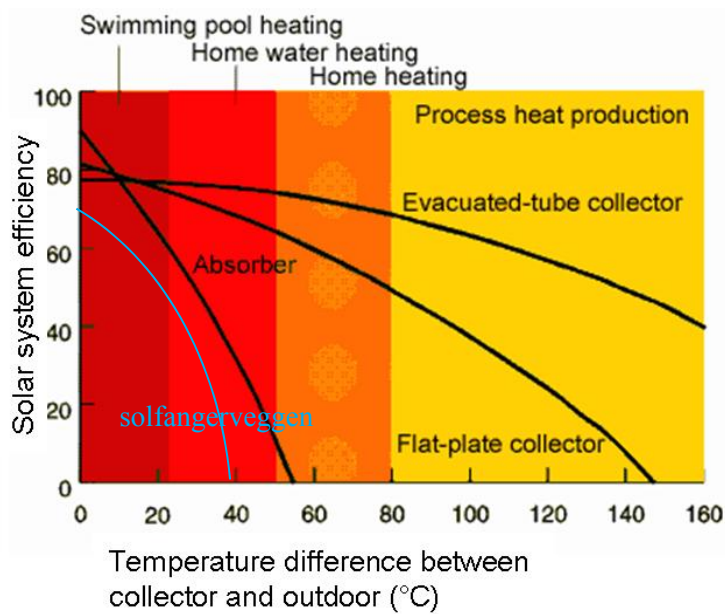
## 5 Konklusjoner

- Det foreslåtte produktet ble betraktet som en standard solfanger i beregningene. Effekten av termisk lagring ble ikke inkludert, dvs at det i beregningen av varmebalansen for solfangeren ikke er tatt hensyn til tidsforsinkelse av varmeoverføring pga varmelagring i den tunge veggen. Det er vanskelig å si hvilken effekt dette kan ha, og det anbefales å foreta målinger for å kvantifisere effekten av dette.
- En overslagsberegning av varmebalansen ga to systemvirkningsgrader for en solfangervegg med og uten glass-overdekning. Beregningene viste at SF (Solar Fraction) øker mellom 10 til 16 % med glassoverdekning.
- Fem forskjellige bygningstyper ble identifisert som mest aktuelle for bruk av solfangerveggen:
  - Boligblokker
  - Kontor
  - Hotell
  - Idrettsbygg
  - Lett industri / verksted
- Analysen av varmtvannsforbruk ble sett i sammenheng med bruksareal (BRA) og tilgjengelige fasadearealer (sør, øst og vest orientert).
- Ut fra solstrålingen og systemvirkningsgrader ble nødvendige solfangerarealer som klarer å dekke mellom 24 og 57% av varmtvannsbehovet, beregnet.
- Resultatene viser SF ("Solar Fraction") for ulike bygningskategorier og kan bli brukt til lønnsomhetsberegning mht. investeringskostnader og sparte energikostnader.
- For et eksempelbygg ble SF for et kombisystem (solenergi for varmtvann og romoppvarming) beregnet. Solfangersystemets bidrag til oppvarming ligger mellom 3,5 og 4,4 %, avhengig av byggemåte (TEK, lavenergi og passivhus).
- Parametere som viste seg å være viktige var: varmtvannsbehov, fasadeareal og orientering i forhold tilbruksareal (kompakthet), og materialegenskaper for solfangerveggen.
- Vanligvis er faktorene  $a_0$  og  $a_1$  målt og angitt av solfanger produsentene. For denne solfangerveggen finnes det ikke noen slike faktorer. Derfor anbefales det å lage en prototype for å måle disse faktorene.

## 6 Referanser

- ASHRAE, 2003 - Standard 93-2003: Methods of testing to determine the performance of solar collectors, ASHRAE, Atlanta
- CEN, 2001. EN 12975-2:2001. Thermal solar systems and components – Solar collectors – Part 2: Test methods. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium. ([www.cenorm.be](http://www.cenorm.be))
- Duffie J.A. and Beckman W.A., 1991. Solar Engineering of Thermal Processes – Second Edition, Wiley-Interscience, New York
- Martin, C.L. and Goswami, Y., 2005, Solar Energy Pocket Reference, ISES, ISBN 0-9771282-0-2
- NS 3031, Beregning av bygningers energiytelse – metode og data, Standard Norge, 2007
- NS 3701, Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Yrkesbygninger, Standard Norge, 2012
- Solar Rating and Certification Corporation, 1995. SRCC Standard 100. Test Methods and Minimum Standards for certifying Solar Collectors. Available on [www.solar-ratings.org](http://www.solar-ratings.org)
- SPF, 2004 - Institut für Solartechnik SPF, online collector test reports on [www.spf.ch](http://www.spf.ch)
- Velasolaris, software developer of polysun, <http://www.velasolaris.com/>

## A Vedlegg – Virkningsgrader

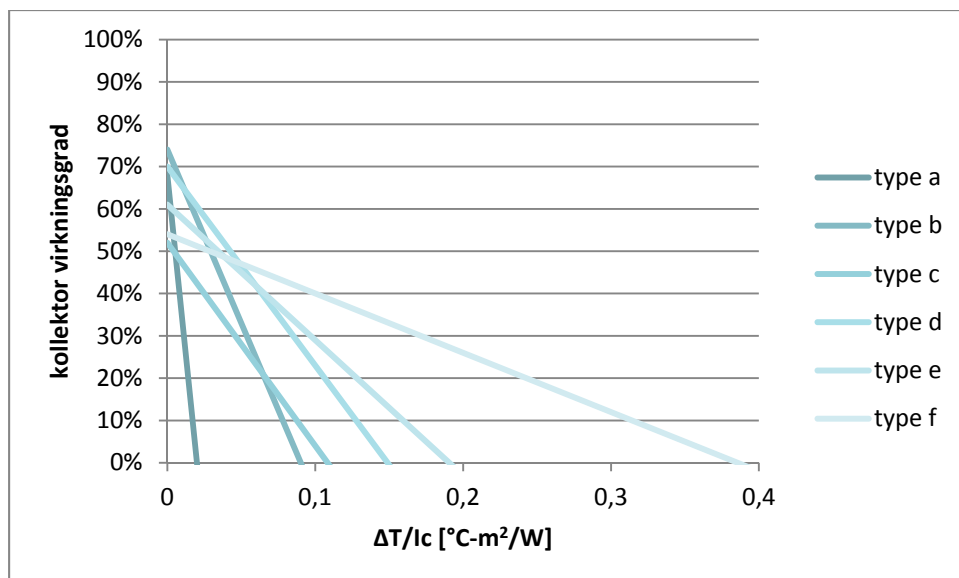


Figur A.1. typiske virkningsgrader for ulike solfangertyper

Tabell A.1 viser  $F_R(\tau_s\alpha_s)$  og  $F_RU_c$  faktorer for ulike solfanger typer.

Tabell A.1. Ulike solfanger typer (Martin and Goswami, 2005)

Type	Væske	Kollektor overdekning	Overflate	$F_R\tau_s\alpha_s$	$F_RU_c$
a	Vann	0	black paint	0,68	34,0
b	Vann	glass uten belegg	black paint	0,74	8,2
c	Luft	glass med belegg	black chrome	0,52	4,8
d	Vann	glass med belegg	black chrome	0,70	4,7
e	Vann	2 lag glass med belegg	black chrome	0,61	3,2
f	Vann	-	evacuated tube	0,54	1,4



Figur 2. kollektor virkningsgrad av ulike kollektor typer (iht. beskrivelsen i tabell 1)

Tabell V.1. noen materialklasser med ulike  $\alpha/\epsilon$  forhold (på engelsk)

Emissivity and absorptivity of common materials	Short-wave absorptance ( $\alpha$ )	Long-wave emittance ( $\epsilon$ )	$\alpha/\epsilon$
<b>Class II substances</b>			
concrete	0,6	0,88	0,68
asbestos cement board, white	0,59	0,96	0,61
marble, polished	0,5	0,9	0,56
<b>Class III substances</b>			
grey paint	0,75	0,95	0,79
black cupric oxide on copper	0,91	0,96	0,95
black tar paper	0,93	0,93	1,00
<b>Class IV substances</b>			
black paint	0,94	0,88	1,07
granite	0,55	0,44	1,25
galvanized iron, oxidized	0,8	0,28	2,86
<b>Class V substances</b>			
black sulfide on metal	0,92	0,1	9,20
black chrome	0,87	0,09	9,67
stainless steel wire mesh	0,63-0,86	0,23-0,28	2,7-3,0

## B Vedlegg – Arealer

### B. Generelt

For å kunne sjekke tilgjengelige fasaden arealer det tas utgangspunkt i en rekke yrkesbygg med antatt bruksareal og geometri.

Tabell B.1: typiske geometrier for ulike bygningskategorier

	Enhet	BOLIG BLOKK	KONTOR	HOTELL	IDRETTS- BYGG	LETT INDUSTRI, VERKSTED
Lengde	m	30	60	60	80	60
Dybde	m	10	20	20	40	20
Perimeter	m	80	160	160	240	160
Netto høyde vegg	m	8	8	8	6	3
Etasjehøyde	m	3	3	3	6	3
Antall etasjer		3	3	3	1	1
Bruksareal (BRA)	m <sup>2</sup>	900	3600	3600	3200	1200
Gulvareal	m <sup>2</sup>	300	1200	1200	3200	1200
Takareal	m <sup>2</sup>	300	1200	1200	3200	1200
Fasadeareal	m <sup>2</sup>	648	1296	1296	1440	432
Vindusareal	m <sup>2</sup>	137	260	260	132	199
Ytterveggareal	m <sup>2</sup>	511	1036	1036	1308	233
Fasade syd	m <sup>2</sup>	243	486	486	480	162
Fasade vest	m <sup>2</sup>	81	162	162	240	54
Fasade øst	m <sup>2</sup>	81	162	162	240	54
Fasade nord	m <sup>2</sup>	243	486	486	480	162
Vinduer Syd	m <sup>2</sup>	68	130	130	66	100
Vinduer øst	m <sup>2</sup>	0	130	130	66	50
Dører mot øst	m <sup>2</sup>	0	0	0	0	0
Vinduer vest	m <sup>2</sup>	0	130	130	66	50
Vinduer nord	m <sup>2</sup>	68	130	130	66	98
SUM Vinduer	m <sup>2</sup>	137	521	521	265	299
Vindu/dør prosent	%	15	14	14	8	25
Vindu/dør fasade ratio	%	21	40	40	18	69
Volum	m <sup>2</sup>	1701	6804	6804	17280	2916
Opak fasade syd	m <sup>2</sup>	175	356	356	414	62
Opak fasade øst	m <sup>2</sup>	81	32	32	174	4
Opak fasade vest	m <sup>2</sup>	81	32	32	174	4
Opak fasade nord	m <sup>2</sup>	175	356	356	414	64
sum opake fasade	m <sup>2</sup>	512	776	776	1176	134
VV behov/BRA	kWh/m <sup>2</sup>	30	5	5	50	10
VV behov	kWh	27000	18000	108000	160000	12000
VV behov/ fasadeareal	kWh/m <sup>2</sup>	53	23	139	418	90

## B.1 Boligblokk

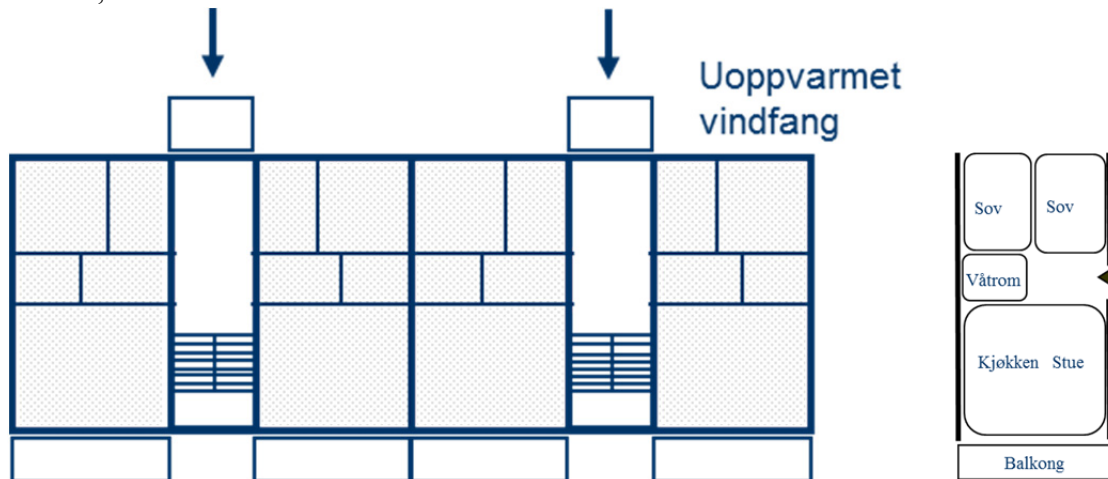
Figur E.1 viser en typisk boligblokk i tre etasjer med grunnflate 300 m<sup>2</sup> (10 x 30 m). Varmtvannbehov på 5,1W/m<sup>2</sup> (30 kWh/m<sup>2</sup> a).

Bredde: 10 m

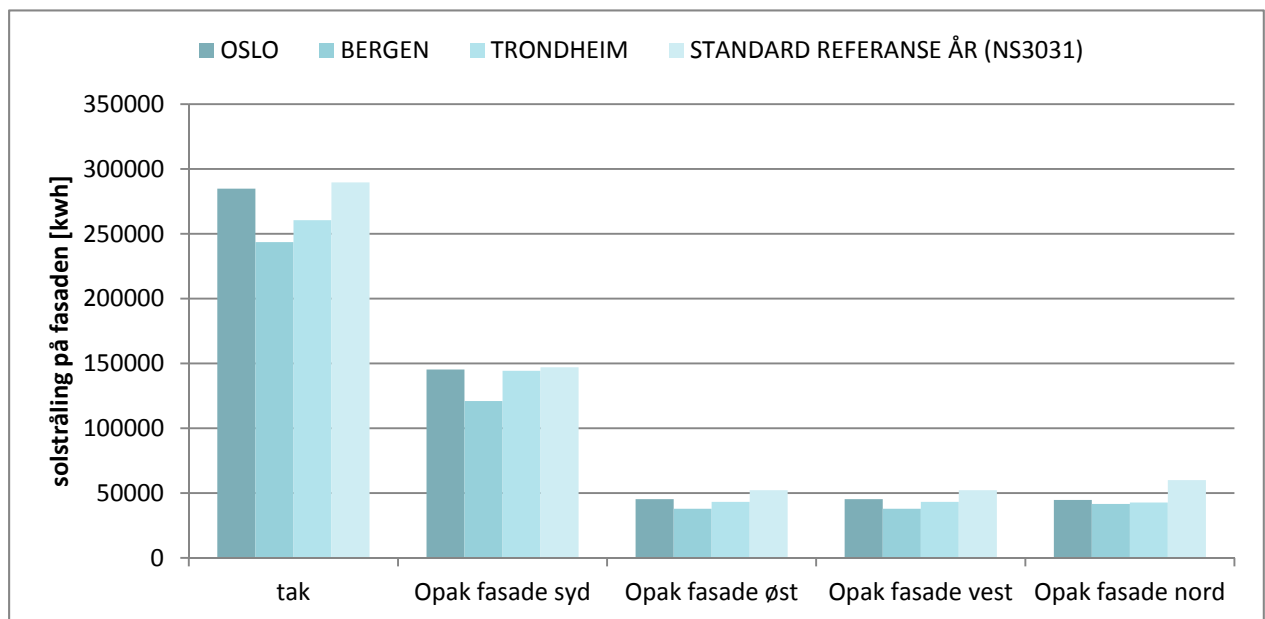
Lengde: 30 m

Høyde: 3 etg

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.1a: Typisk boligblokk plan



Figur E.1b Beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader

## B.2 Barnehage

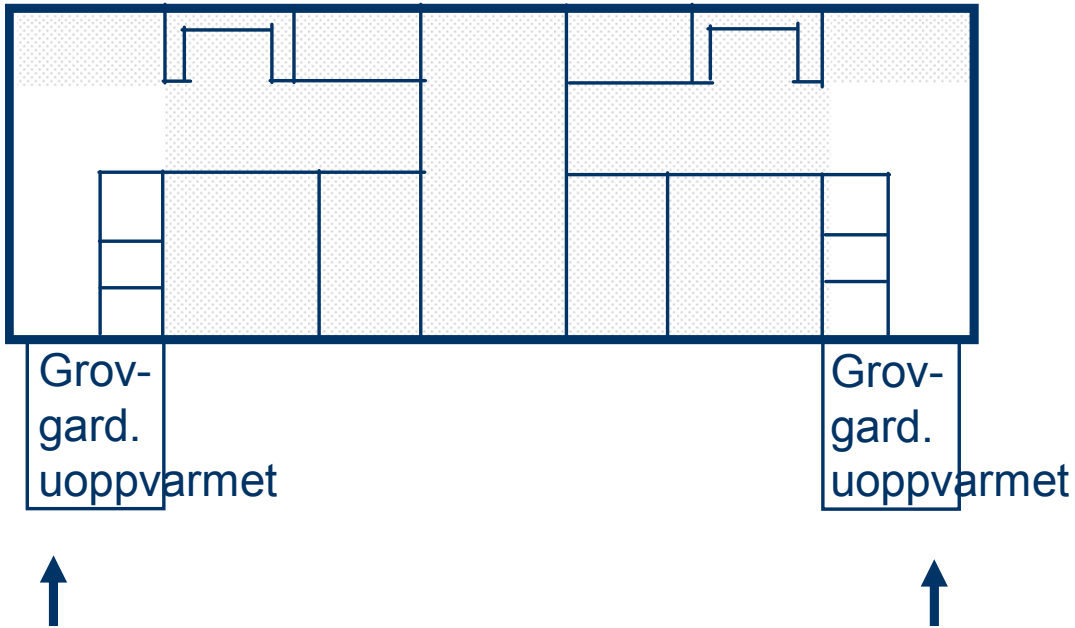
Figur E.2 viser en barnehage med følgende dimensjoner. En etasje med grunnflate 300 m<sup>2</sup> (10 x 30 m). (Kommunikasjonsareal + garderobe og toaletter: ~ 22 % av grunnflaten). Varmtvannbehov på 10kWh/m<sup>2</sup> a (3,8W/m<sup>2</sup>).

Bredde: 10 m

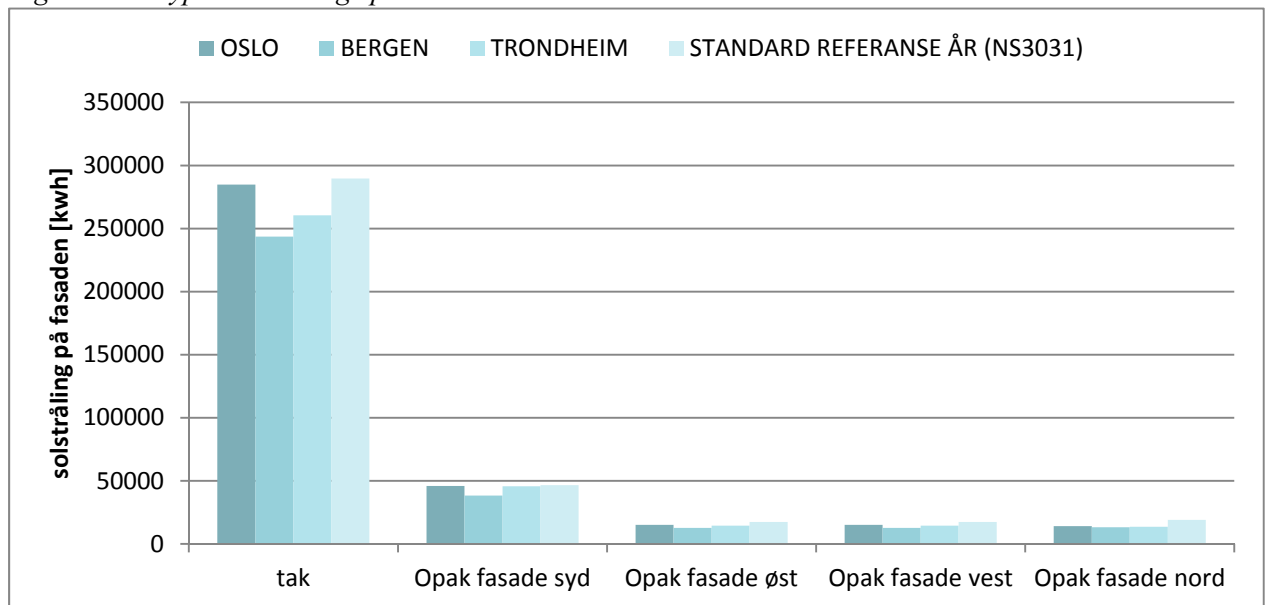
Lengde: 30 m

Høyde: 1 etg.

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.2a: Typisk barnehage plan



Figur E.2b Beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader.

### B.3 Kontorbygg

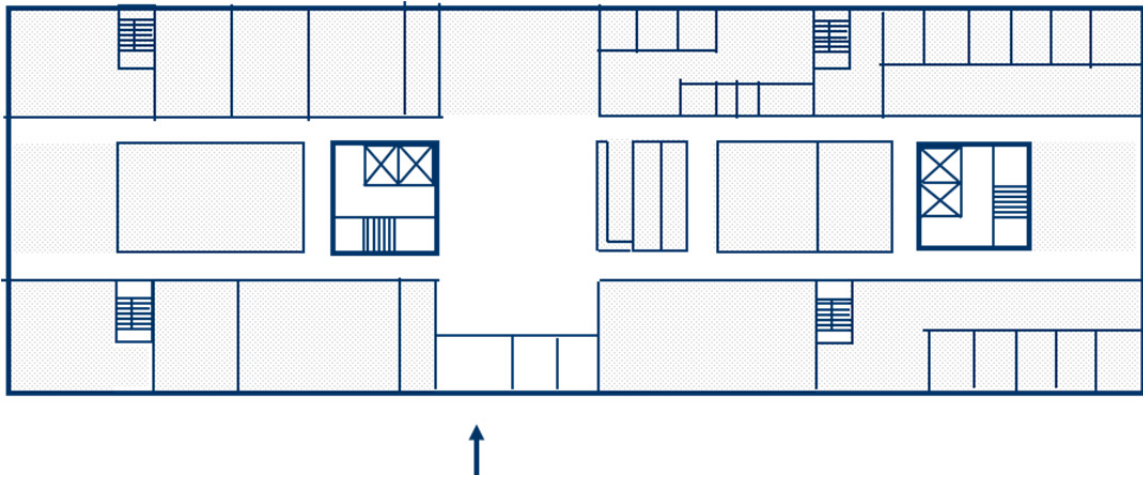
Figur E.3 viser et typisk kontorbygg i tre etasjer med grunnflate 1 200 m<sup>2</sup> (20 x 60 m). Kommunikasjonsareal + garderobe og toaletter: ~ 28 % av grunnflaten. Varmtvannbehov på 1,6W/m<sup>2</sup> (5kWh/m<sup>2</sup> a).

Bredde: 20 m

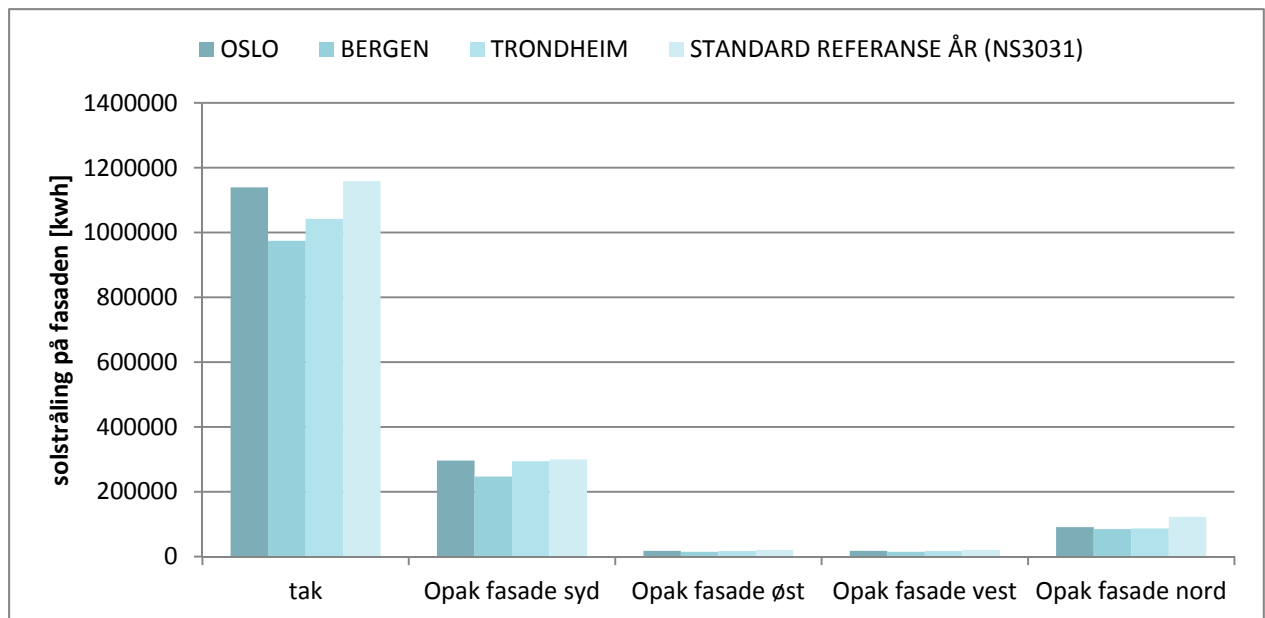
Lengde: 60 m

Høyde: 3 etg.

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.3a: Typisk kontor plan



Figur E.3b. Beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader



## B.4 Skolebygg

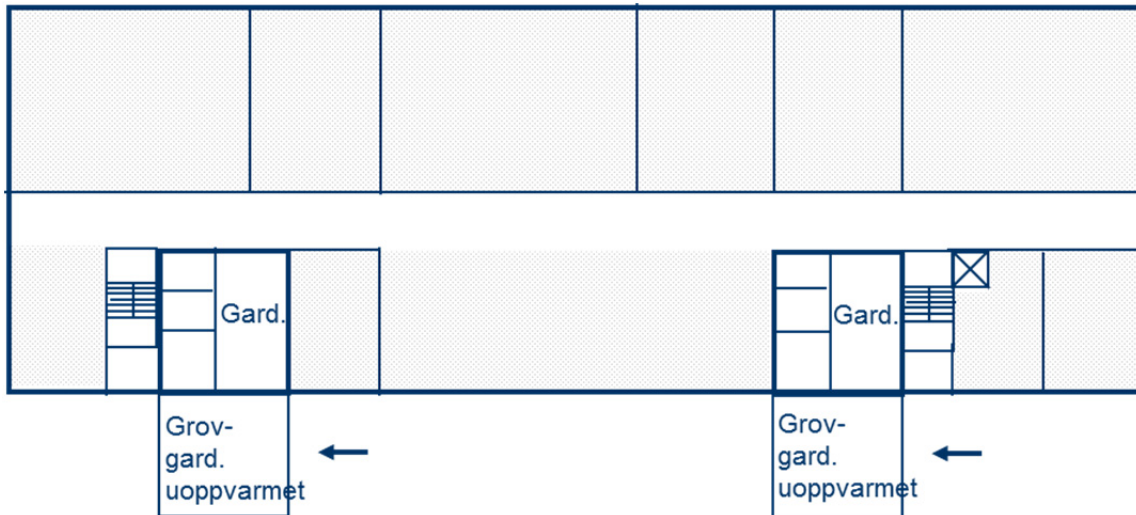
Figur E.5 viser et typisk skolebygg i to etasjer med grunnflate 1 200 m<sup>2</sup> (20 x 60 m). Kommunikasjonsareal + garderobe og toaletter: ~ 20 % av grunnflaten. Varmtvannbehov på 4,5W/m<sup>2</sup> (10kWh/m<sup>2</sup> a).

Bredde: 20 m

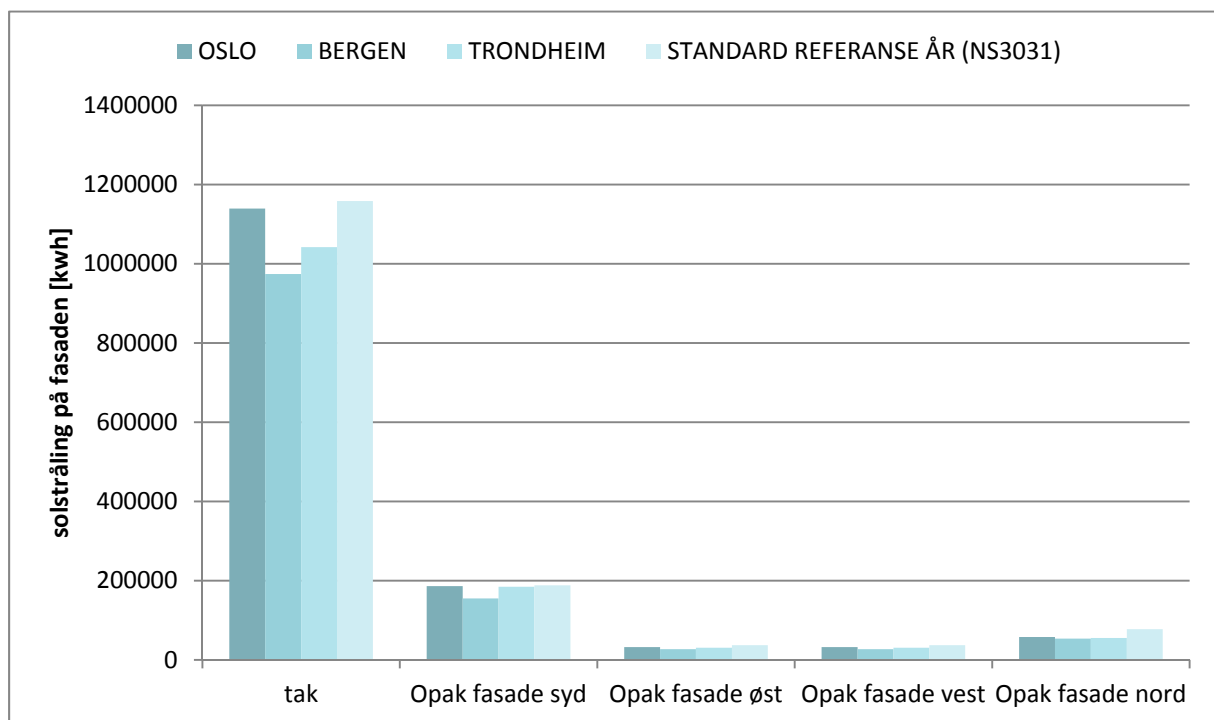
Lengde: 60 m

Høyde: 2 etg.

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.4a: Typisk skole plan



Figur E.4b Beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader

## B.5 Universitets- og høyskolebygg

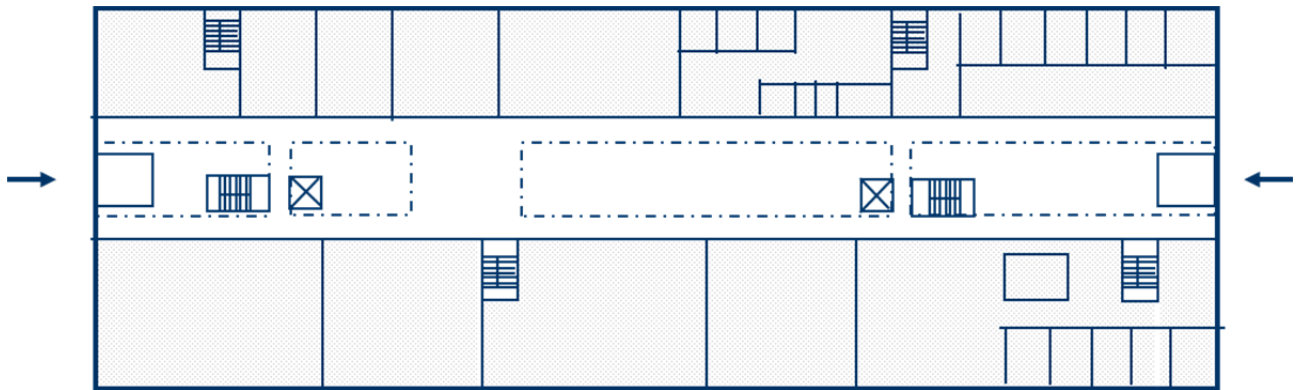
Figur E.7 viser et typisk universitets- og høyskolebygg i tre etasjer med grunnflate 1 200 m<sup>2</sup> (20 x 60 m). Kommunikasjonsareal + garderobe og toaletter: ~ 20 % av grunnflaten. Varmtvannbehov på 1,6W/m<sup>2</sup> (5kWh/m<sup>2</sup> a).

Bredde: 20 m

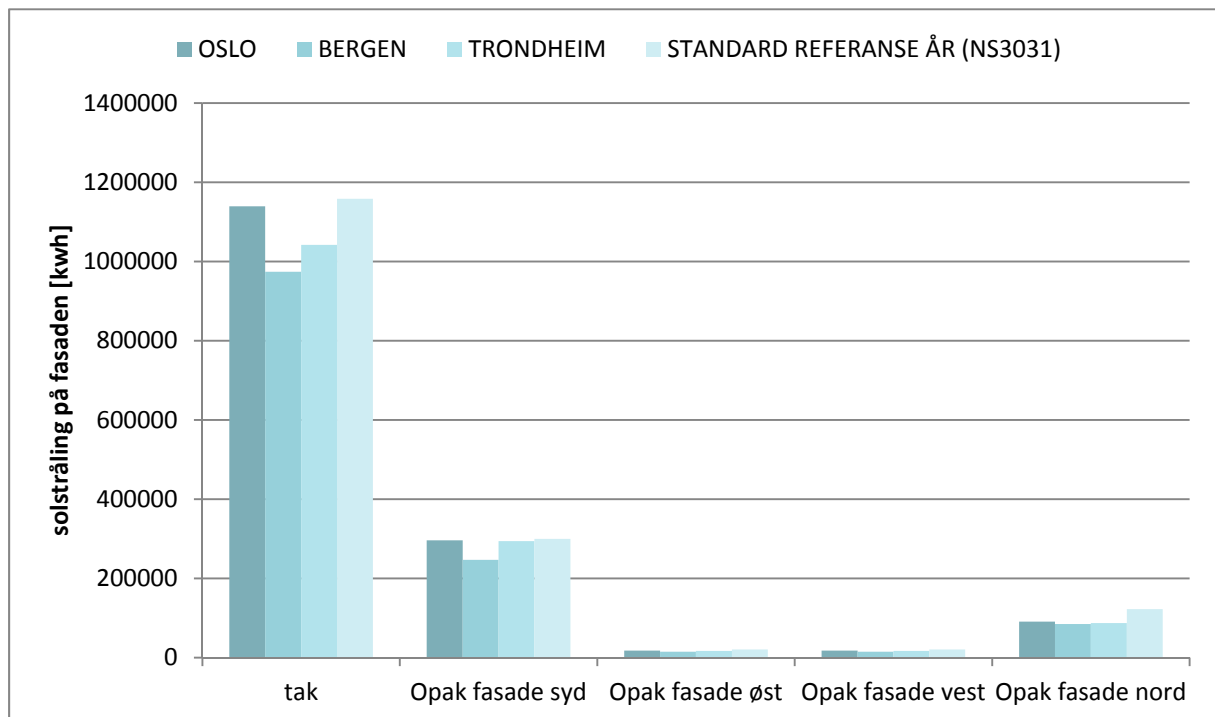
Lengde: 60 m

Høyde: 3 etg.

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.5a: Typisk universitets- og høyskolebygg



Figur E.5b Beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader

## B.6 Sykehus

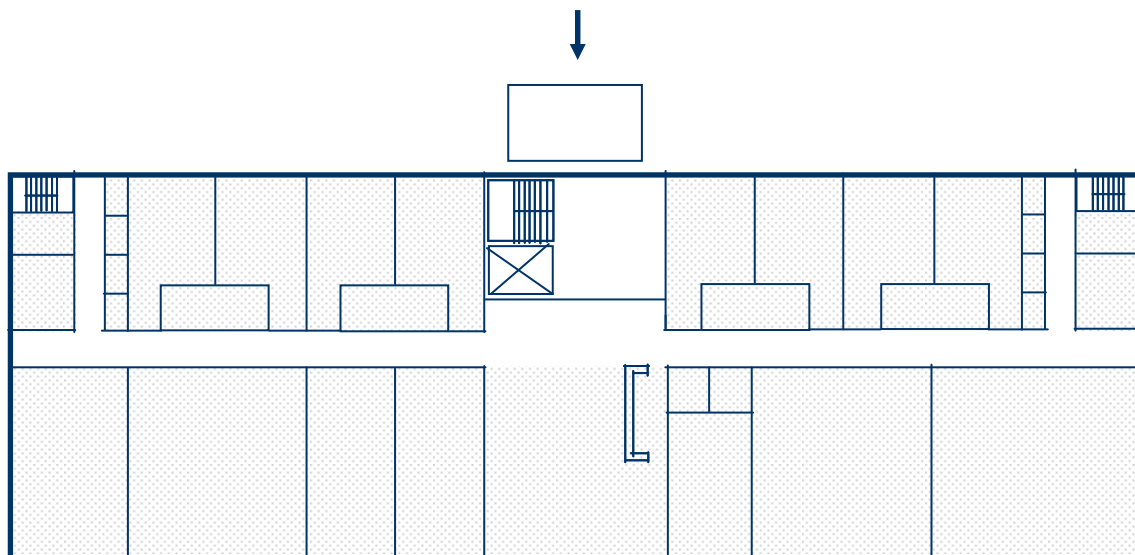
Figur E.9 viser et sykehus.

Bredde: 10 m

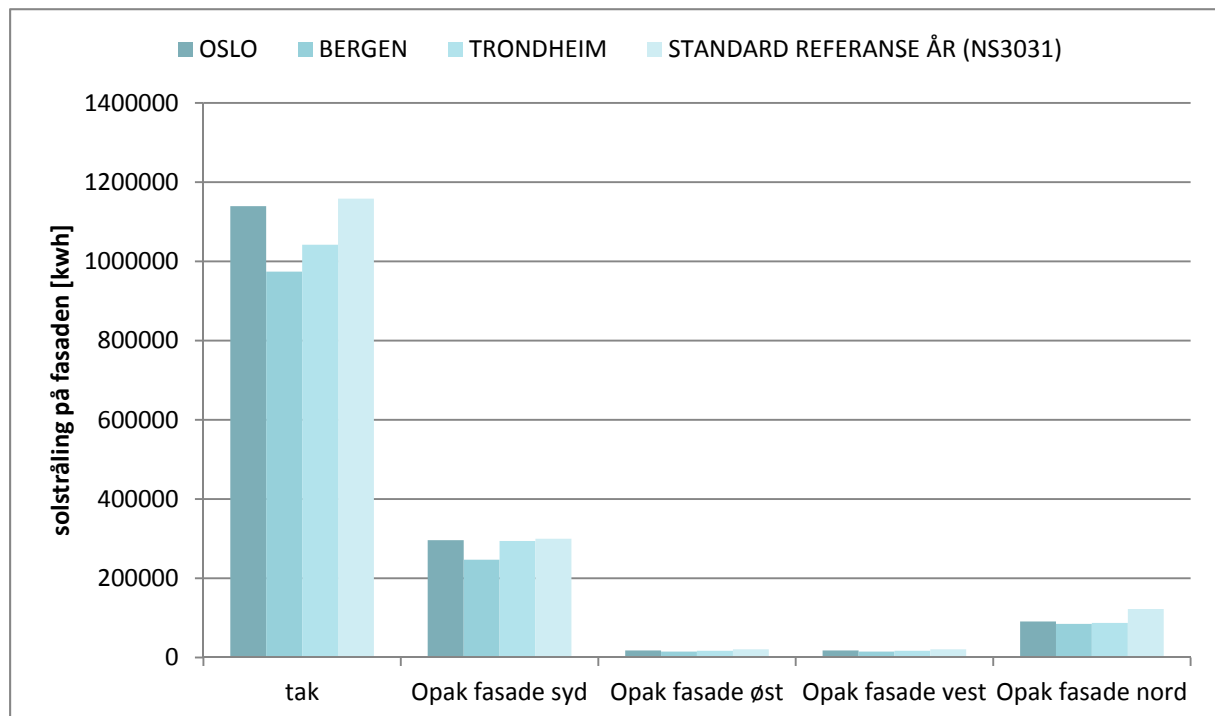
Lengde: 30 m

Høyde: 1 etg.

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.9: Typisk sykehus plan



Figur E.10 beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader

## B.7 Sykehjem

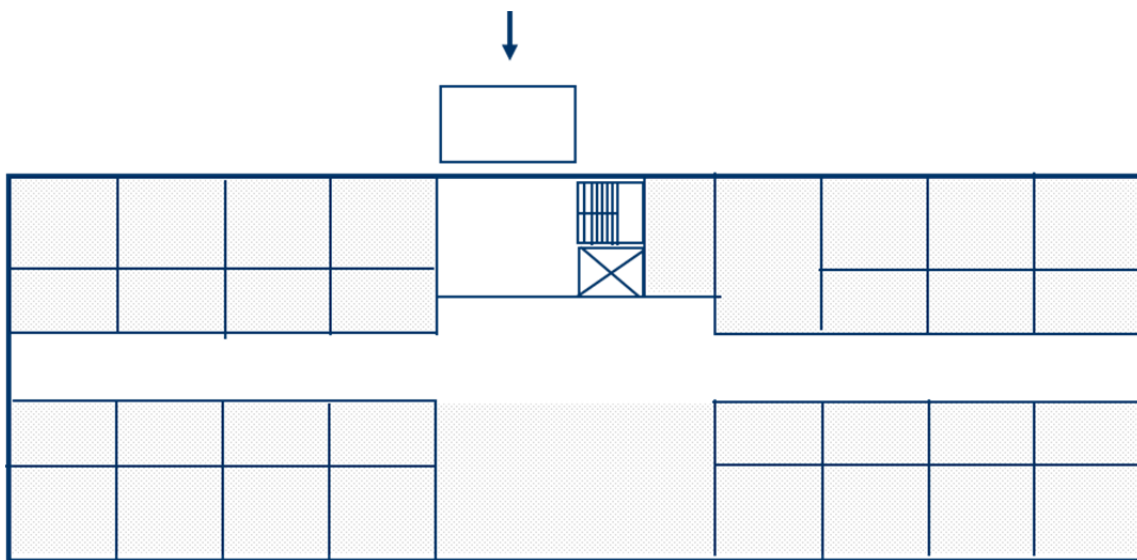
Figur E.11 viser et typisk sykehjem i to etasjer med grunnflate 1 200 m<sup>2</sup> (20 x 60 m). Kommunikasjonsareal (gåtrening): ~ 20 % av grunnflaten.

Bredde: 20 m

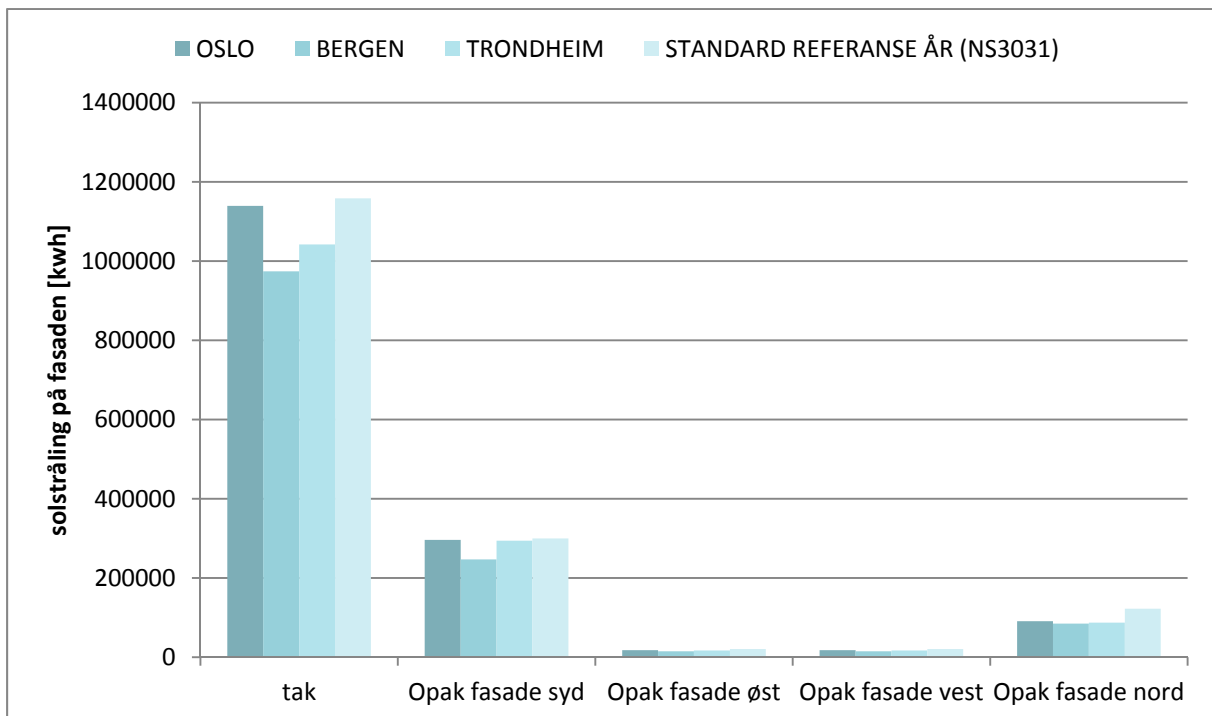
Lengde: 60 m

Høyde: 2 etg.

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.11: typisk sykehjem plan.



Figur E.12 Beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader.

## B.8 Hotell

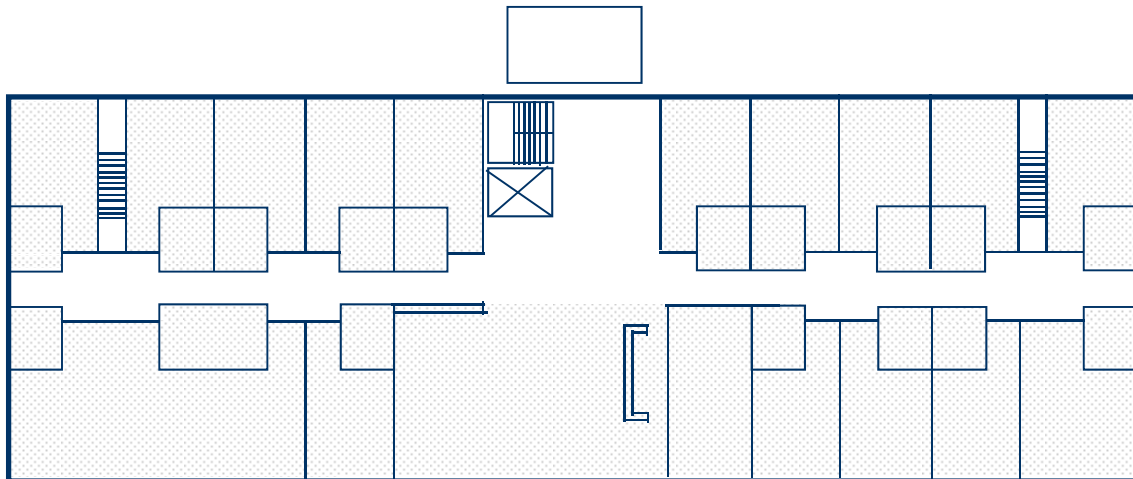
Figur E.13 viser et typisk hotell.

Bredde: 10 m

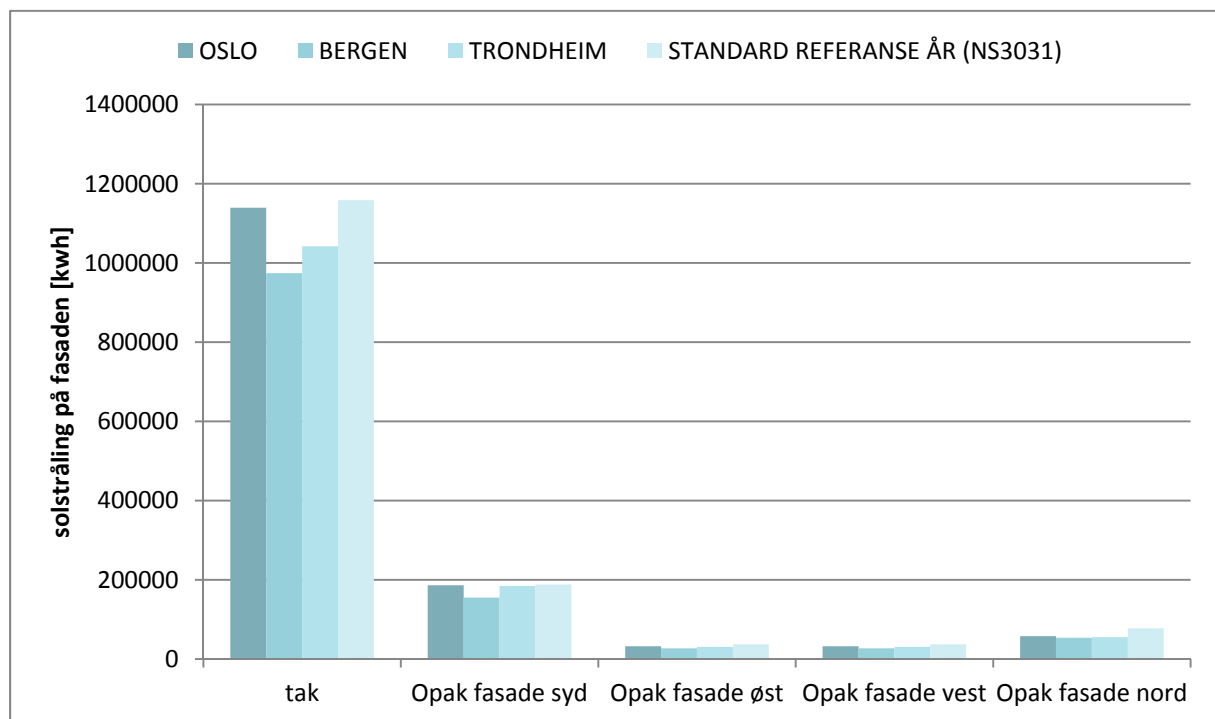
Lengde: 30 m

Høyde: 1 etg.

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.13: typisk hotell plan.



Figur E.14 Beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader.

## B.9 Idrettsbygg

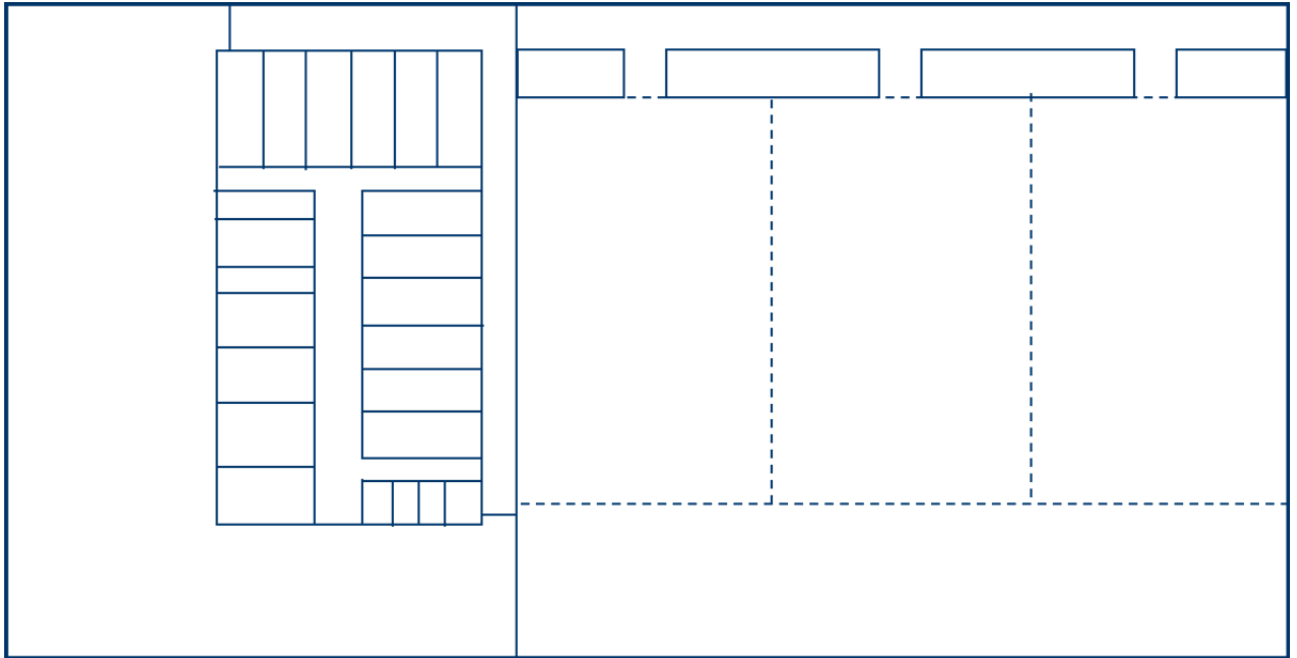
Figur E.15 viser et typisk idrettsbygg med ballhallen inkludert tribuner og lager i idrettsbygget på 2000 m<sup>2</sup>. i en etasje med grunnflate 3 200 m<sup>2</sup> (40 x 80 m). (stor hall, plass til tribuner og kafeteria)

Bredde: 40 m

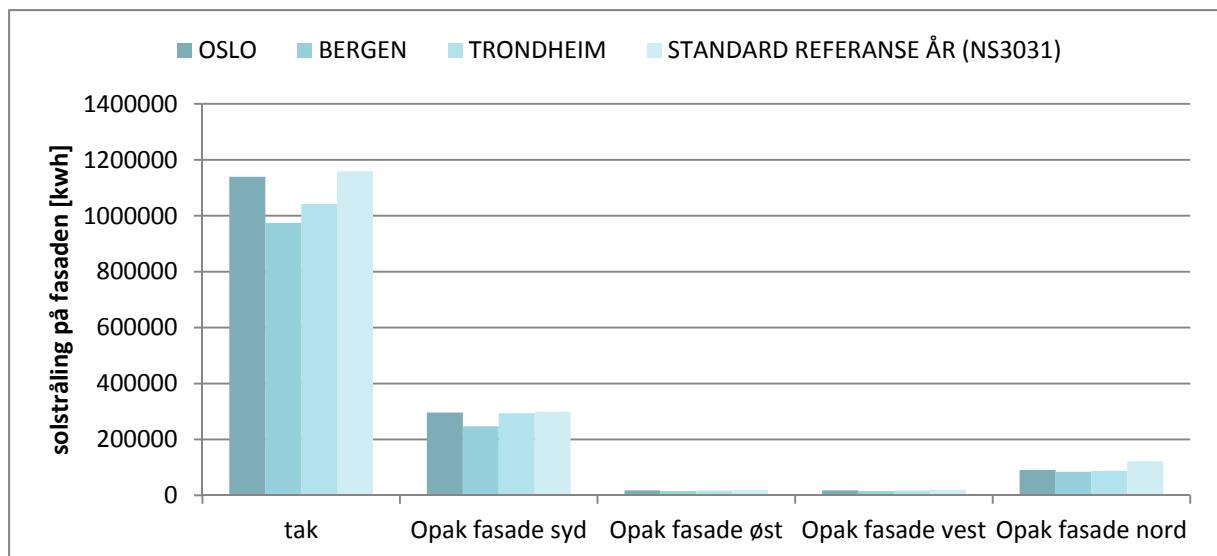
Lengde: 80 m

Høyde: 1 etg.

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.15: typisk idrettsbygg plan



Figur E.16 Beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader.

## B.10 Forretningsbygg

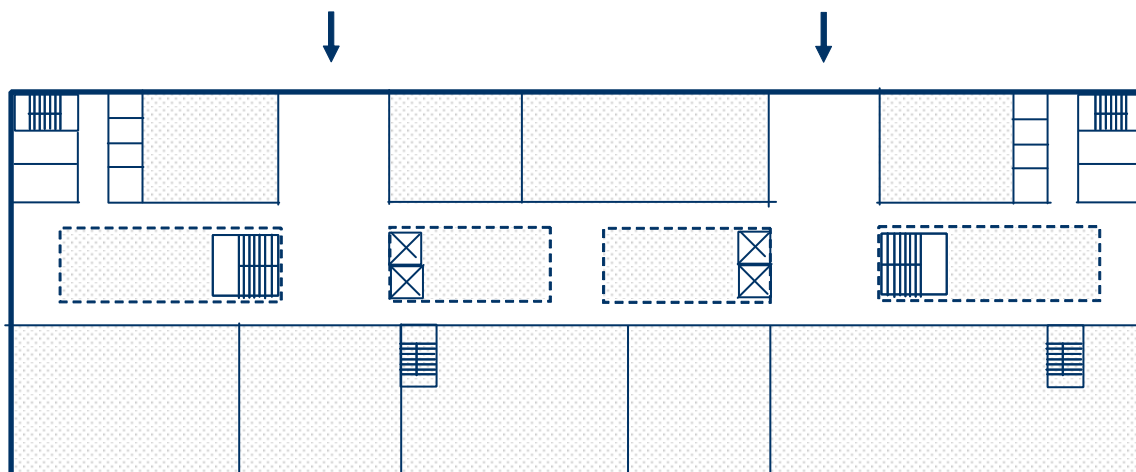
Figur E.17 viser et valgt typisk forretningsbygg.

Bredde: 10 m

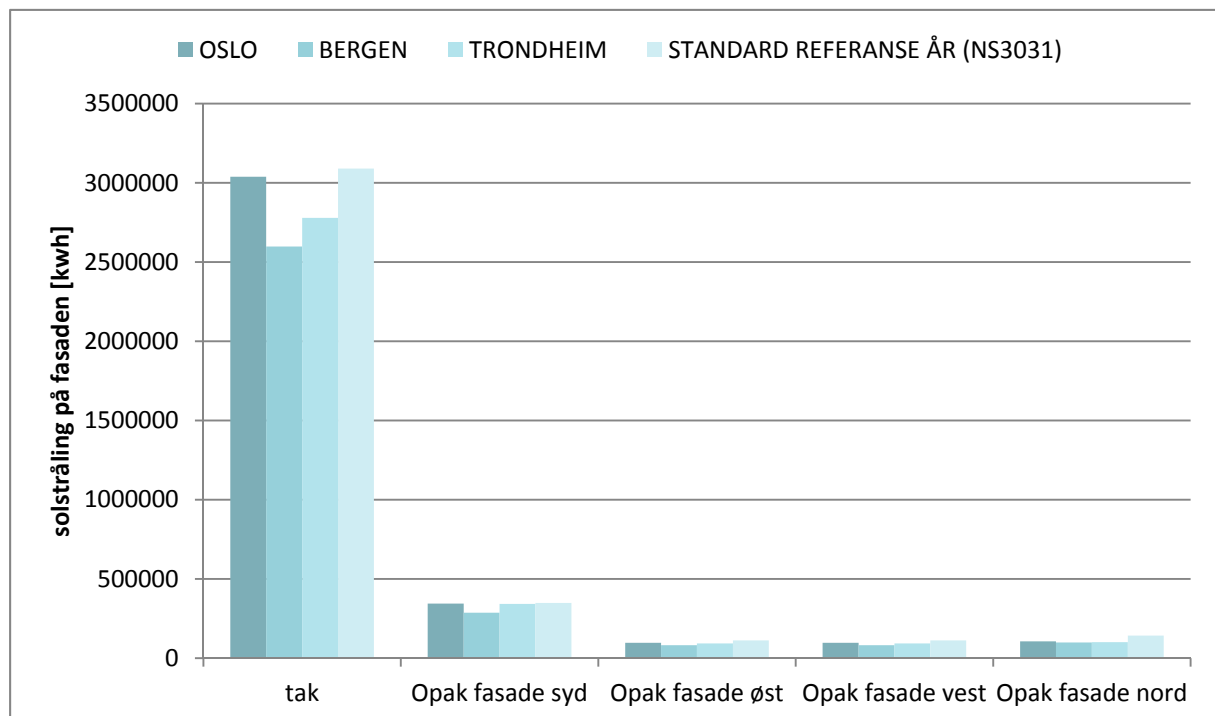
Lengde: 30 m

Høyde: 1 etg.

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.17: typisk forretningsbygg plan.



Figur E.18 Beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader.

## B.11 Kulturbygg

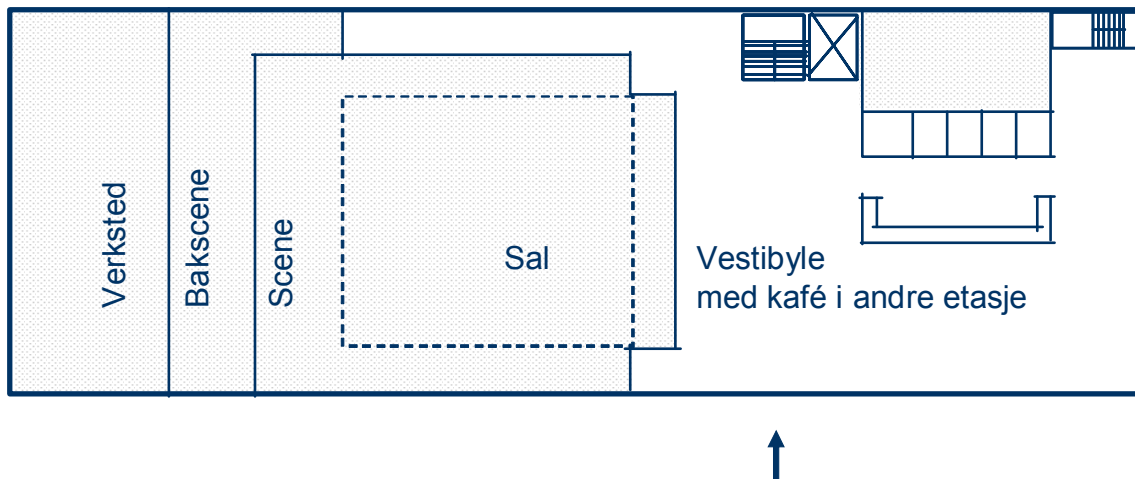
Figur E.19 viser et typisk kulturbygg.

Bredde: 10 m

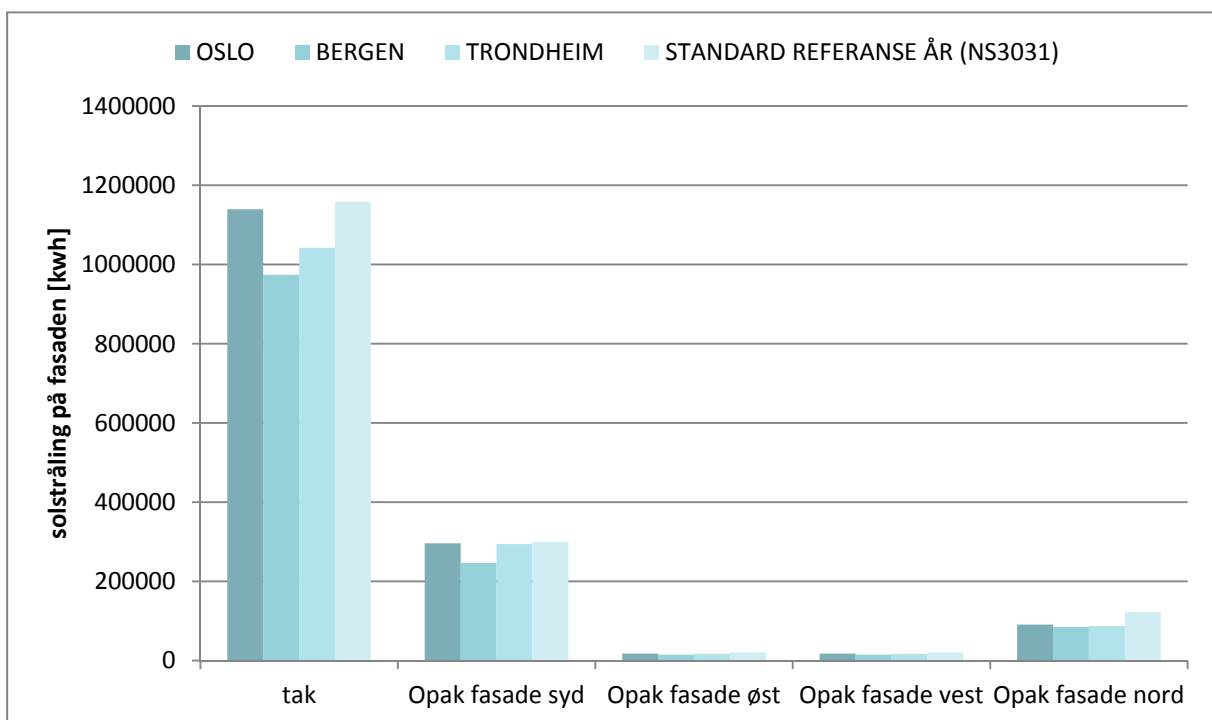
Lengde: 30 m

Høyde: 1 etg.

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.19: typisk kulturbygg plan



Figur E.20 Beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader



## B.12 Lett industri, verksteder

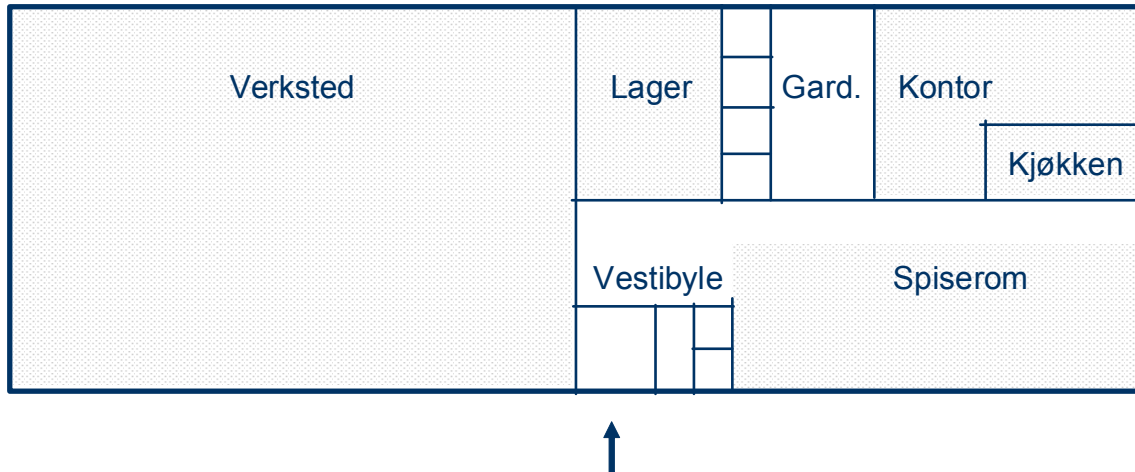
Figur E.21 viser et typisk industribygg

Bredde: 10 m

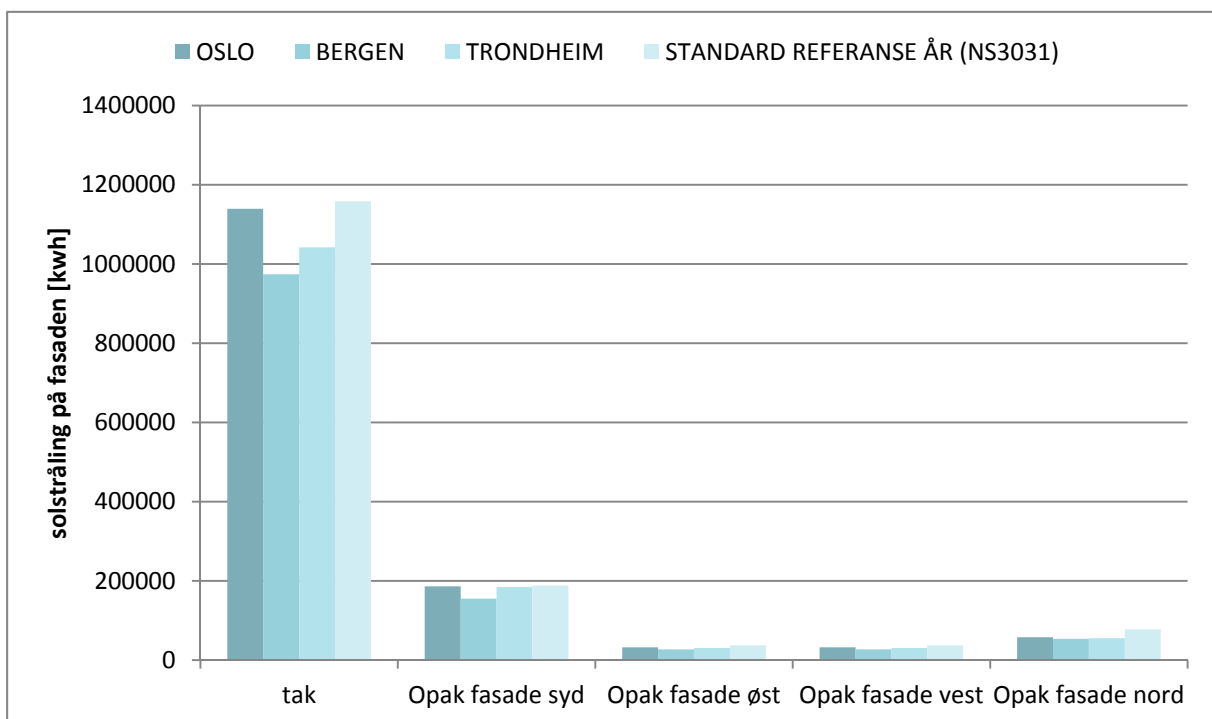
Lengde: 30 m

Høyde: 1 etg.

Arealer, se tabell B.1.



Figur E.21: typisk industribygg plan.



Figur E.22 Beregnet solstråling på sør, øst og vest orienterte fasader.

## C Vedlegg – Varmtvannsforbruk

Varmtvannforbruk oversikt av relevante litteratur.

### C.1 Varmtvannsforbruk i TEK

I Tabell C.1 til og med Tabell C.2 gis en samlet oversikt over de forutsetninger som ligger til grunn for energirammer, TEK10, når det gjelder faste inndata, ventilasjonsluftmengder m.m. Disse forutsetningene er gjengitt fra TEK10.

*Tabell C.1 Snitt effektbruk i driftstiden i W/m<sup>2</sup> og energibruk i kWh/m<sup>2</sup>år for belysning, utstyr og varmtvann [9].*

Bygningskategori	Belysning		Utstyr		Varmtvann	
	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup> år	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup> år	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup> år
<b>Småhus</b>	1,9	17	2,6	23	5,1	30
<b>Boligblokker</b>	1,9	17	2,6	23	5,1	30
<b>Barnehager</b>	8,1	21	1,9	5	3,8	10
<b>Kontorbygg</b>	8,0	25	10,9	34	1,6	5
<b>Skolebygg</b>	10,0	22	5,9	13	4,5	10
<b>Universitets- og høyskolebygg</b>	8,0	25	10,9	34	1,6	5
<b>Sykehus</b>	8,0	47	8,0	47	5,1	30
<b>Sykehjem</b>	8,0	47	3,9	23	5,1	30
<b>Hoteller</b>	8,0	47	1,0	6	5,1	30
<b>Idrettsbygg</b>	7,9	21	1,1	3	18,9	50
<b>Forretningsbygg</b>	14,9	56	1,1	4	2,7	10
<b>Kulturbygg</b>	8,0	23	1,1	3	3,5	10
<b>Ledd industri, verksteder</b>	8,0	19	9,8	23	4,3	10

*Tabell C.2 Driftstider for belysning, utstyr, personer og ventilasjon. Settpunkttemperatur for oppvarming innenfor og utenfor driftstiden. Driftstider for belysning, utstyr, personer og ventilasjon. Settpunkttemperatur for oppvarming innenfor og utenfor driftstiden [9].*

Bygningskategori	Driftstider	Settpunkttemperaturer oppvarming
	Timer/døgn/uker	I driftstiden/utenfor driftstiden (°C)
<b>Småhus</b>	16/7/52 (24/7/52) <sup>1</sup>	21/19
<b>Boligblokker</b>	16/7/52 (24/7/52) <sup>1</sup>	21/19
<b>Barnehager</b>	10/5/52	21/19
<b>Kontorbygg</b>	12/5/52	21/19
<b>Skolebygg</b> <sup>2</sup>	10/5/44	21/19
<b>Universitets- og høyskolebygg</b>	12/5/52	21/19

Sykehus	16/7/52 (24/7/52) <sup>3</sup>	21/19
Sykehjem	16/7/52 (24/7/52) <sup>3</sup>	21/19
Hoteller	16/7/52 (24/7/52) <sup>3</sup>	21/19
Idrettsbygg <sup>2</sup>	12/5/44	19/17
Forretningsbygg	12/6/52	21/19
Kulturbygg	11/5/52	21/19
Ledd industri, verksteder	9/5/52	21/19

Kommentar 1: Gjelder for innetemperaturer, belysning og utstyr. For ventilasjon og personer gjelder driftstid på 24 timer (i parentes).

Kommentar 2: For skolebygg og idrettsbygg kan det antas at byggene er ute av drift i uke 52 (juleferie) og uke 26-32 (sommerferie).

Kommentar 3: Oppholdstiden/driftstiden for personer skal settes til 24/7/52 (i parentes).

I Tabell C.3 er beregnede energirammer, fordelt på ulike energiposter, vist for alle bygningskategoriene. I kontrollberegningen til energirammene skal en kun forholde seg til energirammene, og ikke til energibehovet til ulike energiposter. Oversikten er derfor kun til informasjon. Denne tabellen er ikke en del av notatet "Nye energikrav. Bygningsmodeller og faste inndata i energirammeberegningene. Nye energirammeberegninger", som er gjengitt i dette kapittelet

Tabell C.3 Beregnet årlig netto energibehov, fordelt på energiposter, for ulike bygningskategorier (kWh/m<sup>2</sup>) [9]

	Småhus	Boligblokker	Barnehager	Kontorbygg	Skolebygg	Universitets- og høyskolebygg	Sykehus	Sykehjem	Hoteller	Idrettsbygg	Forretningsbygg	Kulturbygg	lett industri, verksteder
<b>Romoppvarming</b>	44	30	67	33	39	33	57	49	61	48	45	65	<b>67</b>
<b>Varmebatterier</b>	6	7	26	21	27	24	42	38	29	40	34	26	<b>25</b>
<b>Vannoppvarming</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Vifter og pumper</b>	8	10	23	22	25	27	54	48	35	23	42	24	<b>21</b>
<b>Belysning</b>	17	17	21	25	22	25	47	47	47	21	56	23	<b>19</b>
<b>Teknisk utstyr</b>	23	23	5	34	13	34	47	23	6	3	4	3	<b>23</b>
<b>Romkjøling</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Kjølebatterier</b>	0	0	0	24	0	30	50	0	31	0	47	26	<b>21</b>
<b>Sum netto energibehov</b>	<b>129</b>	<b>118</b>	<b>152</b>	<b>165</b>	<b>137</b>	<b>179</b>	<b>327</b>	<b>234</b>	<b>239</b>	<b>185</b>	<b>237</b>	<b>178</b>	<b>186</b>

## C.2 Målt varmtvannsforbruk

Erfaringstallene som eksisterer for energibruk til varmt tappevann er nokså mangelfulle. Her gjengis noen erfaringstall fra ulike undersøkelser.

En svensk undersøkelse (Briheim 1991) viser at forbruket i boliger varierer med antall beboere og gulvareal; 1600-2700 kWh/person eller 50-70 kWh/m<sup>2</sup> [6].

I et doktorgradsarbeid fra Volla, 1996 fremkommer følgende data for varmtvannsforbruk i sykehus og kontorbygg [4]:

- varmtvannsforbruk på sykehus 25,6 kWh/m<sup>2</sup> år (spredning 21,9-30,7), alternativt 100,8 l/pasient dag (spredning 74,8-146)
- kontorbygninger 1,82 kWh/m<sup>2</sup> år (spredning 0,96-3,41)

Det foreligger data for målt energibruk til varmt tappevann for noen bygningstyper i Modellbyggprosjektet [3], resultatene er vist i Tabell C.4.

Tabell C.4 Energibruk til varmt tappevann [3]

Bygningstype	Antall bygg med målinger av varmt tappevann	Gjennomsnittlig energibruk kWh/m <sup>2</sup> år	Spredning energibruk kWh/m <sup>2</sup> år
Høgskolebygg	4	7	1 - 22
Kontorbygg	8	5	1 - 14
Sykehjem	4	27	26 - 30
Dagligvarebutikker	3	5	2 - 10
Grunnskolebygg	6	9	4 - 16

I en undersøkelse som ble utført av SINTEF i 1999 [5] er energibruk til varmt tappevann beregnet på grunnlag av en rekke kilder. I Tabell C.5 er verdier vist for ulike bygningskategorier, basert på [5]. Verdiene avviker svært mye fra målte verdier i Modellbyggprosjektet.

Tabell C.5 Spesifikk energibruk til varmt tappevann, på grunnlag av [5]

Bygningskategori	Spesifikk energibruk kWh/m <sup>2</sup> år
Boliger	26,7
Industri- og lagerbygninger	5,3
Kontor- og forretningsbygg	15,2
Samferdsels- og kommunikasjonsbygg	18,5
Hotell- og restaurantbygg	36,3
Kultur- og forskningsbygg	19,8
Helsebygg	40,5
Fengselsbygning og beredskapsbygning	22,9
Diverse	10,1

I rapport fra SBI, Danmark [2], er det vist til energibruk knyttet til varmtvannsforbruk som vist i Tabell C.6. Disse tallene er basert på både statistikk og en del registreringer. For andre bygninger enn boliger gjelder tallene som grove gjennomsnittstall, og må derfor kun betraktes som veiledende.

Tabell C.6 Veiledende gjennomsnittsverdier for ulike "bygningstyper"

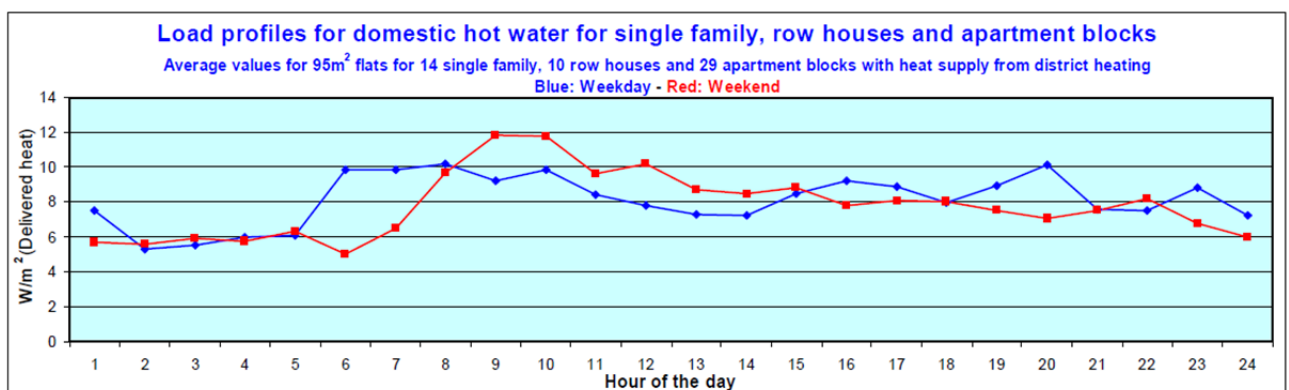
Bygningstype/"bygningens anvendelse"	Energibruk kWh/m <sup>2</sup> pr år
<b>Boliger</b>	10 - 24
<b>Kontor, handel, skoler, forskningslaboratorier, biograf, bibliotek, museum, industri, transport- og garasjeanlegg</b>	7
<b>Daginstitutioner, kaserner, fengsler, ferieformål, feriebyer, idrettshaller, svømmehaller</b>	28
<b>Sykehus, sykehjem, hotell, servicevirksomhet, pleiehjem, døgninstitusjon</b>	35

For bolighus kan energibehov til varmt tappevann beregnes på grunnlag av formel oppgitt i [1]:

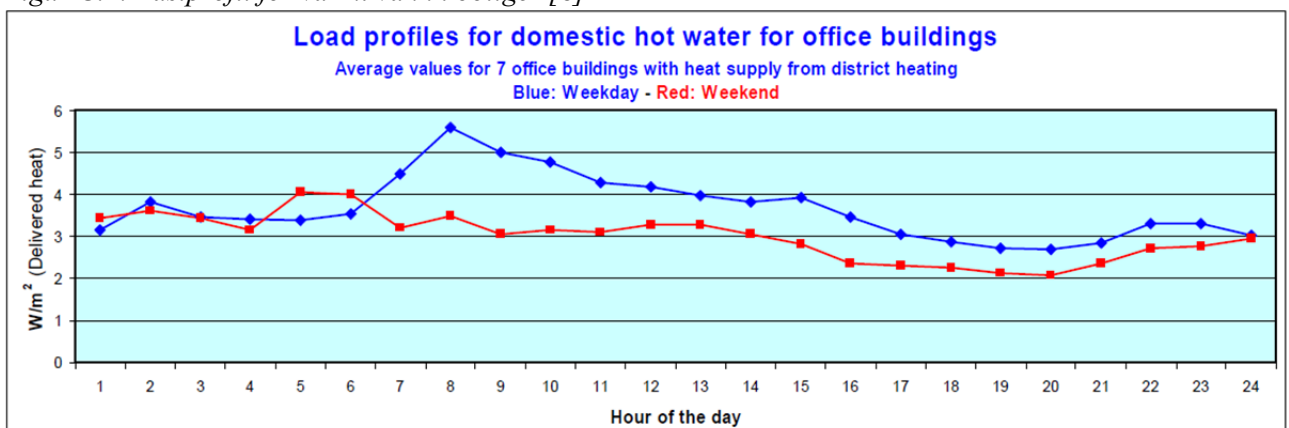
$$E = 4300 + 700 \cdot (p-3), \text{ der } p \text{ er antall personer}$$

Dersom det forutsettes at areal per person er 48 m<sup>2</sup> (Husbanken/SSB), blir energibehov til varmt tappevann for bolighus 35 kWh/m<sup>2</sup>år.

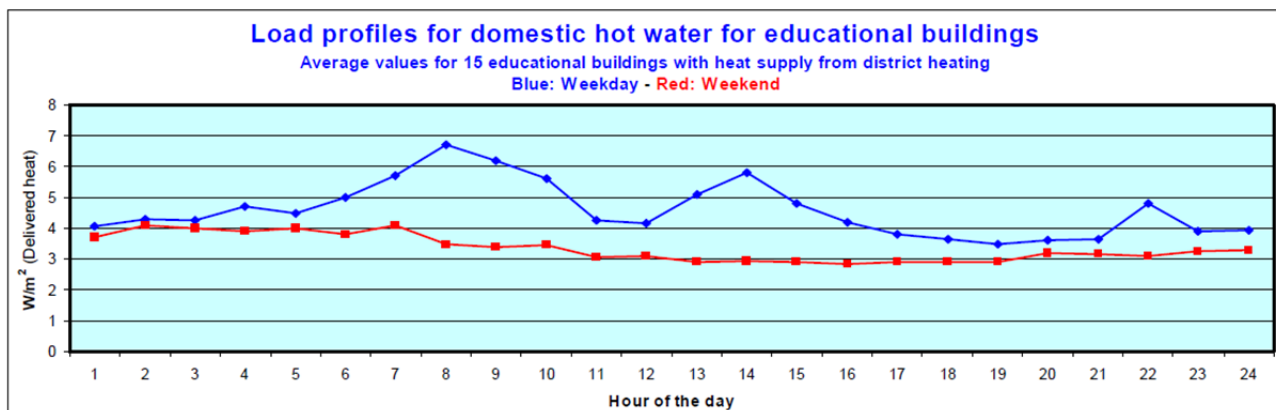
I Ulseth et al. (2014) er lastprofiler for varmt vann for bygninger med varmetilførsel fra fjernvarme presentert [8]. Lastprofilene er basert på timeverdier målt ved vanlig varmemåler og viser gjennomsnittlig spesifikke verdier for eneboliger og leiligheter blokker, kontorbygg, undervisningsbygg, sykehus bygninger og hotell- og restaurantbygninger. I tillegg ble estimerte verdier for systemet effektiviteten av varmtvannssystem i bygningene presentert.



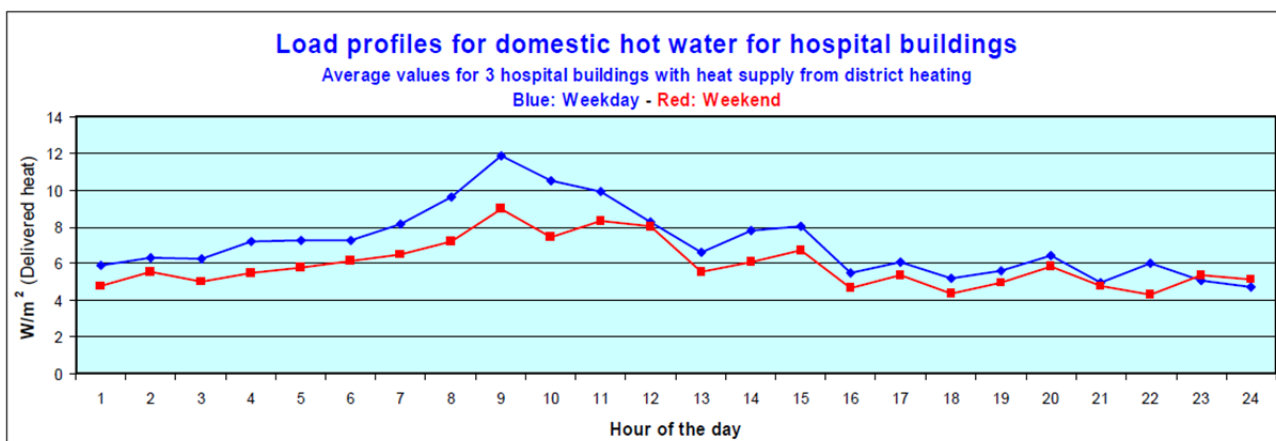
Figur C.1: Lastprofil for varmt vann i boliger [8]



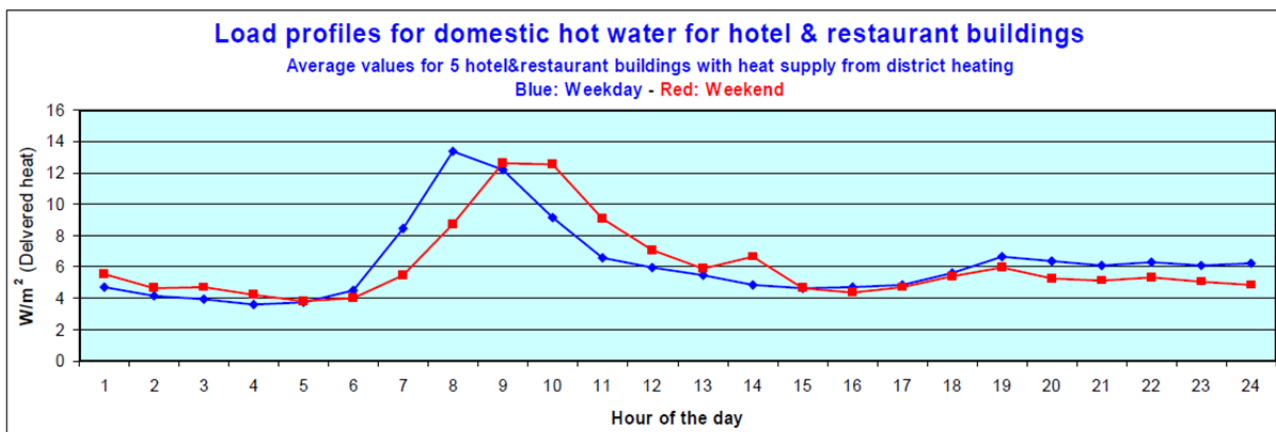
Figur C.2: Lastprofil for varmt vann i kontor bygg [8]



Figur C.3: Lastprofil for varmt vann i skole bygg [8]



Figur C.4: Lastprofil for varmt vann i sykehus [8]



Figur C.5: Lastprofil for varmt vann i hoteller og restauranter [8]

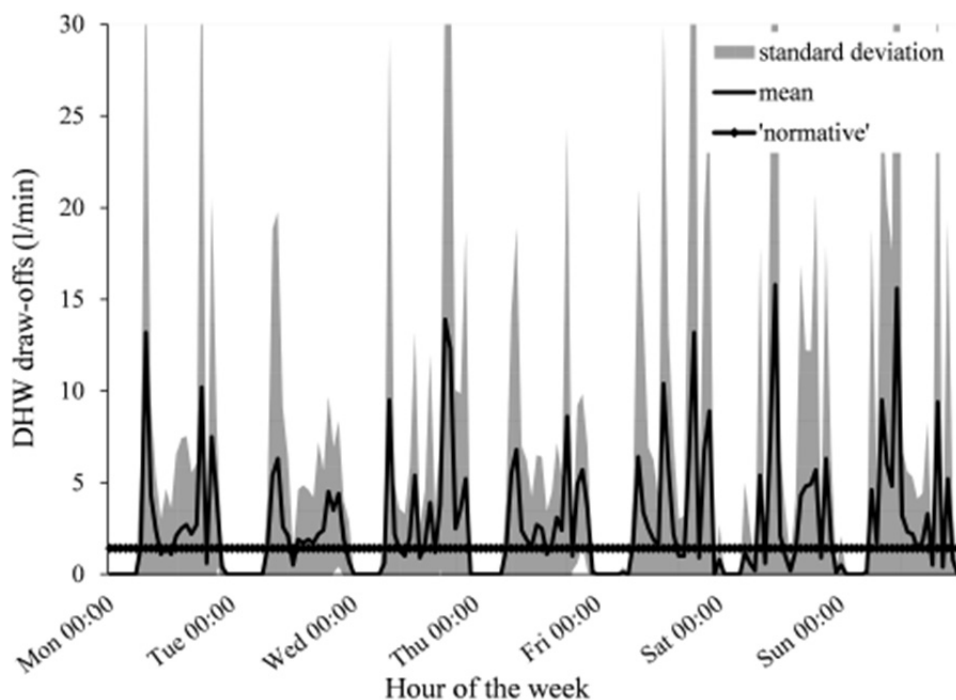
Tabell C.7 effekt og varmetap av DHW systemer i ulike bygningskategorier

	Estimert gjennomsnitt varmetap fra DHW system i bygningen	Gjennomsnitt total levert effekt til DHW system i bygningen		Estimert system efficiency av DHW system i bygningen	
	(W/m <sup>2</sup> ) (A)	(W/m <sup>2</sup> ) (B)		(B – A)/levert varme)	
		Ukedager	Helg	Ukedager	Helg
<b>bolig (95 m<sup>2</sup>)</b>	5	8.1	7.8	0.4	0.35
<b>kontor</b>	2	3.7	3	0.45	0.35
<b>Skole</b>	3	4.6	3.4	0.35	0.1

sykehus	4	7.1	5.9	0.45	0.3
hotell og restaurants	4	6.2	6.1	0.35	0.35

### C.3 Brukerpåvirkning

I sine phd avhandling viste Dar (2014) hvordan bruker kan påvirke varmtvannsforbruk [7].



Figur C.6: lastprofil for varmt vann i bolig, målt med standard avvik og normalisert (etter TEK)[7]

Funnene videre påpeker de store tap knyttet til varmtvanns distribusjonssystem og lagertanken. Studien viser at store deler av varmtvanns distribusjon og lagring tapene oppstår utenfor varmeperioder, og kan ikke bidra mot romoppvarming behov mens i sommersesongen utnytting av spesielt varmtvannstapene er svært begrenset. Således reduserer disse tapene i betydelig grad den totale ytelse av systemet. Designstrategier, derfor trenger å fokusere på dette problemet i byggeplanen forberedelsesfasen for å redusere avvik mellom varmtvannstjenestene, og gjennom anvendelse av effektive lagringsstrategier sammen med bedre isolasjon av distribusjonsnett.

### C.4 Referanser

- [1] Novakovic, V. et al. *Enøk i bygninger*. SINTEF, 1996
- [2] Thomsen, K. E., Aggerholm, S. Beregning av brutto energiforbrug. SBI-meddelelse 129. Danmark, 2000
- [3] Enovas byggoperatør. *Modellbyggprosjektet. Måling av formålsdelt energibruk i 26 bygninger*. 2002.
- [4] Volla, R. Consumer heating systems for district heating - development by system simulations and service hot measurements. NTH, 1996.
- [5] Tokle, T., Tønnesen, J, Enlid, E. Status for energibruk, energibærere og CO<sub>2</sub>-utslipp for den norske bygningsmassen. Rapport A 4887. SINTEF, 1999
- [6] Briheim, B. 1991. Solvarmt tappvarmvatten i flerbostadshus.

- [7] Dar, Usman, Influence of occupants' behavior on the performance of Net-Zero Emission Buildings, Thesis for the degree of Philosophiae Doctor, NTNU, Trondheim, June 2014
- [8] Rolf Ulseth, Maria Justo Alonso and Linda Pedersen Haugerud, MEASURED LOAD PROFILES FOR DOMESTIC HOT WATER IN BUILDINGS WITH HEAT SUPPLY FROM DISTRICT HEATING, proceedings of the 14th International Symposium on District Heating and Cooling, September 7th to September 9th, 2014, Stockholm, Sweden
- [9] TEK10, DNBK,



## D Vedlegg – Simuleringsresultater

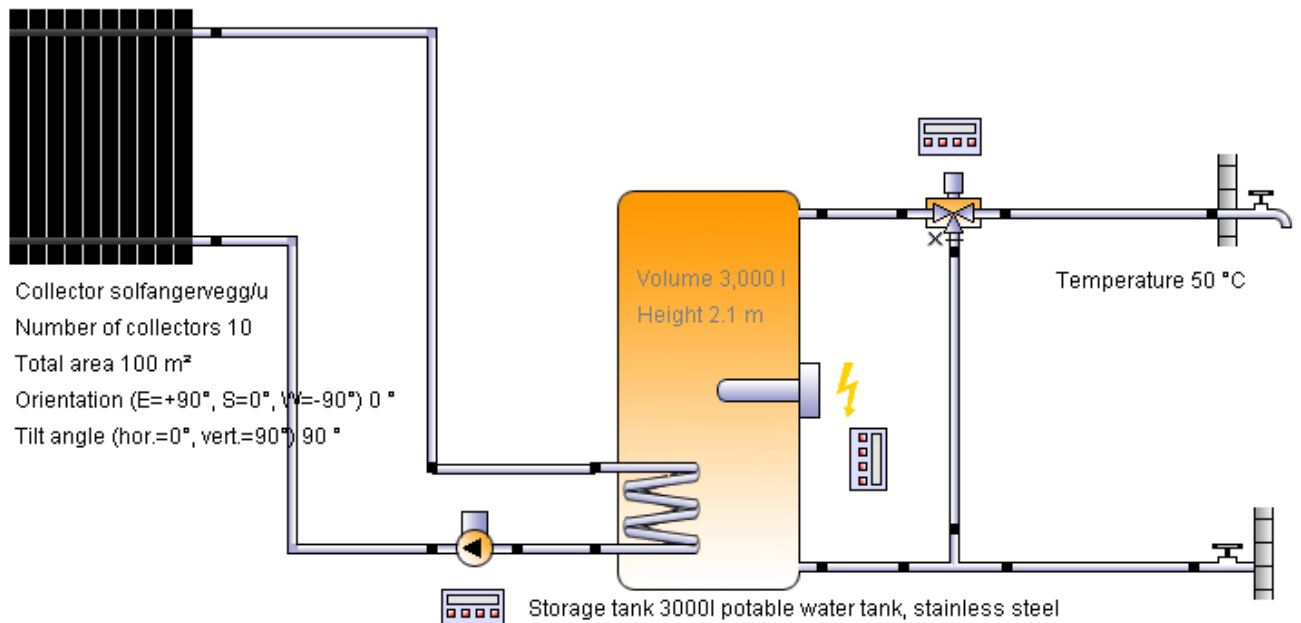
Ekspert rapporter fra polysun, en for hver bygningskategori (5 x 6 sider):

- Boligblokker
- Kontor
- Hotell
- Idrettsbygg
- Lett industri / verksted

### D.1 BOLIGBLOKK

#### Solfangervegg

Boligblokk



#### Location of the system

Norway  
 OSLO  
 Longitude: 10.75°  
 Latitude: 59.93°  
 Elevation: 154 m

#### This report has been created by:

Matthias Haase  
 Alfred Getz vei 3  
 NO-7465 Trondheim

#### Comments on the project

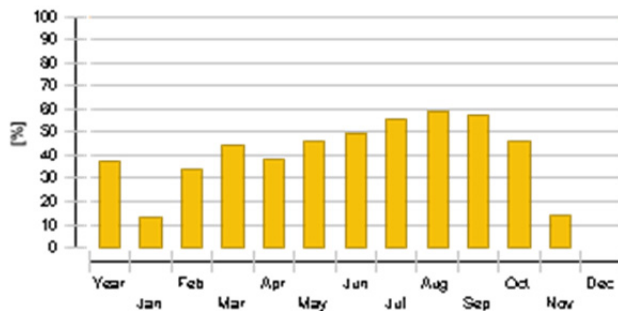
gulv as

#### System overview (annual values)

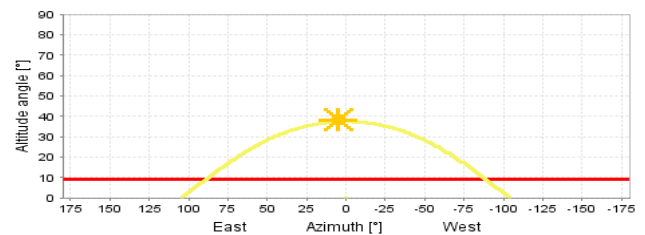
Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]	16,015.1 kWh
Total energy consumption [Quse]	22,819.7 kWh
System performance (Quse / Etot)	1.42

Comfort demand	Energy demand covered
<b>Overview solar thermal energy (annual values)</b>	
Collector area	100 m <sup>2</sup>
Solar fraction total	37.6%
Total annual field yield	9,066.3 kWh
Collector field yield relating to gross area	90.7 kWh/m <sup>2</sup> /Year
Collector field yield relating to aperture area	90.7 kWh/m <sup>2</sup> /Year
Max. energy savings	9,544.2 kWh
Max. reduction in CO2 emissions	5,119.5 kg

**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SF<sub>n</sub>]**



**Horizon line**



**Meteorological data-Overview**

Average outdoor temperature	6.6 °C
Global irradiation, annual sum	946.9 kWh/m <sup>2</sup>
Diffuse irradiation, annual sum	457.9 kWh/m <sup>2</sup>

**Component overview (annual values)**

Collector solfangerrveg	solfangervegg/u	
Data Source		u137677
Number of collectors		10
Number of arrays		10
Total area	m <sup>2</sup>	100
Total aperture area	m <sup>2</sup>	100
Total absorber area	m <sup>2</sup>	100
Tilt angle (hor.=0°, vert.=90°)	°	90
Orientation (E=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0
Collector field yield [Q <sub>sol</sub> ]	kWh	9,066.3
Irradiation onto collector area [E <sub>sol</sub> ]	kWh	85,005.7
Collector efficiency [Q <sub>sol</sub> / E <sub>sol</sub> ]	%	10.7
Direct irradiation after IAM	kWh	43,671.2
Diffuse irradiation after IAM	kWh	35,743.2
<b>Hot water demand boligblokk</b>	<b>Constant</b>	
Volume withdrawal/daily consumption	l/d	1,200.7
Temperature setting	°C	50
Energy demand [Q <sub>dem</sub> ]	kWh	22,101.7
<b>Pump Solar loop pump</b>	<b>Pump, large</b>	
Circuit pressure drop	bar	0.373
Flow rate	l/h	4,000

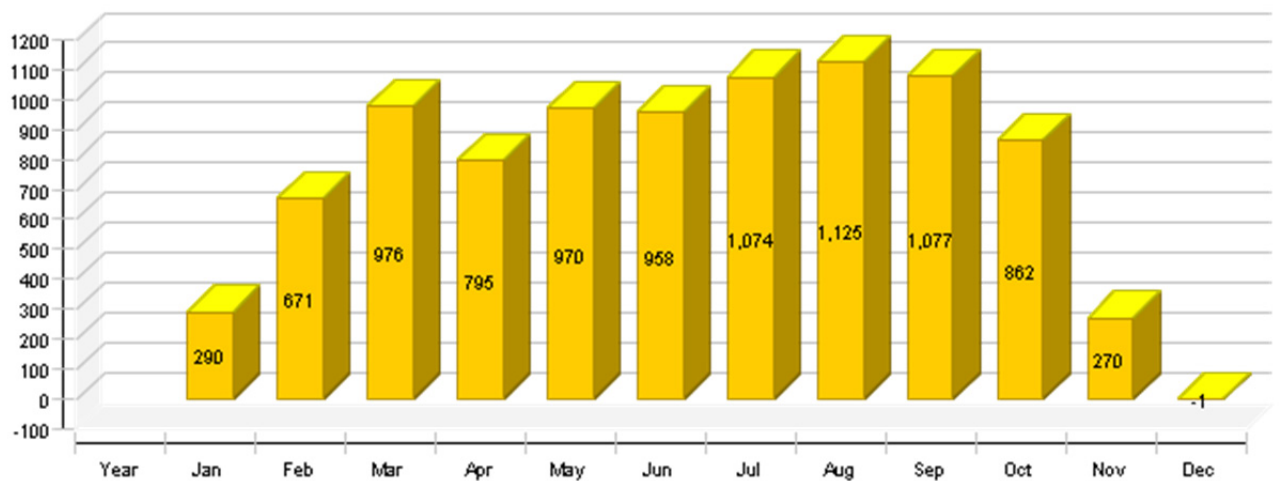
Fuel and electrical energy consumption [Epar]	kWh	165.9
<b>Storage tank 3</b>	<b>3000l potable water tank, stainless steel</b>	
Volume	l	3,000
Height	m	2.1
Material		Stainless steel
Insulation		Rigid PU foam
Thickness of insulation	mm	100
Heat loss	kWh	702.4
Connection losses	kWh	99.1

**Loop**

<b>Solar loop</b>		
Fluid mixture		Ethylene mixture
Fluid concentration	%	33.3
Fluid domains volume	l	119.3
Pressure on top of the circuit	bar	4

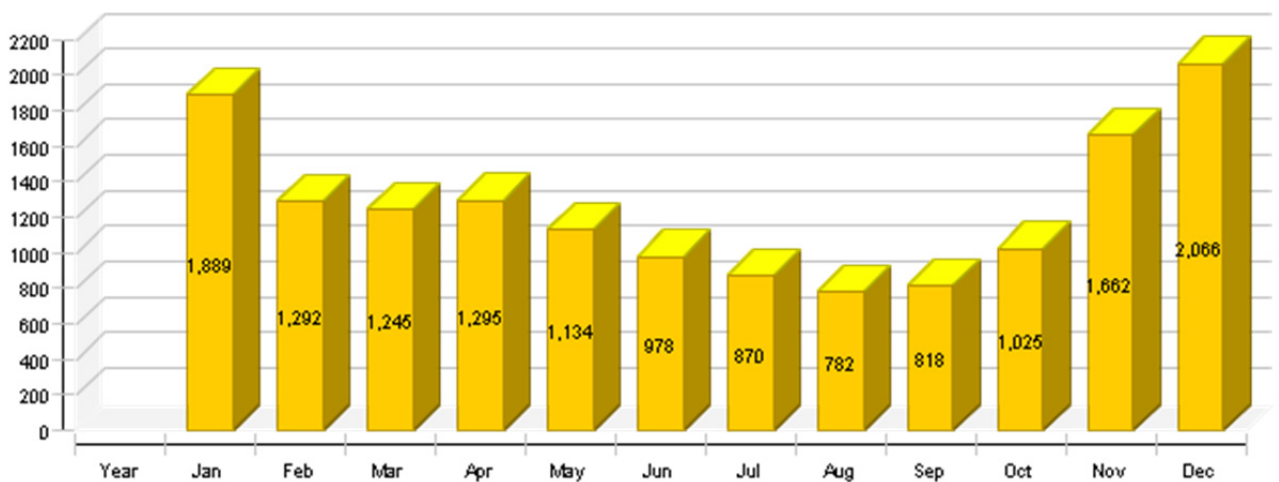
**Solar thermal energy to the system [Qsol]**

**kWh**



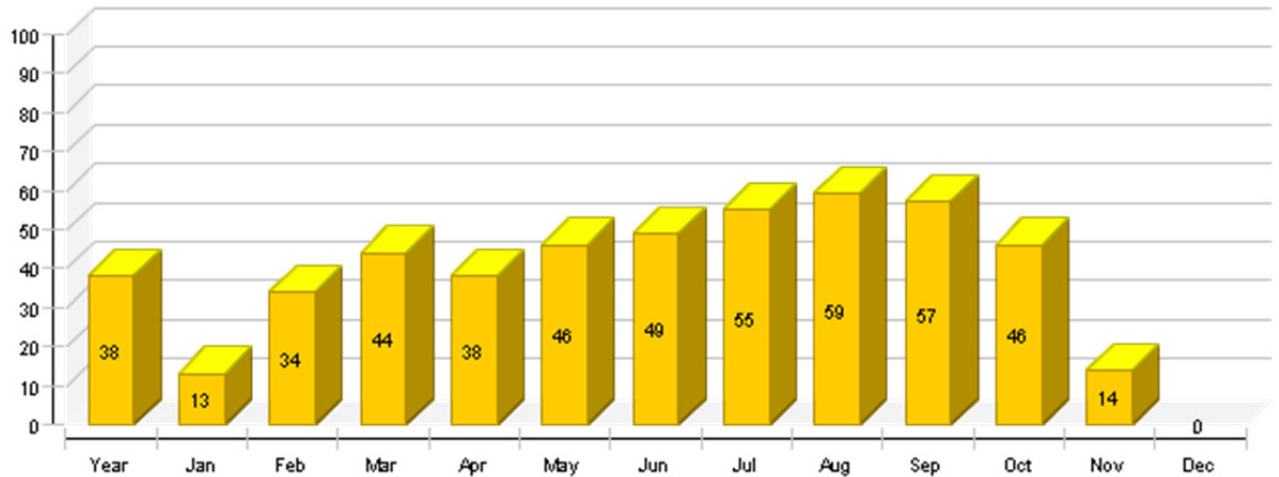
**Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux]**

**kWh**

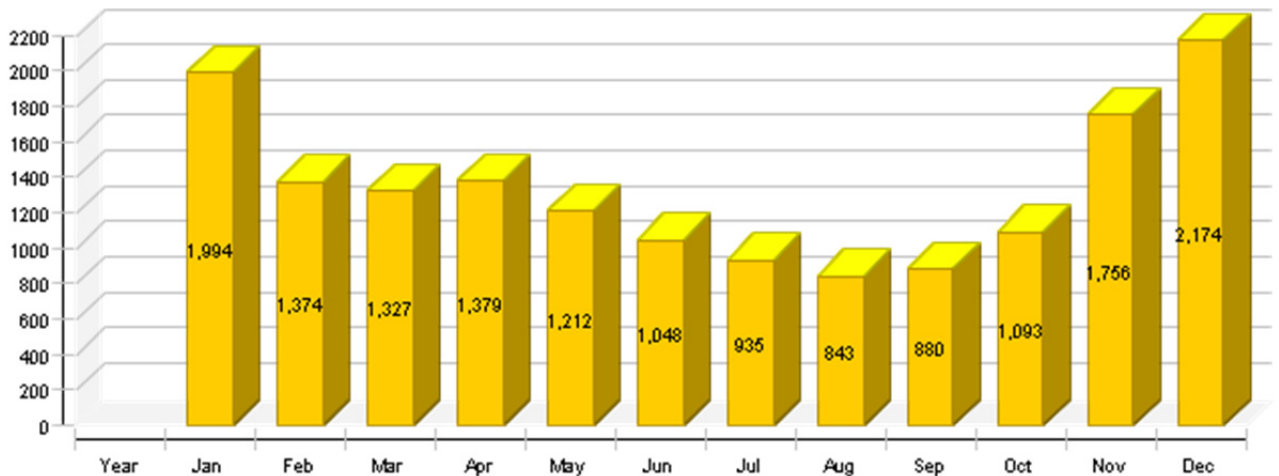


**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]**

**%**



**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot] kWh**



Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Solar thermal energy to the system [Qsol]**

kWh	9066	290	671	976	795	970	958	1074	1125	1077	862	270	-1
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	-----	-----	----

**Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux]**

kWh	1505	1889	1292	1245	1295	1134	978	870	782	818	1025	1662	2066
	7												

**Heat generator fuel and electrical energy consumption [Eaux]**

kWh	1584	1988	1360	1311	1364	1194	1030	916	823	861	1078	1750	2174
	9												

**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]**

%	37.6	13.3	34.2	43.9	38	46.1	49.5	55.2	59	56.8	45.7	14	0
---	------	------	------	------	----	------	------	------	----	------	------	----	---

**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]**

kWh	1601	1994	1374	1327	1379	1212	1048	935	843	880	1093	1756	2174
	5												

**Irradiation onto collector area [Esol]**

kWh	8500	1825	6077	1003	9036	1021	9655	9658	1014	9383	6597	2046	329
	6			7		7			5				

**Electrical energy consumption of pumps [Epar]**

kWh	166	6	14	16	15	19	18	19	19	19	15	6	0
-----	-----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---

**Heat loss to indoor room (including heat generator losses) [Qint]**

kWh	1973	198	171	179	161	152	137	139	144	150	166	179	197
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Heat loss to surroundings (without collector losses) [Qext]**

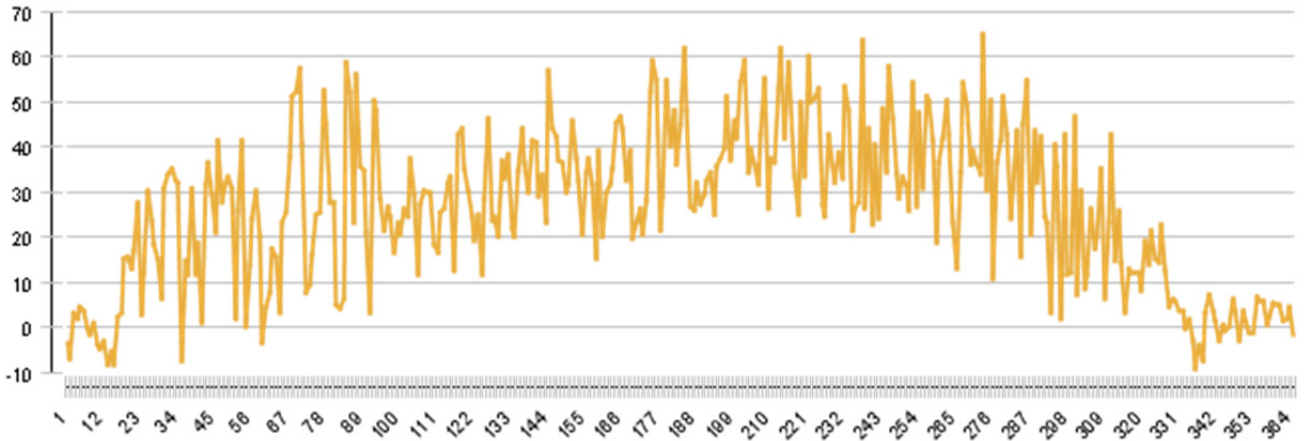
kWh	290	10	27	33	27	29	28	29	31	34	29	11	0
-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

**Total energy consumption [Quse]**

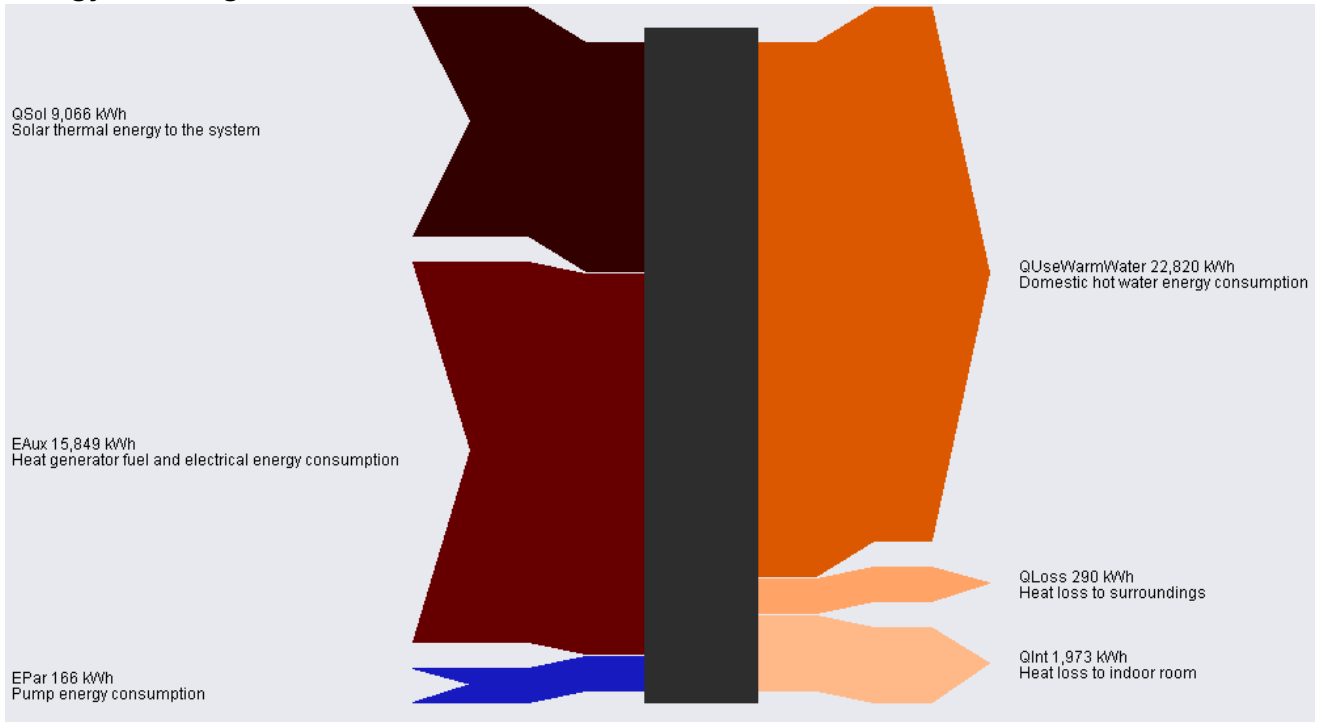
kWh	2282 0	2044	1881	2078	1977	1977	1838	1832	1796	1739	1837	1839	1981
-----	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

**Collector solfangerveg**

**Daily maximum temperature [ °C]**



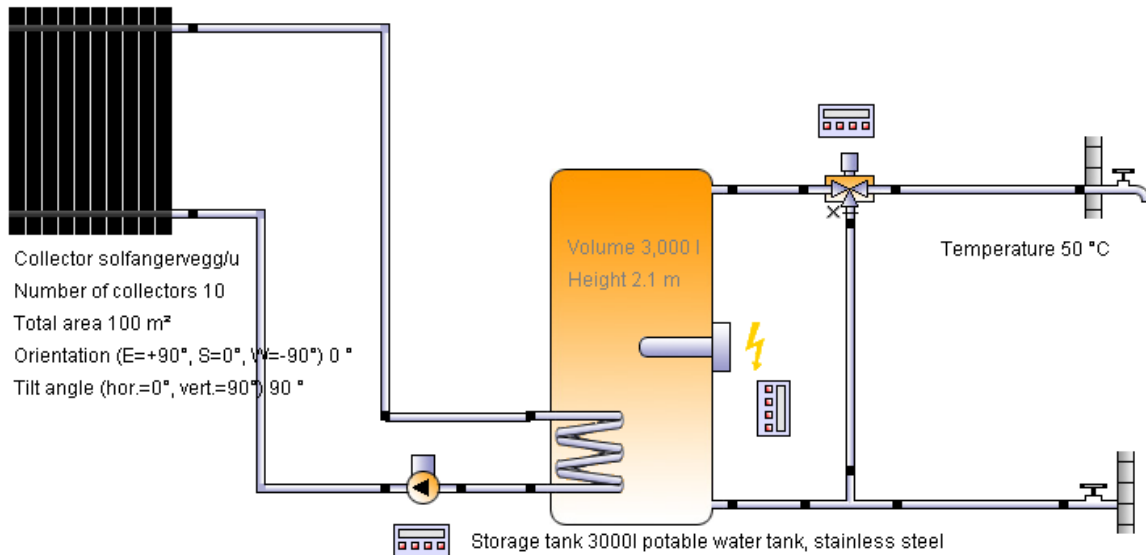
**Energy flow diagram**



## D.2 KONTOR

### Solfangervegg

kontor



#### Location of the system

Norway  
 OSLO  
 Longitude: 10.75°  
 Latitude: 59.93°  
 Elevation: 154 m

#### This report has been created by:

Matthias Haase  
 Alfred Getz vei 3  
 NO-7465 Trondheim

#### Comments on the project

gulv as

#### System overview (annual values)

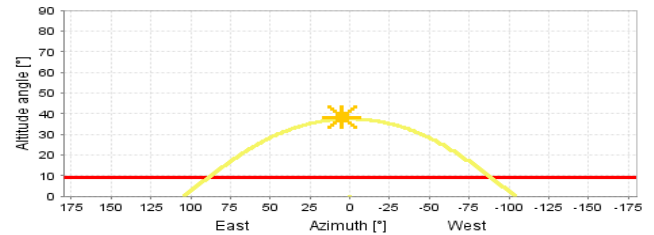
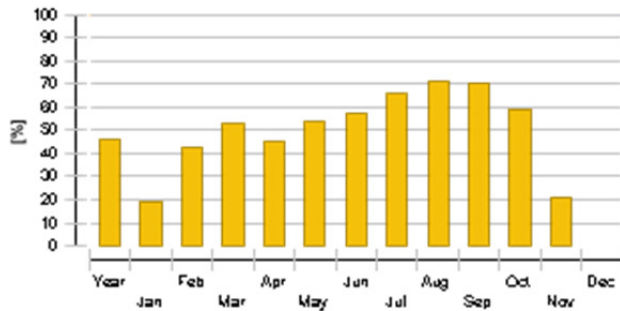
Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [E <sub>tot</sub> ]	6,619.7 kWh
Total energy consumption [Q <sub>use</sub> ]	10,192.8 kWh
System performance (Q <sub>use</sub> / E <sub>tot</sub> )	1.54
Comfort demand	Energy demand covered

#### Overview solar thermal energy (annual values)

Collector area	100 m <sup>2</sup>
Solar fraction total	46.2%
Total annual field yield	5,328.9 kWh
Collector field yield relating to gross area	53.3 kWh/m <sup>2</sup> /Year
Collector field yield relating to aperture area	53.3 kWh/m <sup>2</sup> /Year
Max. energy savings	5,610.1 kWh
Max. reduction in CO <sub>2</sub> emissions	3,009.2 kg

**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SF<sub>n</sub>]**

**Horizon line**



### Meteorological data-Overview

Average outdoor temperature	6.6 °C
Global irradiation, annual sum	946.9 kWh/m <sup>2</sup>
Diffuse irradiation, annual sum	457.9 kWh/m <sup>2</sup>

### Component overview (annual values)

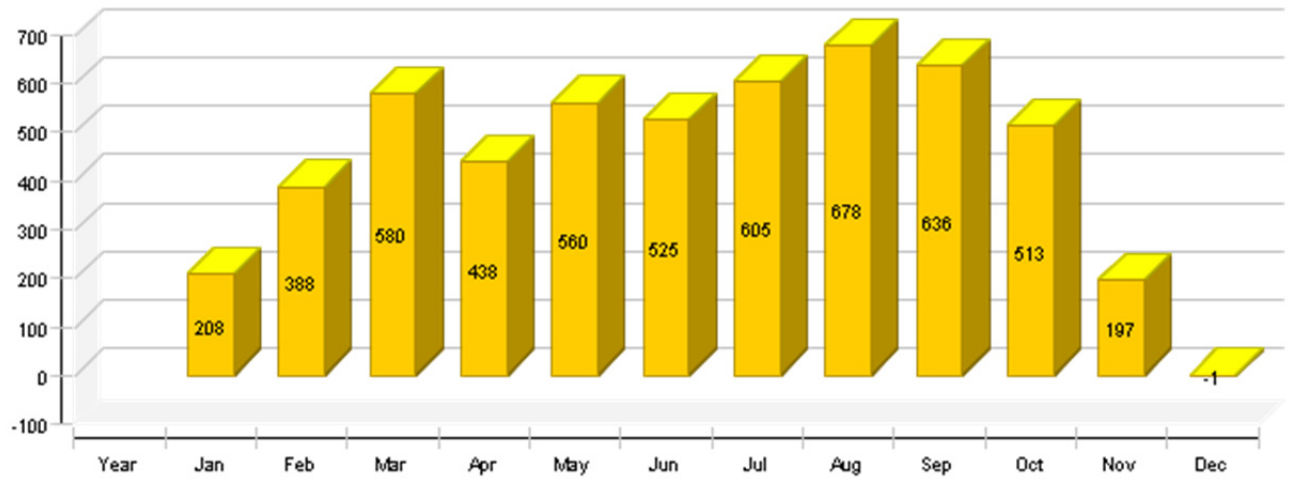
Collector solfangerrveg	solfangervegg/u	
Data Source		u137677
Number of collectors		10
Number of arrays		5
Total area	m <sup>2</sup>	100
Total aperture area	m <sup>2</sup>	100
Total absorber area	m <sup>2</sup>	100
Tilt angle (hor.=0°, vert.=90°)	°	90
Orientation (E=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0
Collector field yield [Qsol]	kWh	5,328.9
Irradiation onto collector area [Esol]	kWh	85,005.7
Collector efficiency [Qsol / Esol]	%	6.3
Direct irradiation after IAM	kWh	43,671.2
Diffuse irradiation after IAM	kWh	35,743.2
Hot water demand boligblokk	Constant	
Volume withdrawal/daily consumption	l/d	537.5
Temperature setting	°C	50
Energy demand [Qdem]	kWh	9,896.4
Pump Solar loop pump	Pump, large	
Circuit pressure drop	bar	0.438
Flow rate	l/h	4,000
Fuel and electrical energy consumption [Epar]	kWh	89.3
Storage tank 3	3000l potable water tank, stainless steel	
Volume	l	3,000
Height	m	2.1
Material		Stainless steel
Insulation		Rigid PU foam
Thickness of insulation	mm	100
Heat loss	kWh	792.8
Connection losses	kWh	146.9

### Loop

<b>Solar loop</b>		
Fluid mixture		Ethylene mixture
Fluid concentration	%	33.3
Fluid domains volume	l	119.3
Pressure on top of the circuit	bar	4

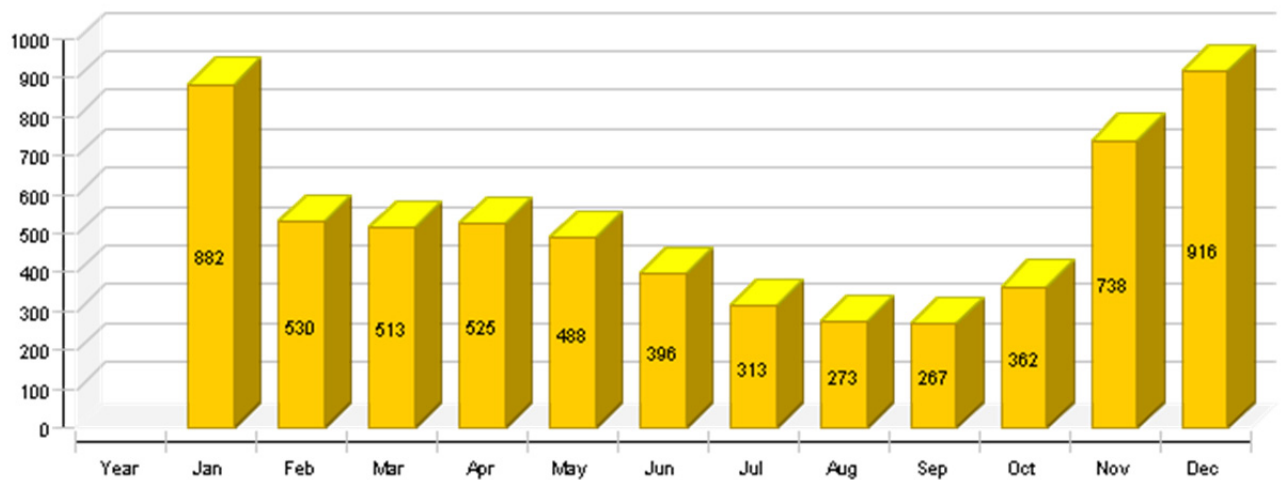
**Solar thermal energy to the system [Qsol]**

**kWh**



**Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux]**

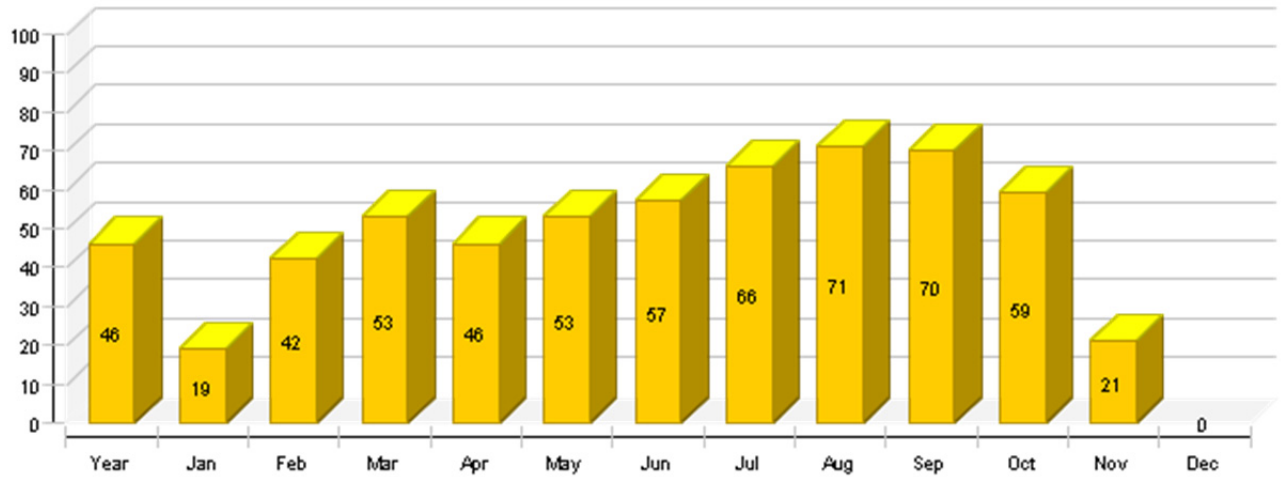
**kWh**



**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]**

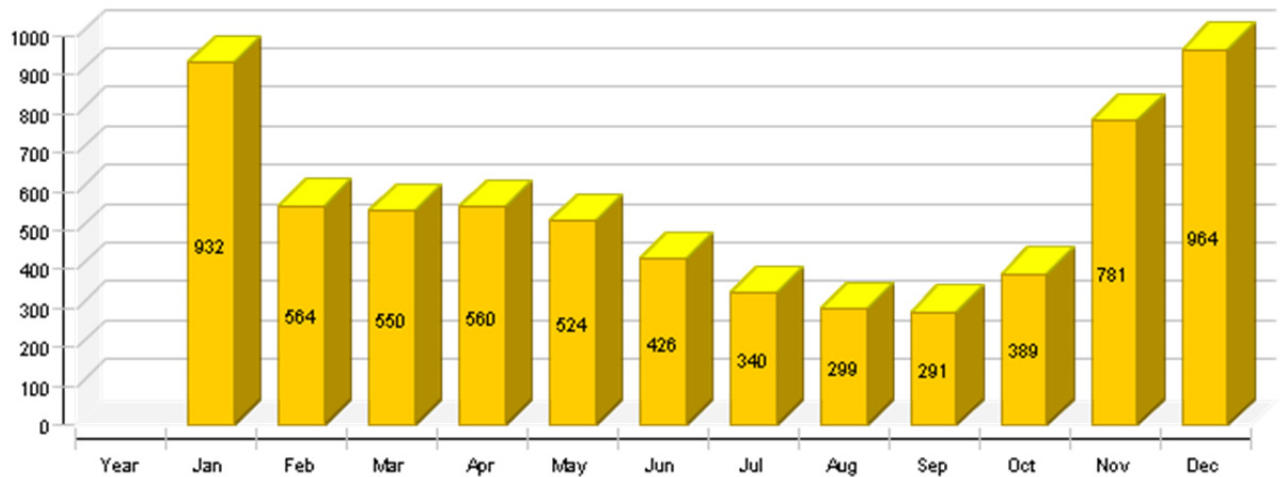
**%**





**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]**

**kWh**



Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Solar thermal energy to the system [Qsol]**

kWh	5329	208	388	580	438	560	525	605	678	636	513	197	-1
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

**Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux]**

kWh	6204	882	530	513	525	488	396	313	273	267	362	738	916
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Heat generator fuel and electrical energy consumption [Eaux]**

kWh	6530	928	558	540	553	514	417	330	288	281	381	777	964
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]**

%	46.2	19.1	42.3	53.1	45.5	53.4	57	65.9	71.3	70.4	58.6	21.1	0
---	------	------	------	------	------	------	----	------	------	------	------	------	---

**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]**

kWh	6620	932	564	550	560	524	426	340	299	291	389	781	964
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Irradiation onto collector area [Esol]**

kWh	8500 6	1825	6077	1003 7	9036	1021 7	9655	9658	1014 5	9383	6597	2046	329
-----	-----------	------	------	-----------	------	-----------	------	------	-----------	------	------	------	-----

**Electrical energy consumption of pumps [Epar]**

kWh	89	4	6	10	7	10	9	10	11	10	8	4	0
-----	----	---	---	----	---	----	---	----	----	----	---	---	---

**Heat loss to indoor room (including heat generator losses) [Qint]**

kWh	1538	141	133	144	123	123	112	117	124	125	140	130	129
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Heat loss to surroundings (without collector losses) [Qext]**

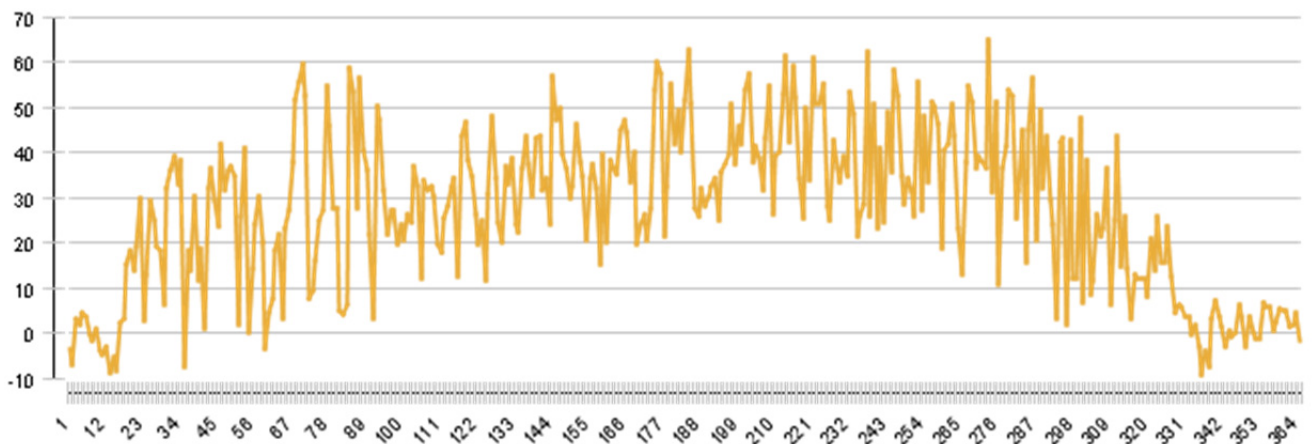
kWh	219	8	20	27	19	21	20	21	23	26	24	10	0
-----	-----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

**Total energy consumption [Quse]**

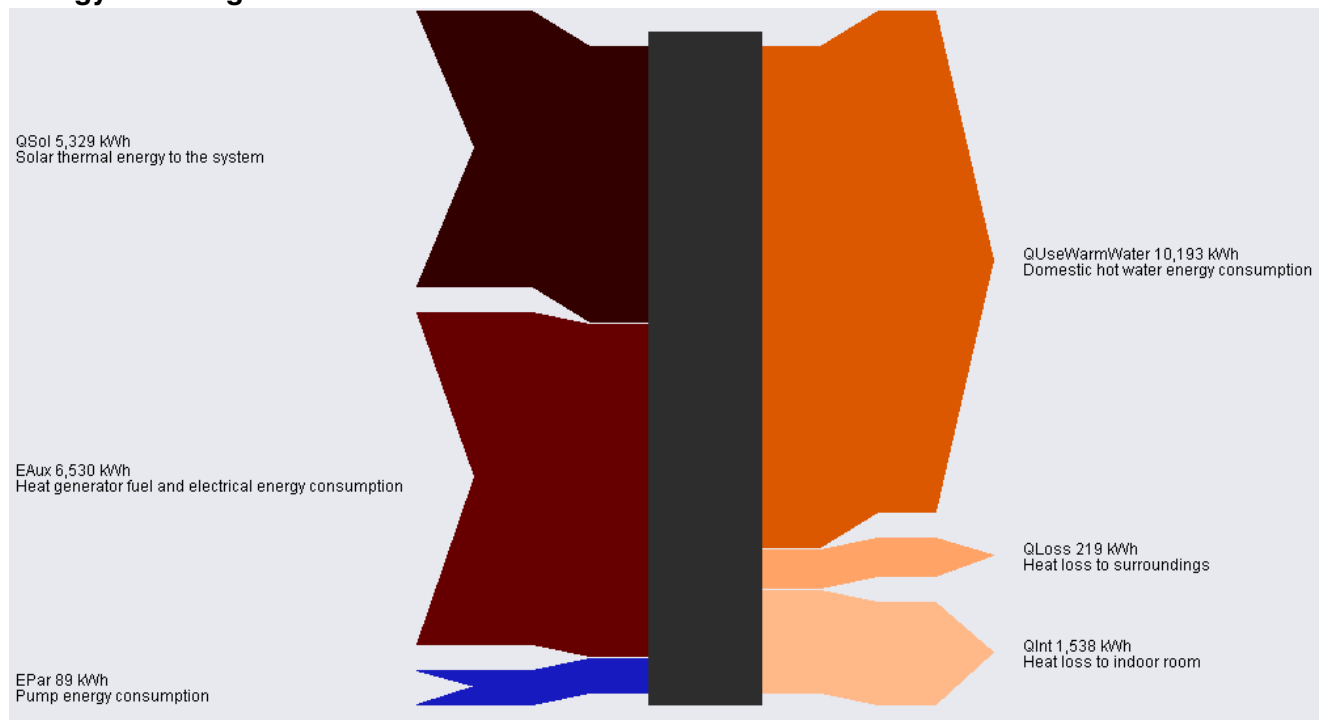
kWh	1019 3	950	840	923	866	916	802	811	830	722	849	846	838
-----	-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Collector solfangervegg**

**Daily maximum temperature [ °C]**



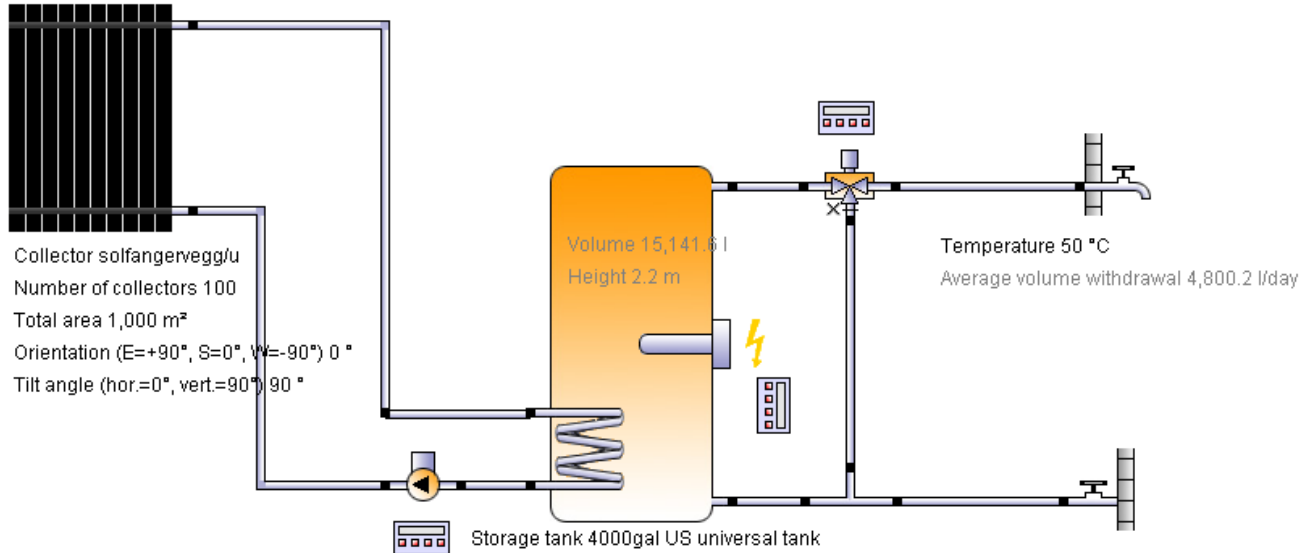
**Energy flow diagram**



### D.3 HOTELL

#### Solfangervegg

hotell



#### Location of the system

Norway  
 OSLO  
 Longitude: 10.75°  
 Latitude: 59.93°  
 Elevation: 154 m

#### This report has been created by:

Matthias Haase  
 Alfred Getz vei 3  
 NO-7465 Trondheim

#### Comments on the project

gulv as

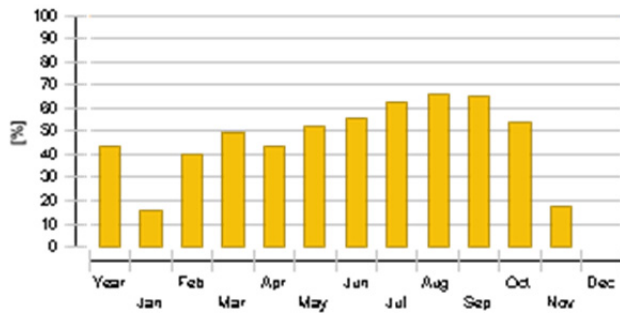
#### System overview (annual values)

Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]	56,401.3 kWh
Total energy consumption [Quse]	91,128.1 kWh
System performance (Quse / Etot)	1.62
Comfort demand	Energy demand covered

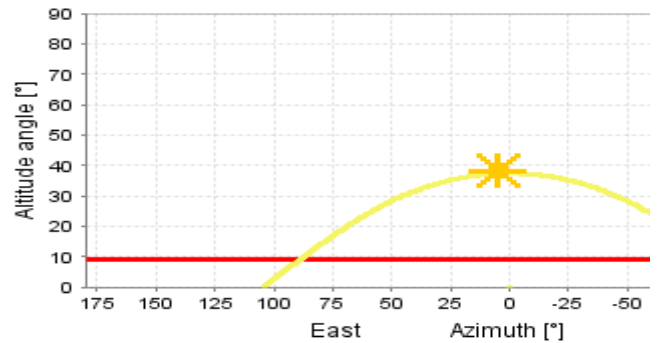
#### Overview solar thermal energy (annual values)

Collector area	1,000 m <sup>2</sup>
Solar fraction total	43%
Total annual field yield	40,213.7 kWh
Collector field yield relating to gross area	40.2 kWh/m <sup>2</sup> /Year
Collector field yield relating to aperture area	40.2 kWh/m <sup>2</sup> /Year
Max. energy savings	42,337.3 kWh
Max. reduction in CO2 emissions	22,709.7 kg

### Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]



### Horizon line



### Meteorological data-Overview

Average outdoor temperature	6.6 °C
Global irradiation, annual sum	946.9 kWh/m <sup>2</sup>
Diffuse irradiation, annual sum	457.9 kWh/m <sup>2</sup>

### Component overview (annual values)

Collector solfangerrveg	solfangervegg/u	
Data Source		u137677
Number of collectors		100
Number of arrays		50
Total area	m <sup>2</sup>	1,000
Total aperture area	m <sup>2</sup>	1,000
Total absorber area	m <sup>2</sup>	1,000
Tilt angle (hor.=0°, vert.=90°)	°	90
Orientation (E=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0
Collector field yield [Qsol]	kWh	40,213.7
Irradiation onto collector area [Esol]	kWh	850,057
Collector efficiency [Qsol / Esol]	%	4.7
Direct irradiation after IAM	kWh	436,712.4
Diffuse irradiation after IAM	kWh	357,432.3
Hot water demand boligblokk	Constant	
Volume withdrawal/daily consumption	l/d	4,802.8
Temperature setting	°C	50
Energy demand [Qdem]	kWh	88,407.1
Pump Solar loop pump	Pump, large	
Circuit pressure drop	bar	30.526
Flow rate	l/h	40,000
Fuel and electrical energy consumption [Epar]	kWh	313.7
Storage tank 3	4000gal US universal tank	
Volume	l	15,141.6
Height	m	2.2
Material		Enameled steel
Insulation		Flexible polyurethane foam
Thickness of insulation	mm	101.6
Heat loss	kWh	1,652.5

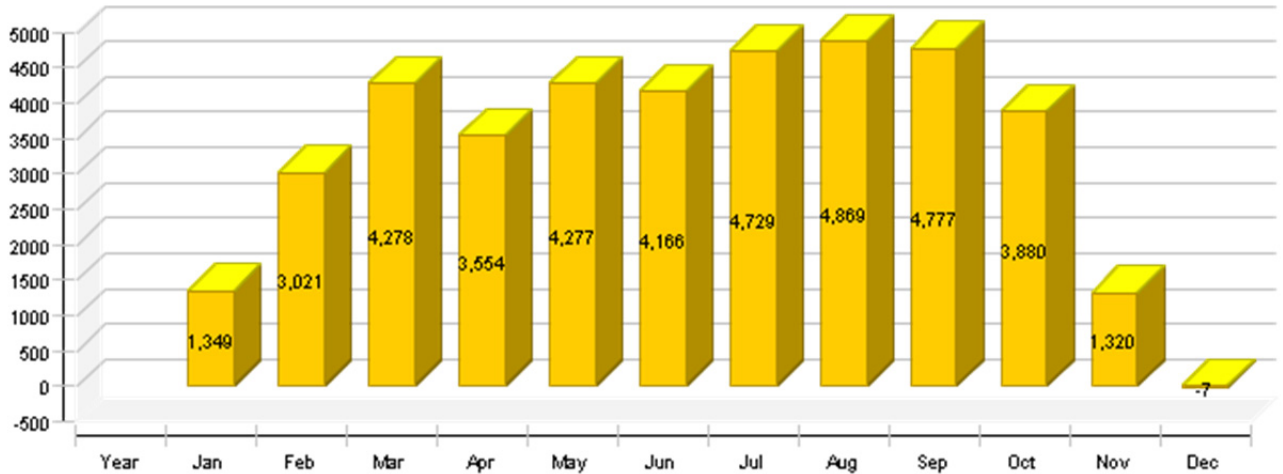
Connection losses	kWh	120.1
-------------------	-----	-------

**Loop**

<b>Solar loop</b>		
Fluid mixture		Ethylene mixture
Fluid concentration	%	33.3
Fluid domains volume	l	477.8
Pressure on top of the circuit	bar	4

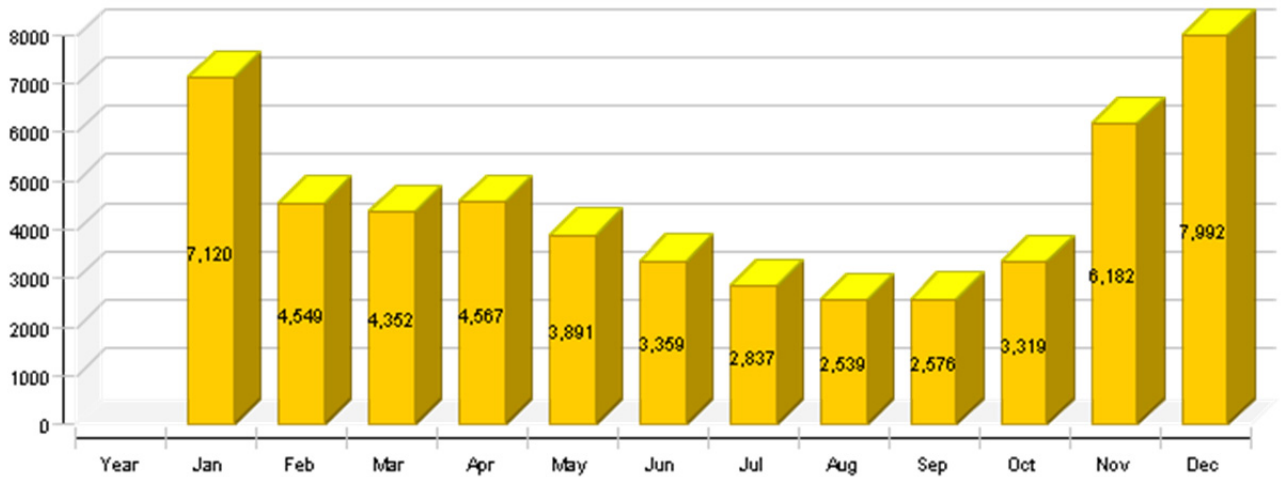
**Solar thermal energy to the system [Qsol]**

kWh



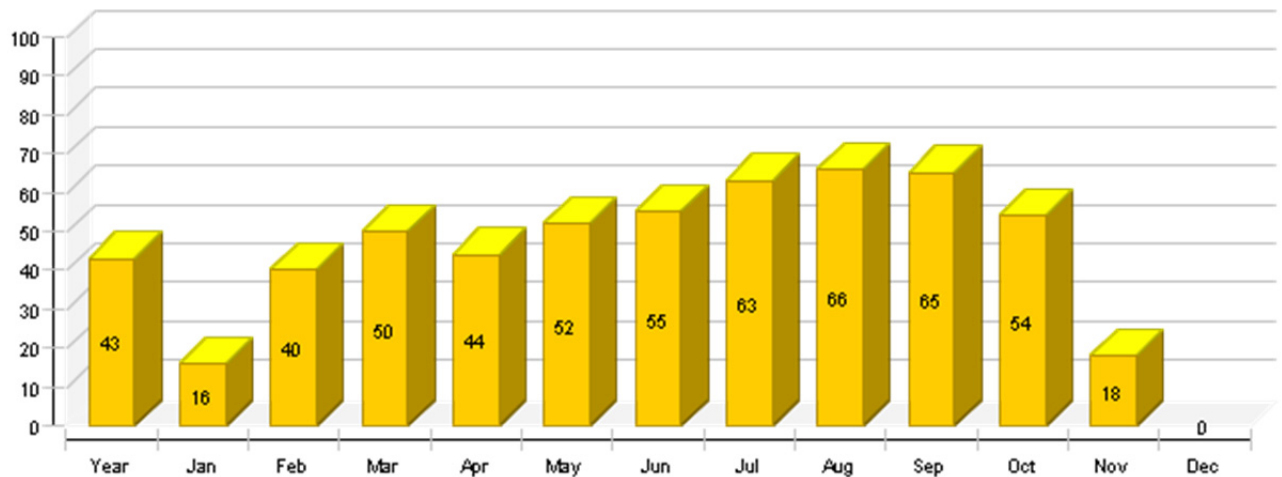
**Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux]**

kWh



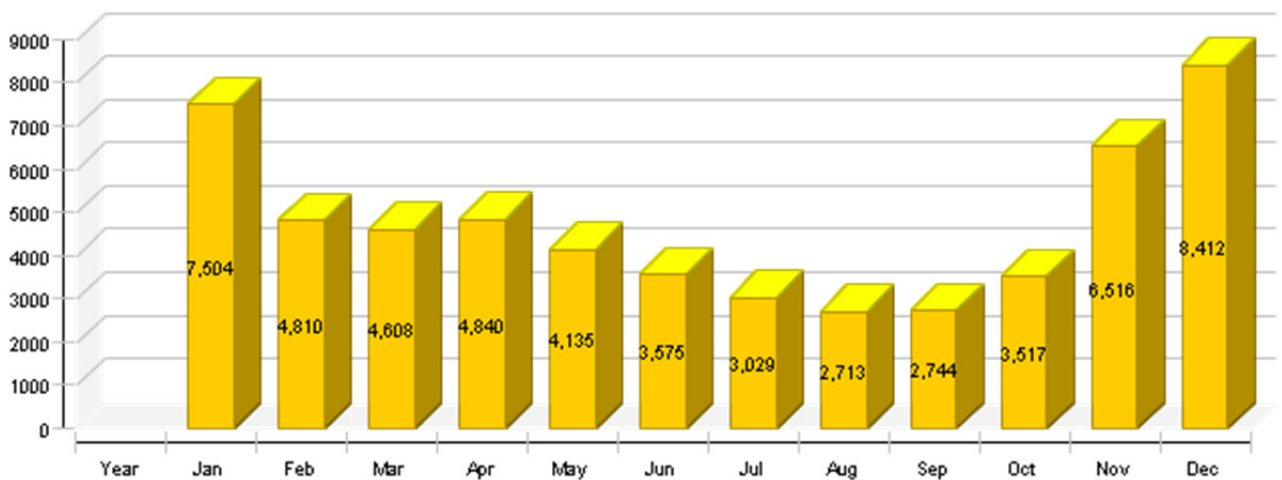
**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]**

%



**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]**

kWh



Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Solar thermal energy to the system [Qsol]**

kWh	4021 4	1349	3021	4278	3554	4277	4166	4729	4869	4777	3880	1320	-7
-----	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	----

**Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux]**

kWh	5328 3	7120	4549	4352	4567	3891	3359	2837	2539	2576	3319	6182	7992
-----	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

**Heat generator fuel and electrical energy consumption [Eaux]**

kWh	5608 8	7495	4788	4581	4807	4096	3535	2987	2673	2712	3493	6507	8412
-----	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]**

%	43	15.9	39.9	49.6	43.8	52.4	55.4	62.5	65.7	65	53.9	17.6	0
---	----	------	------	------	------	------	------	------	------	----	------	------	---

**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]**

kWh	5640 1	7504	4810	4608	4840	4135	3575	3029	2713	2744	3517	6516	8412
-----	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

**Irradiation onto collector area [Esol]**

kWh	8500 57	1824 6	6076 7	1003 75	9036 3	1021 73	9655 4	9657 5	1014 45	9383 4	6597 1	2046 3	3292
-----	------------	-----------	-----------	------------	-----------	------------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	------

### Electrical energy consumption of pumps [Epar]

kWh	314	9	21	26	32	39	40	42	40	32	23	8	0
-----	-----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---

### Heat loss to indoor room (including heat generator losses) [Qint]

kWh	5036	563	433	441	416	378	337	326	327	333	386	502	593
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

### Heat loss to surroundings (without collector losses) [Qext]

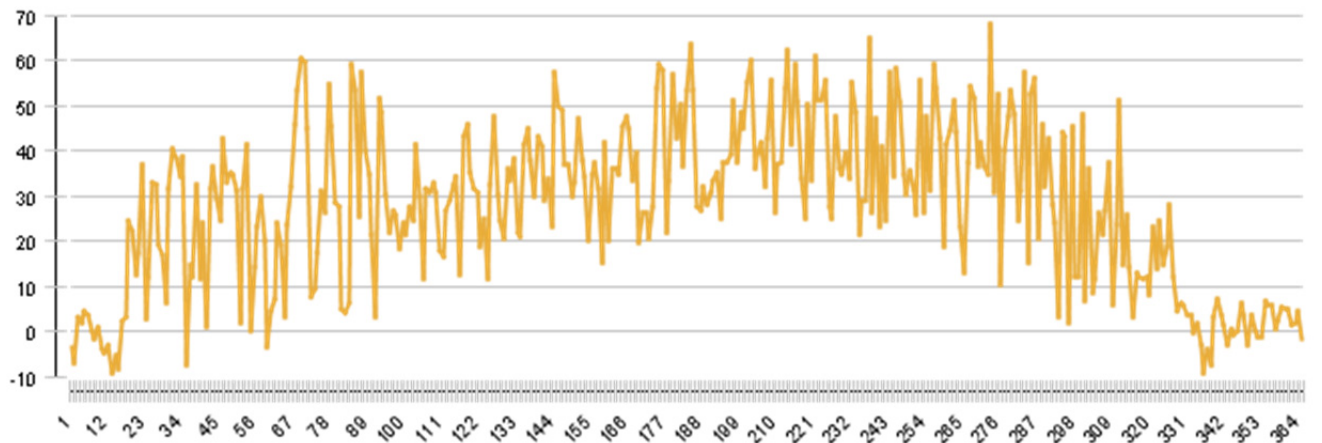
kWh	453	14	37	46	45	50	49	53	53	50	41	15	0
-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

### Total energy consumption [Quse]

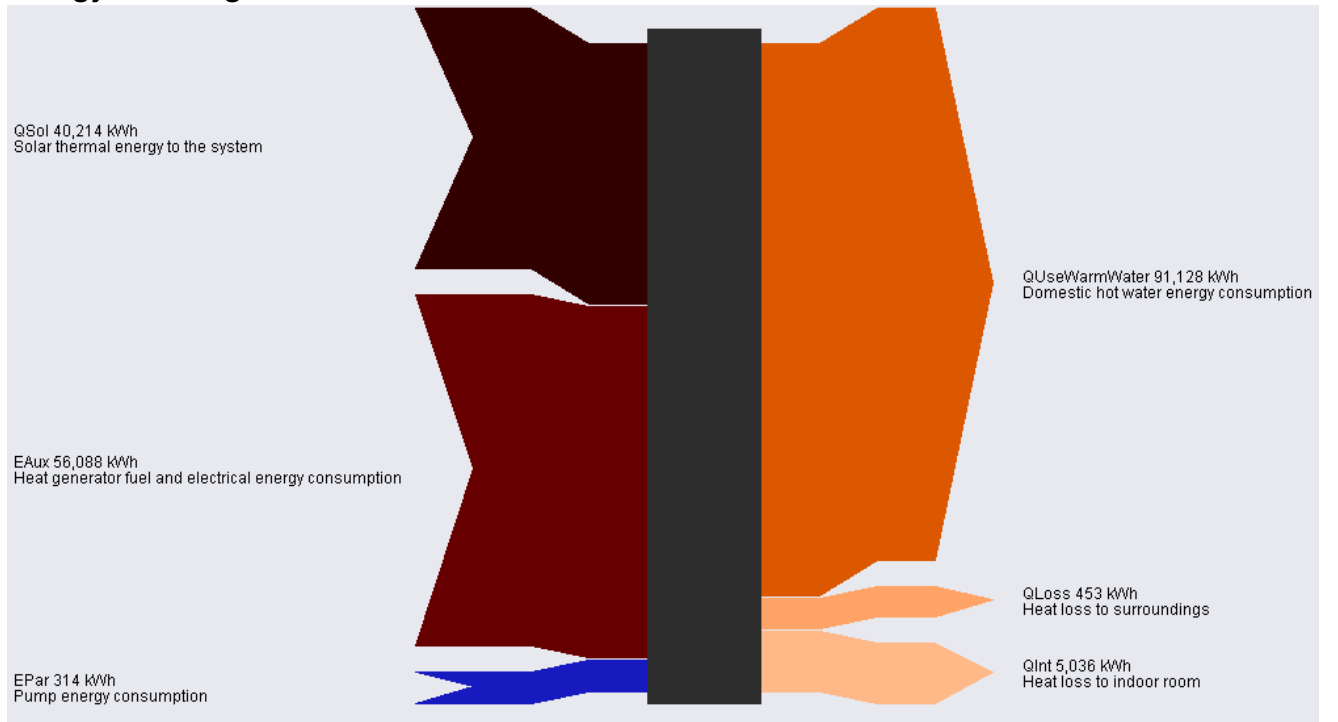
kWh	91128	8116	7523	8332	7886	7891	7338	7339	7198	6968	7359	7337	7842
-----	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

### Collector solfangervegg

#### Daily maximum temperature [ °C]



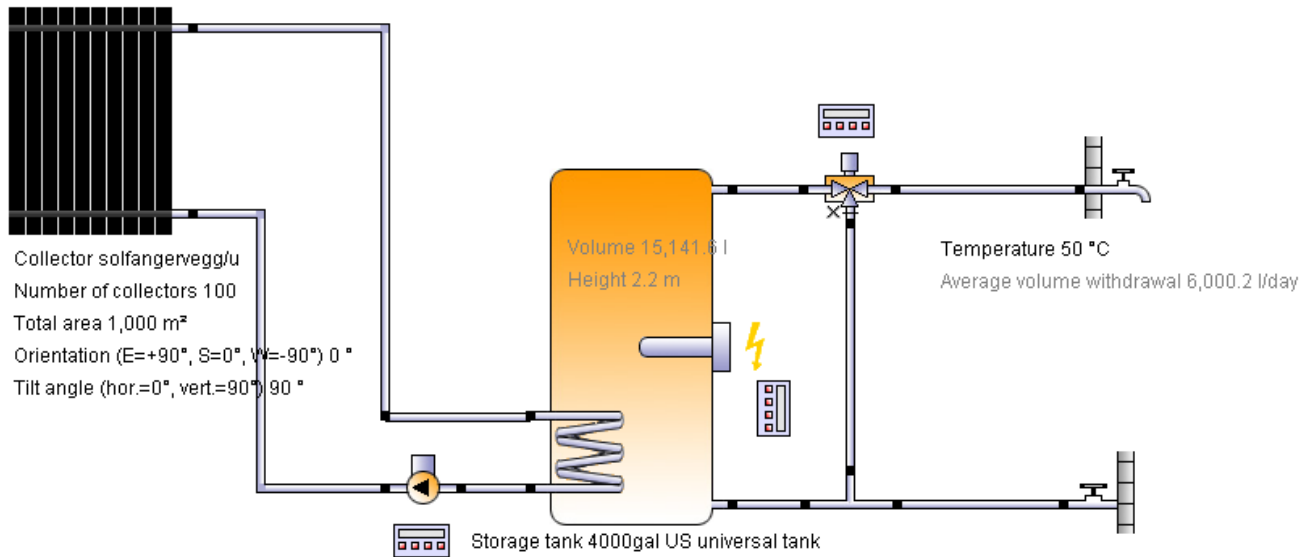
### Energy flow diagram



## D.4 IDRETTSBYGG

### Solfangervegg

idrett



#### Location of the system

Norway  
 OSLO  
 Longitude: 10.75°  
 Latitude: 59.93°  
 Elevation: 154 m

#### This report has been created by:

Matthias Haase  
 Alfred Getz vei 3  
 NO-7465 Trondheim

#### Comments on the project

gulv as

#### System overview (annual values)

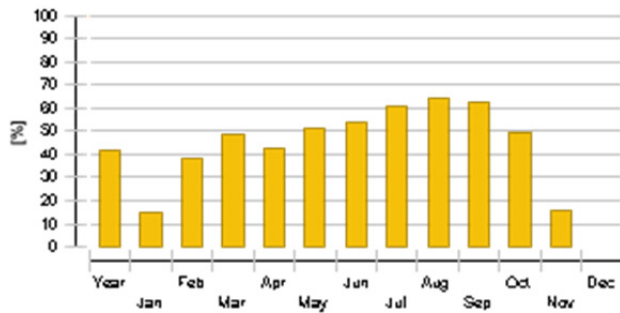
Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [E <sub>tot</sub> ]	70,902.3 kWh
Total energy consumption [Q <sub>use</sub> ]	112,267.5 kWh
System performance (Q <sub>use</sub> / E <sub>tot</sub> )	1.58
Comfort demand	Energy demand covered

#### Overview solar thermal energy (annual values)

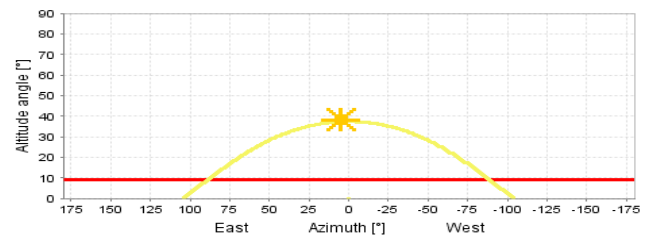
Collector area	1,000 m <sup>2</sup>
Solar fraction total	41.5%
Total annual field yield	47,498.9 kWh
Collector field yield relating to gross area	47.5 kWh/m <sup>2</sup> /Year
Collector field yield relating to aperture area	47.5 kWh/m <sup>2</sup> /Year
Max. energy savings	50,005.9 kWh
Max. reduction in CO <sub>2</sub> emissions	26,823.2 kg



### Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]



### Horizon line



### Meteorological data-Overview

Average outdoor temperature	6.6 °C
Global irradiation, annual sum	947 kWh/m <sup>2</sup>
Diffuse irradiation, annual sum	457.9 kWh/m <sup>2</sup>

### Component overview (annual values)

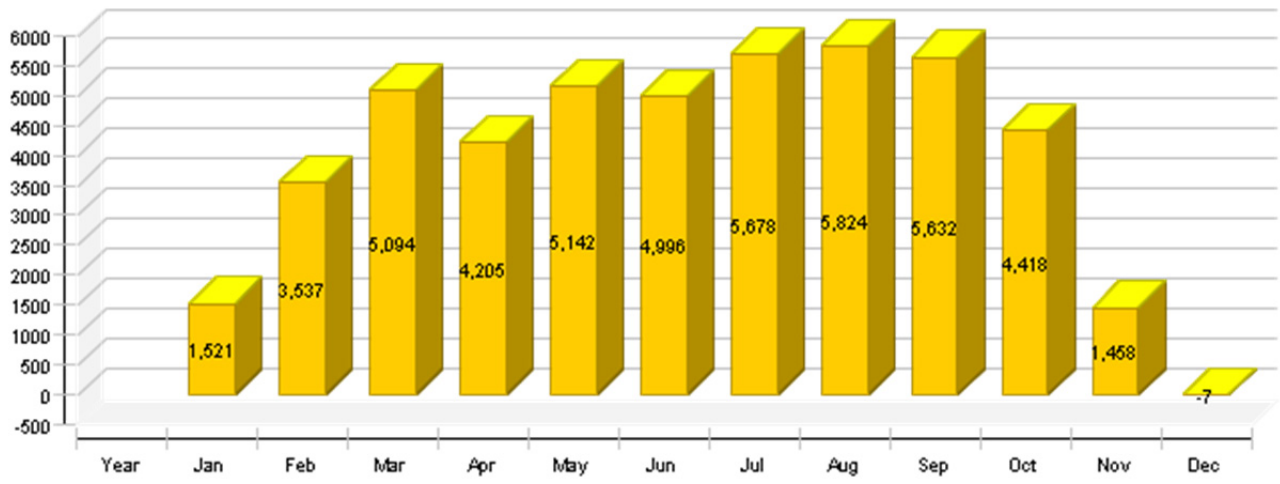
Collector solfangerrveg	solfangervegg/u	
Data Source		u137677
Number of collectors		100
Number of arrays		100
Total area	m <sup>2</sup>	1,000
Total aperture area	m <sup>2</sup>	1,000
Total absorber area	m <sup>2</sup>	1,000
Tilt angle (hor.=0°, vert.=90°)	°	90
Orientation (E=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0
Collector field yield [Qsol]	kWh	47,498.9
Irradiation onto collector area [Esol]	kWh	850,057
Collector efficiency [Qsol / Esol]	%	5.6
Direct irradiation after IAM	kWh	436,712.3
Diffuse irradiation after IAM	kWh	357,432.3
Hot water demand idrett	Constant	
Volume withdrawal/daily consumption	l/d	6,005.7
Temperature setting	°C	50
Energy demand [Qdem]	kWh	110,549.1
Pump Solar loop pump	Pump, large	
Circuit pressure drop	bar	30.211
Flow rate	l/h	40,000
Fuel and electrical energy consumption [Epar]	kWh	352.8
Storage tank 3	4000gal US universal tank	
Volume	l	15,141.6
Height	m	2.2
Material		Enameled steel
Insulation		Flexible polyurethane foam
Thickness of insulation	mm	101.6
Heat loss	kWh	1,588.7

Connection losses	kWh	113.4
-------------------	-----	-------

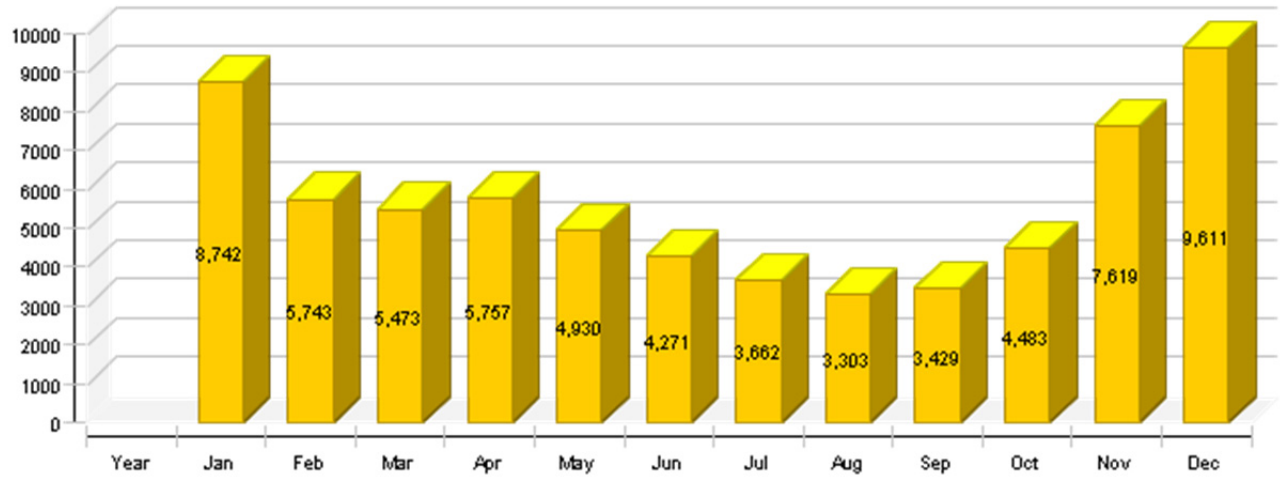
**Loop**

<b>Solar loop</b>		
Fluid mixture		Ethylene mixture
Fluid concentration	%	33.3
Fluid domains volume	l	477.8
Pressure on top of the circuit	bar	4

**Solar thermal energy to the system [Qsol] kWh**

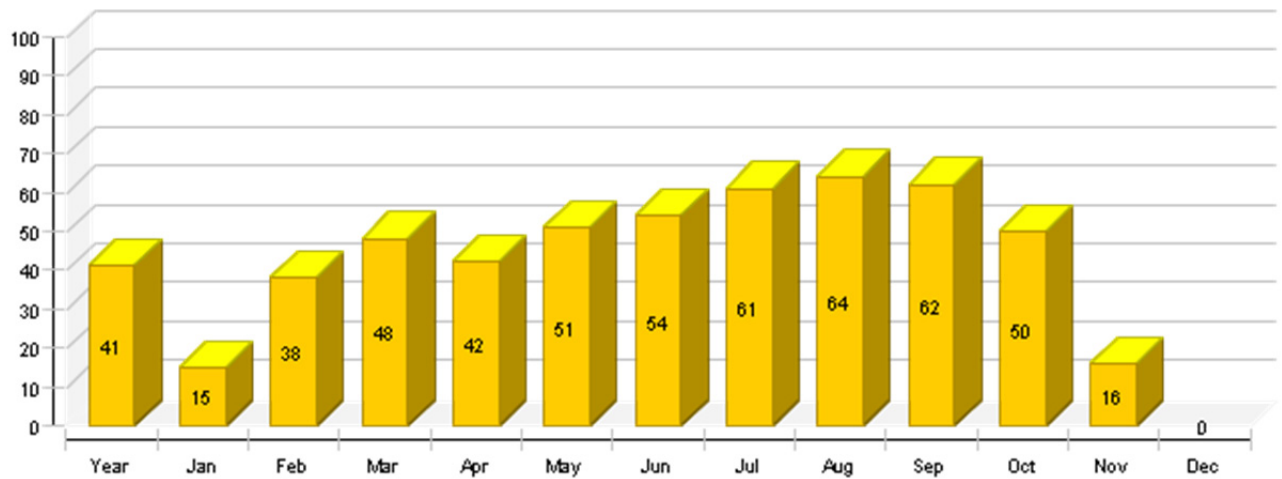


**Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux] kWh**



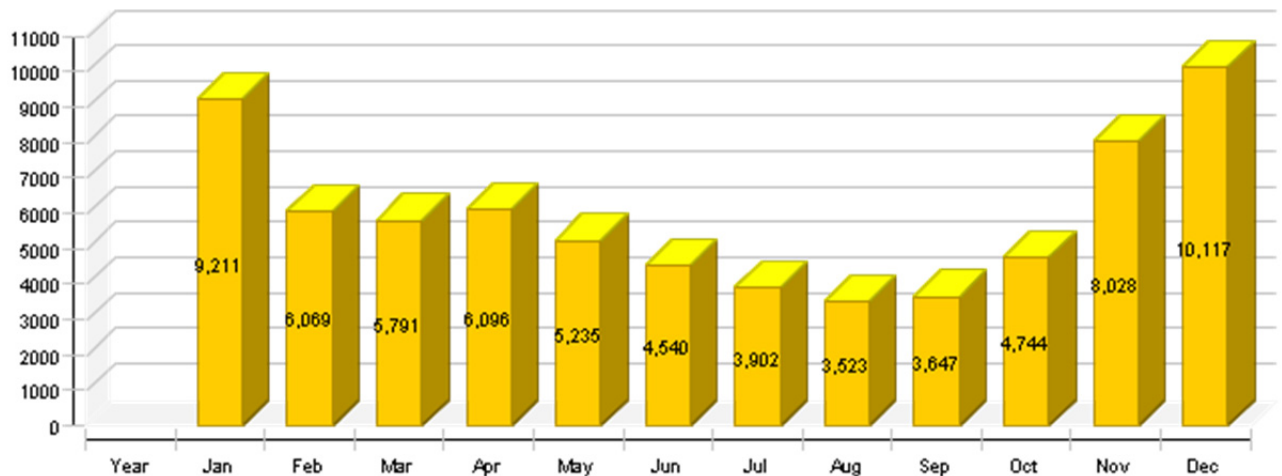
**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]**

%



**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]**

kWh



Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Solar thermal energy to the system [Qsol]**

kWh	4749 9	1521	3537	5094	4205	5142	4996	5678	5824	5632	4418	1458	-7
-----	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	----

**Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux]**

kWh	6702 2	8742	5743	5473	5757	4930	4271	3662	3303	3429	4483	7619	9611
-----	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

**Heat generator fuel and electrical energy consumption [Eaux]**

kWh	7055 0	9202	6046	5761	6060	5189	4495	3854	3477	3610	4719	8020	1011 7
-----	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----------

**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]**

%	41.5	14.8	38.1	48.2	42.2	51.1	53.9	60.8	63.8	62.2	49.6	16.1	0
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---

**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]**

kWh	7090 2	9211	6069	5791	6096	5235	4540	3902	3523	3647	4744	8028	1011 7
-----	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----------

**Irradiation onto collector area [Esol]**

kWh	8500 57	1824 6	6076 7	1003 75	9036 3	1021 73	9655 4	9657 5	1014 45	9383 4	6597 1	2046 3	3292
-----	------------	-----------	-----------	------------	-----------	------------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	------

**Electrical energy consumption of pumps [Epar]**

kWh	353	9	23	30	36	46	45	48	46	37	25	9	0
-----	-----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---

**Heat loss to indoor room (including heat generator losses) [Qint]**

kWh	5654	633	487	491	471	428	381	365	363	373	438	565	660
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Heat loss to surroundings (without collector losses) [Qext]**

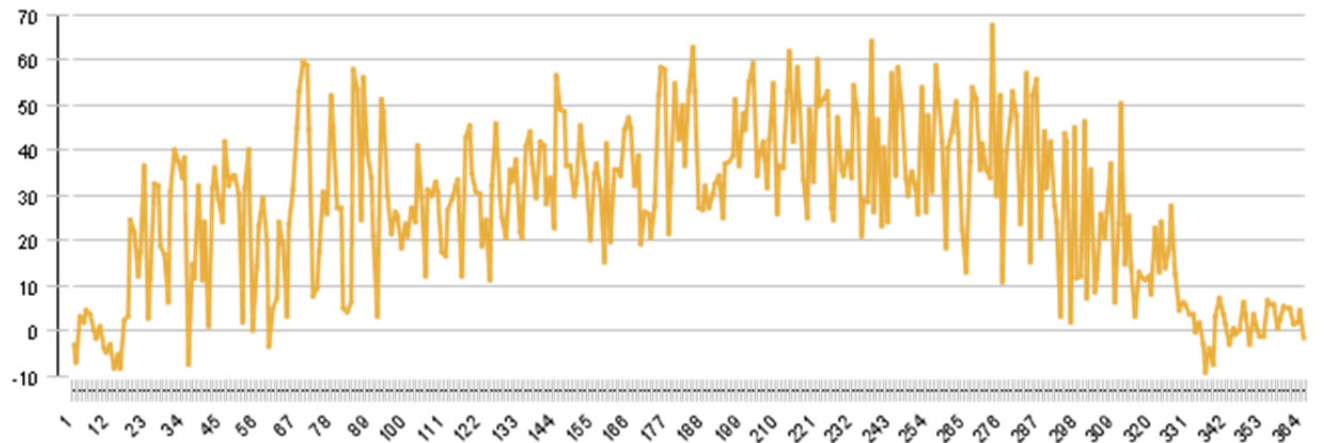
kWh	482	14	38	49	47	55	53	57	57	54	42	15	0
-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

**Total energy consumption [Quse]**

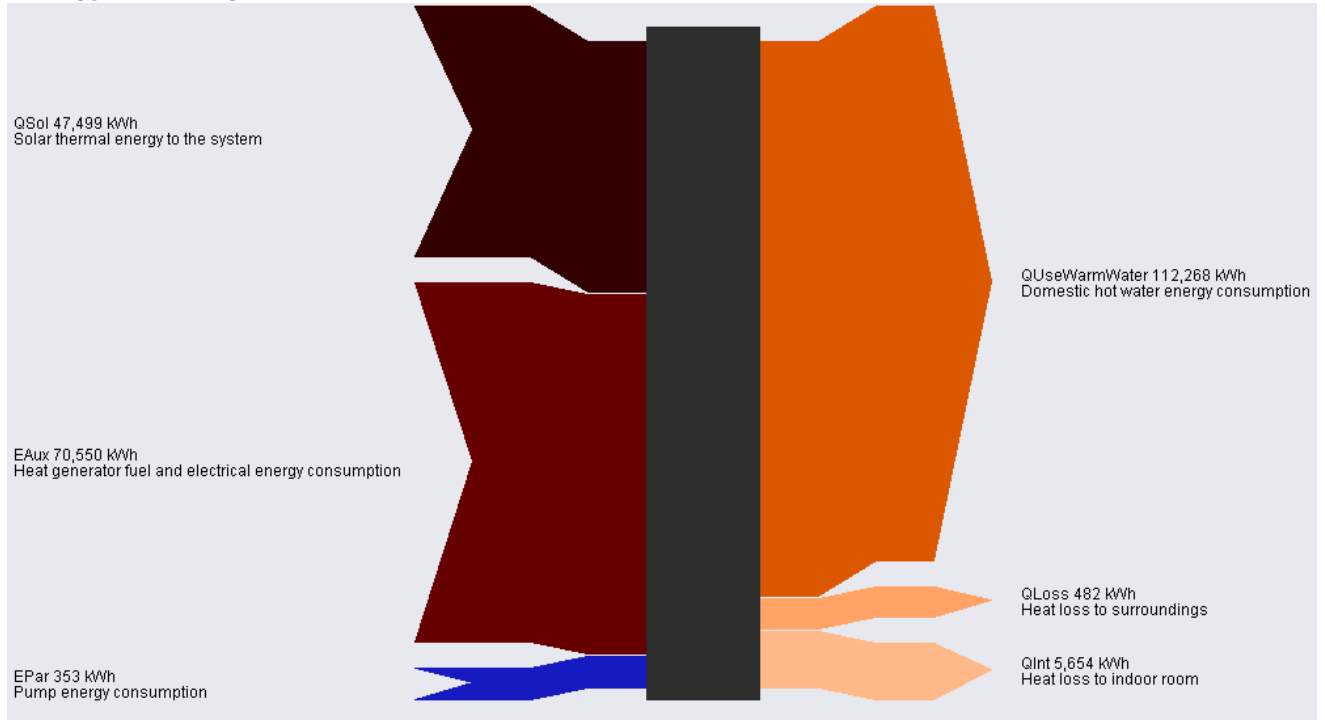
kWh	1122 68	9897	9256	1026 8	9744	9776	9099	9112	8947	8647	9099	8936	9487
-----	------------	------	------	-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

**Collector solfangervegg**

**Daily maximum temperature [ °C]**



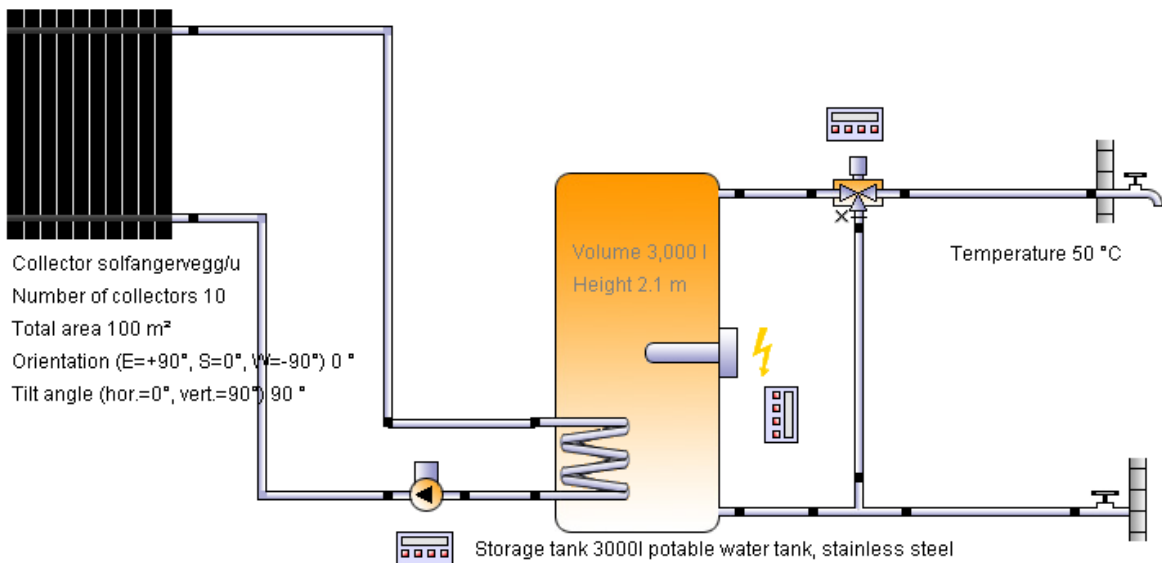
## Energy flow diagram



## D.5 VERKSTED

### Solfangervegg

verksted



### Location of the system

Norway  
 OSLO  
 Longitude: 10.75°  
 Latitude: 59.93°  
 Elevation: 154 m

This report has been created by:

Matthias Haase

Alfred Getz vei 3  
NO-7465 Trondheim

**Comments on the project**

golv as

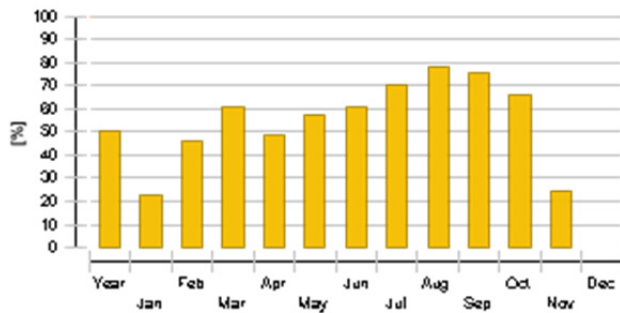
**System overview (annual values)**

Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]	4,440.4 kWh
Total energy consumption [Quse]	7,040.2 kWh
System performance (Quse / Etot)	1.59
Comfort demand	Energy demand covered

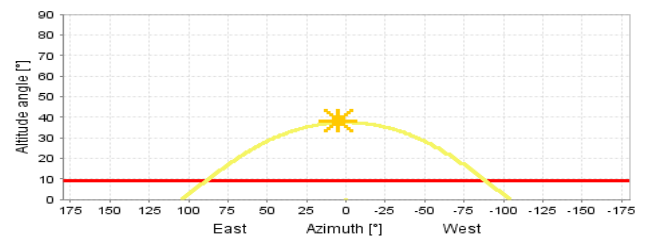
**Overview solar thermal energy (annual values)**

Collector area	100 m <sup>2</sup>
Solar fraction total	50.6%
Total annual field yield	4,250.6 kWh
Collector field yield relating to gross area	42.5 kWh/m <sup>2</sup> /Year
Collector field yield relating to aperture area	42.5 kWh/m <sup>2</sup> /Year
Max. energy savings	4,475 kWh
Max. reduction in CO2 emissions	2,400.4 kg

**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SF<sub>n</sub>]**



**Horizon line**



**Meteorological data-Overview**

Average outdoor temperature	6.6 °C
Global irradiation, annual sum	947 kWh/m <sup>2</sup>
Diffuse irradiation, annual sum	458 kWh/m <sup>2</sup>

**Component overview (annual values)**

Collector solfangerrveg	solfangervegg/u	
Data Source		u137677
Number of collectors		10
Number of arrays		10
Total area	m <sup>2</sup>	100
Total aperture area	m <sup>2</sup>	100
Total absorber area	m <sup>2</sup>	100
Tilt angle (hor.=0°, vert.=90°)	°	90
Orientation (E=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0
Collector field yield [Qsol]	kWh	4,250.6
Irradiation onto collector area [Esol]	kWh	85,005.7
Collector efficiency [Qsol / Esol]	%	5

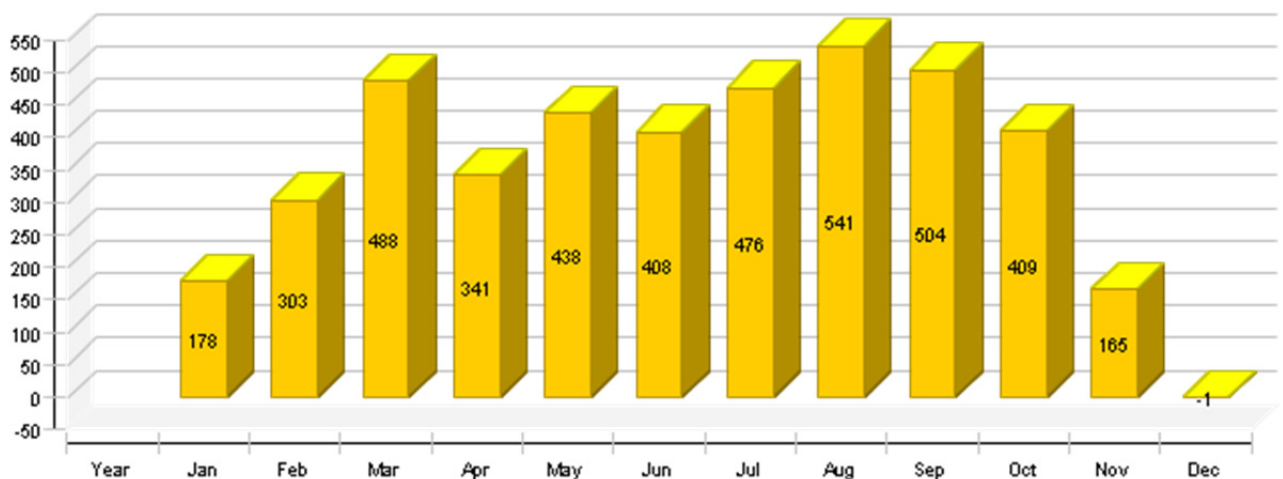
Direct irradiation after IAM	kWh	43,671.2
Diffuse irradiation after IAM	kWh	35,743.2
<b>Hot water demand boligblokk</b>	<b>Constant</b>	
Volume withdrawal/daily consumption	l/d	372.6
Temperature setting	°C	50
Energy demand [Qdem]	kWh	6,860.1
<b>Pump Solar loop pump</b>	<b>Pump, large</b>	
Circuit pressure drop	bar	0.361
Flow rate	l/h	4,000
Fuel and electrical energy consumption [Epar]	kWh	67.8
<b>Storage tank 3</b>	<b>3000l potable water tank, stainless steel</b>	
Volume	l	3,000
Height	m	2.1
Material		Stainless steel
Insulation		Rigid PU foam
Thickness of insulation	mm	100
Heat loss	kWh	829.3
Connection losses	kWh	167.9

### Loop

<b>Solar loop</b>		
Fluid mixture		Ethylene mixture
Fluid concentration	%	33.3
Fluid domains volume	l	119.3
Pressure on top of the circuit	bar	4

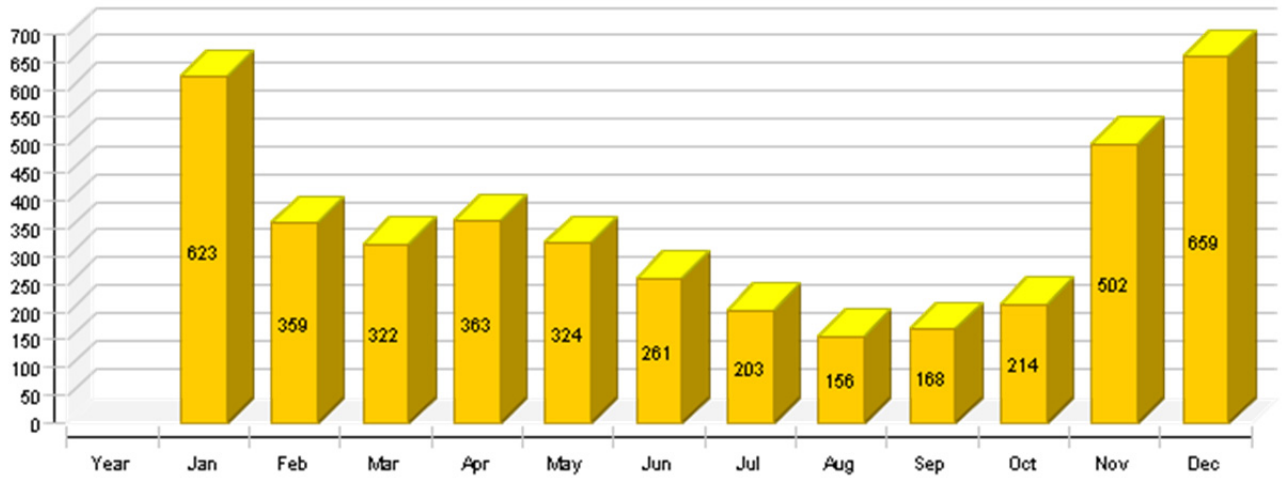
### Solar thermal energy to the system [Qsol]

kWh



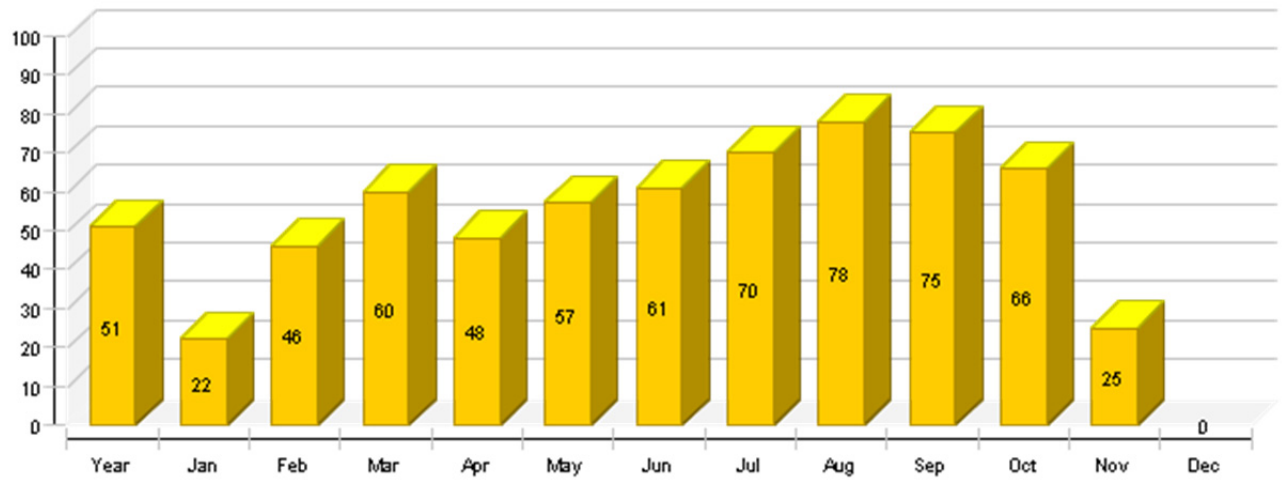
Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included)  
[Qaux]

kWh



Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]

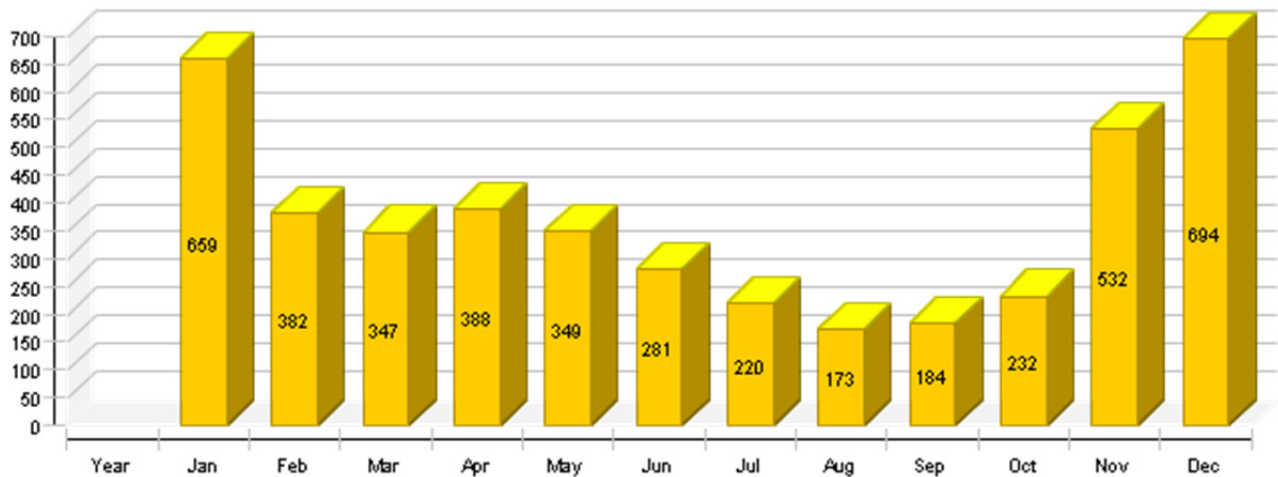
%





**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]**

kWh



Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Solar thermal energy to the system [Qsol]**

kWh	4251	178	303	488	341	438	408	476	541	504	409	165	-1
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

**Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux]**

kWh	4154	623	359	322	363	324	261	203	156	168	214	502	659
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Heat generator fuel and electrical energy consumption [Eaux]**

kWh	4373	656	378	338	382	342	275	213	165	177	226	529	694
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]**

%	50.6	22.2	45.8	60.3	48.4	57.5	61	70.1	77.6	75	65.6	24.8	0
---	------	------	------	------	------	------	----	------	------	----	------	------	---

**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]**

kWh	4440	659	382	347	388	349	281	220	173	184	232	532	694
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Irradiation onto collector area [Esol]**

kWh	8500 6	1825	6077	1003 7	9036	1021 7	9655	9658	1014 5	9383	6597	2046	329
-----	-----------	------	------	-----------	------	-----------	------	------	-----------	------	------	------	-----

**Electrical energy consumption of pumps [Epar]**

kWh	68	3	5	9	5	7	7	7	8	7	6	3	0
-----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Heat loss to indoor room (including heat generator losses) [Qint]**

kWh	1456	128	127	137	117	116	108	114	121	123	135	118	114
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Heat loss to surroundings (without collector losses) [Qext]**

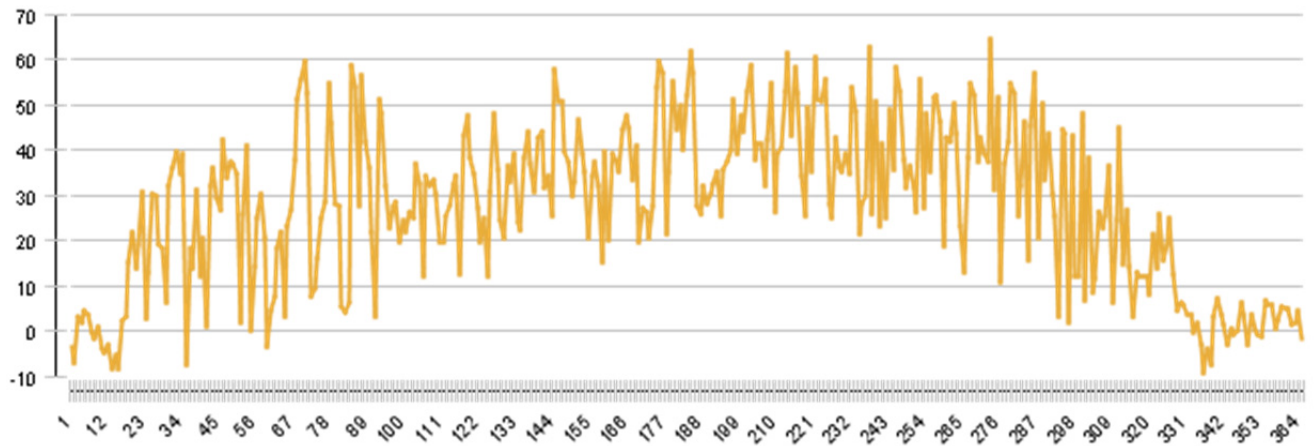
kWh	194	7	18	24	16	19	18	18	20	23	22	9	0
-----	-----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---

**Total energy consumption [Quse]**

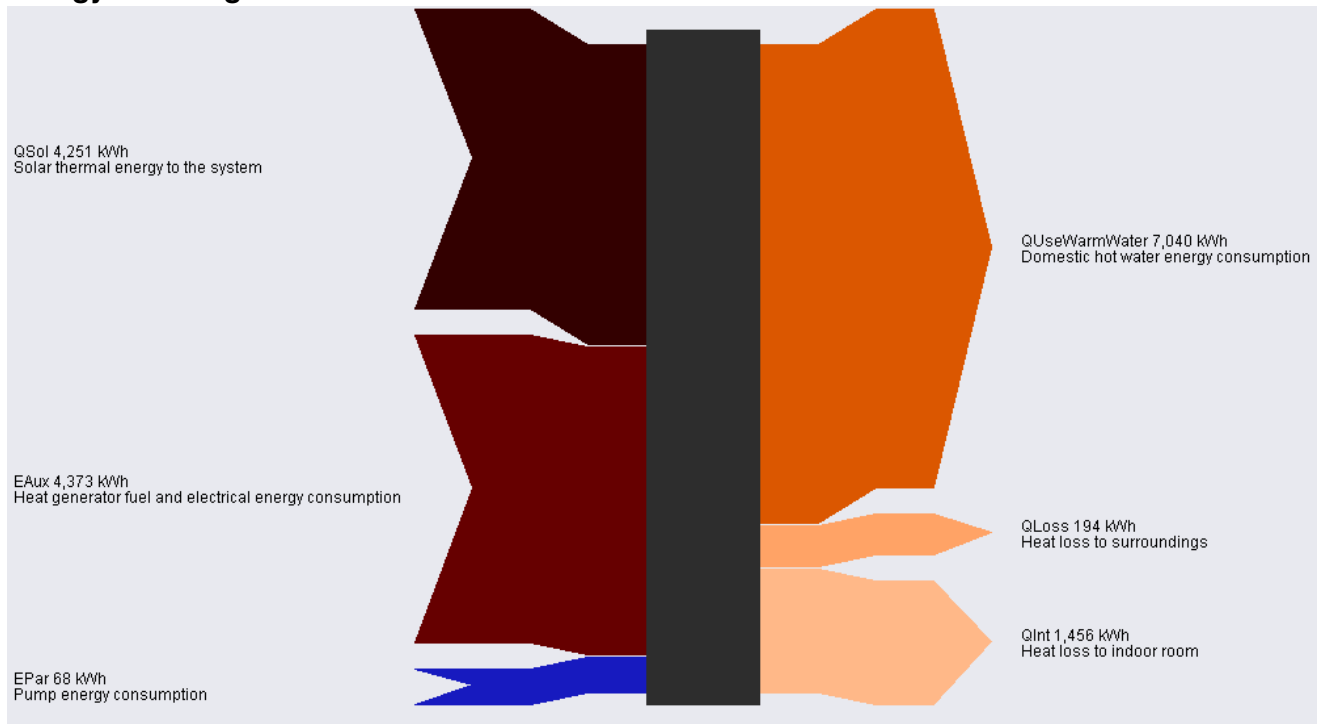
kWh	7040	657	581	638	598	632	555	560	572	497	585	585	581
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

## Collector solfangervegg

### Daily maximum temperature [ °C]



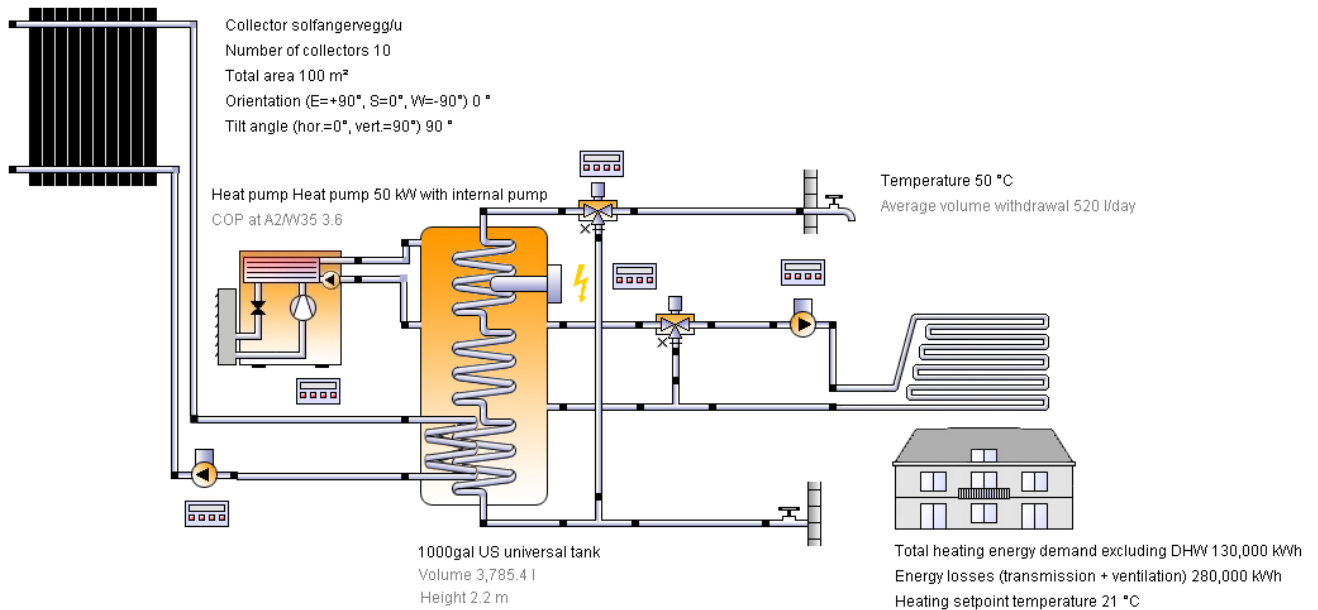
## Energy flow diagram



## D.6 Eksempelbygg

### Solfangervegg

verksted\_med oppvarming



### Location of the system

Norway  
 Trondheim  
 Longitude: 10.38°  
 Latitude: 63.6°  
 Elevation: 359 m

### This report has been created by:

Matthias Haase  
 Alfred Getz vei 3  
 NO-7465 Trondheim

### Comments on the project

gulv as

### System overview (annual values)

Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [E <sub>tot</sub> ]	69,452.6 kWh
Total energy consumption [Q <sub>use</sub> ]	139,249.4 kWh
System performance (Q <sub>use</sub> / E <sub>tot</sub> )	2
Comfort demand	Energy demand covered

### Overview solar thermal energy (annual values)

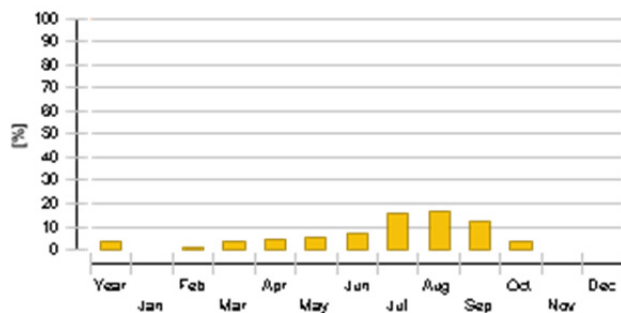
Collector area	100 m <sup>2</sup>
Solar fraction total	3.5%
Solar fraction hot water [SF <sub>nHw</sub> ]	7.9 %
Solar fraction building [SF <sub>nBd</sub> ]	3.5 %
Total annual field yield	4,949.7 kWh
Collector field yield relating to gross area	49.5 kWh/m <sup>2</sup> /Year

Collector field yield relating to aperture area	49.5 kWh/m <sup>2</sup> /Year
Max. energy savings	4,966 kWh
Max. reduction in CO2 emissions	2,663.8 kg

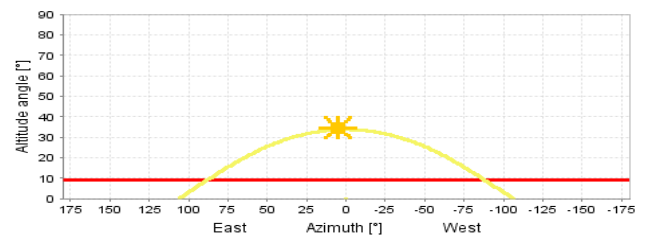
### Overview heat pump (annual values)

Seasonal performance factor for air-to-water heat pump	2.6
Total electrical energy consumption when heating [Eaux]	42,267.9 kWh
Total energy savings	68,190 kWh
Total reduction in CO2 emissions	36,577.1 kg

### Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]



### Horizon line



### Meteorological data-Overview

Average outdoor temperature	5.3 °C
Global irradiation, annual sum	884.7 kWh/m <sup>2</sup>
Diffuse irradiation, annual sum	414.6 kWh/m <sup>2</sup>

### Component overview (annual values)

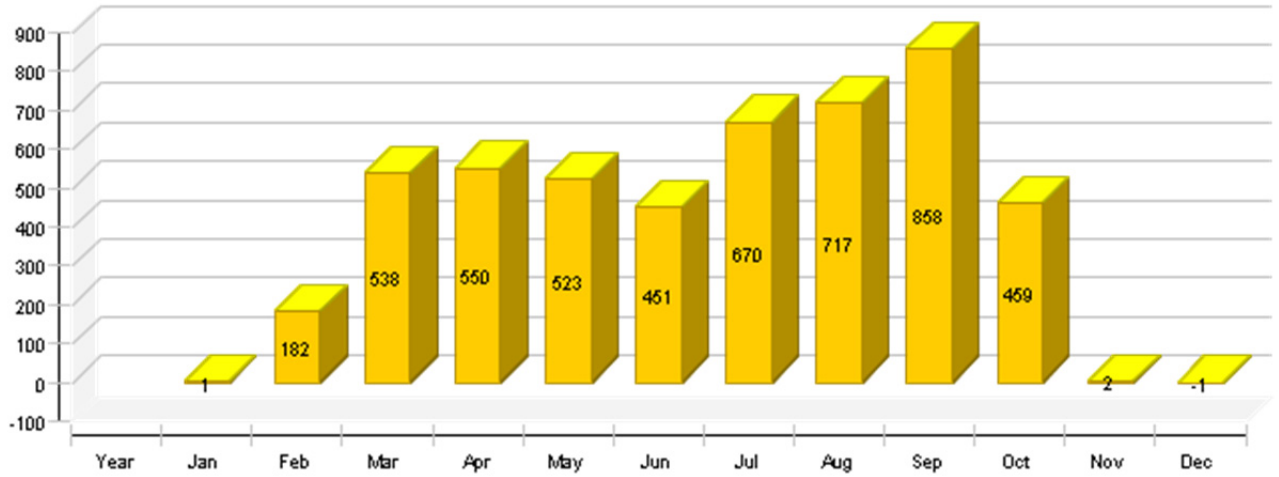
Collector	solfangervegg/u	
Data Source		u137677
Number of collectors		10
Number of arrays		2
Total area	m <sup>2</sup>	100
Total aperture area	m <sup>2</sup>	100
Total absorber area	m <sup>2</sup>	100
Tilt angle (hor.=0°, vert.=90°)	°	90
Orientation (E=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0
Collector field yield [Qsol]	kWh	4,949.7
Irradiation onto collector area [Esol]	kWh	85,253.6
Collector efficiency [Qsol / Esol]	%	5.8
Direct irradiation after IAM	kWh	46,744.7
Diffuse irradiation after IAM	kWh	33,342.5
Heat pump	Heat pump 50 kW with internal pump	
Heating power at A2/W35	kW	36.8
Electrical power at A2/W35	kW	10.2
COP at A2/W35		3.6
DeltaT at A7/W35	K	7
Performance factor		2.61
Energy from/to the system [Qaux]	kWh	110,458

Fuel and electrical energy consumption [Eaux]	kWh	42,267.9
Energy savings solar thermal	kWh	4,657.5
CO <sub>2</sub> savings solar thermal	kg	2,498.3
Energy savings heat pump	kWh	68,190
CO <sub>2</sub> savings heat pump	kg	36,577.1
<b>Building</b>	<b>-</b>	
Heated/air-conditioned living area	m <sup>2</sup>	1,623
Heating setpoint temperature	°C	21
Heating energy demand excluding DHW [Qdem]	kWh	129,999.6
Annual specific heating energy demand	kWh/m <sup>2</sup>	80.1
Useful heat gain	kWh	150,000
Total energy losses	kWh	279,999.4
<b>Convector Floor heating</b>	<b>Floor heating 1000W</b>	
Number of heating/cooling modules	-	94
Power per heating module under standard conditions	W	1,000
Nominal inlet temperature	°C	40
Nominal return temperature	°C	35
Net energy from/to heating/cooling modules	kWh	130,064
<b>Hot water demand</b>	<b>Constant</b>	
Volume withdrawal/daily consumption	l/d	521.1
Temperature setting	°C	50
Energy demand [Qdem]	kWh	9,888.9
<b>Pump Space heating loop pump</b>	<b>Pump, medium</b>	
Circuit pressure drop	bar	0.747
Flow rate	l/h	8,314.7
Fuel and electrical energy consumption [Epar]	kWh	214.5
<b>Pump Solar loop pump</b>	<b>Pump, large</b>	
Circuit pressure drop	bar	0.983
Flow rate	l/h	4,000
Fuel and electrical energy consumption [Epar]	kWh	147.8
<b>Storage tank Buffer tank</b>	<b>1000gal US universal tank</b>	
Volume	l	3,785.4
Height	m	2.2
Material		Enameled steel
Insulation		Flexible polyurethane foam
Thickness of insulation	mm	101.6
Heat loss	kWh	809.2
Connection losses	kWh	273.9
<b>Loop</b>		
<b>Solar loop</b>		
Fluid mixture		Ethylene mixture

Fluid concentration	%	33.3
Fluid domains volume	l	103.3
Pressure on top of the circuit	bar	4

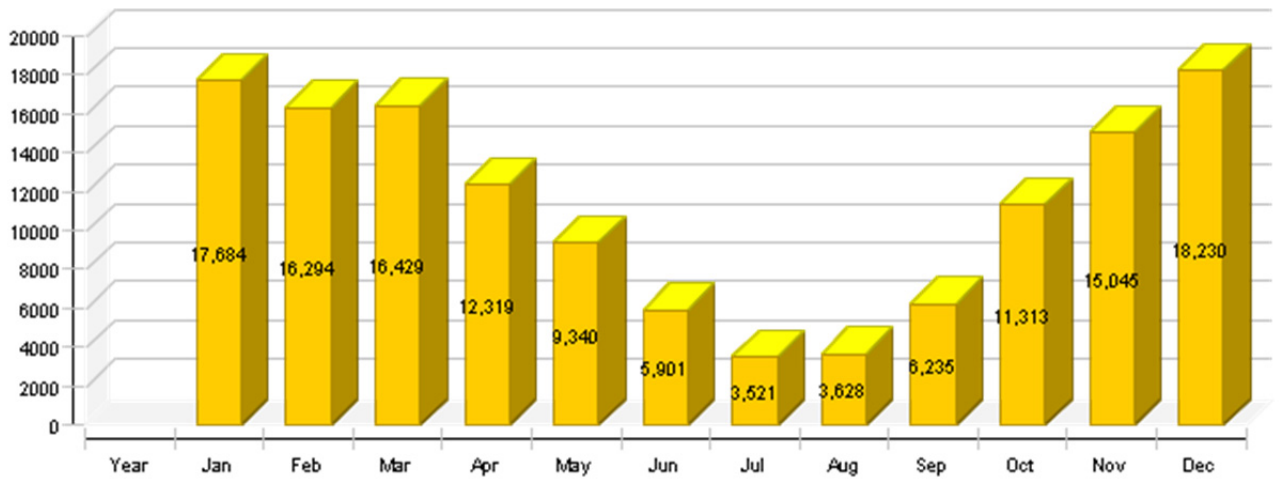
**Solar thermal energy to the system [Qsol]**

**kWh**



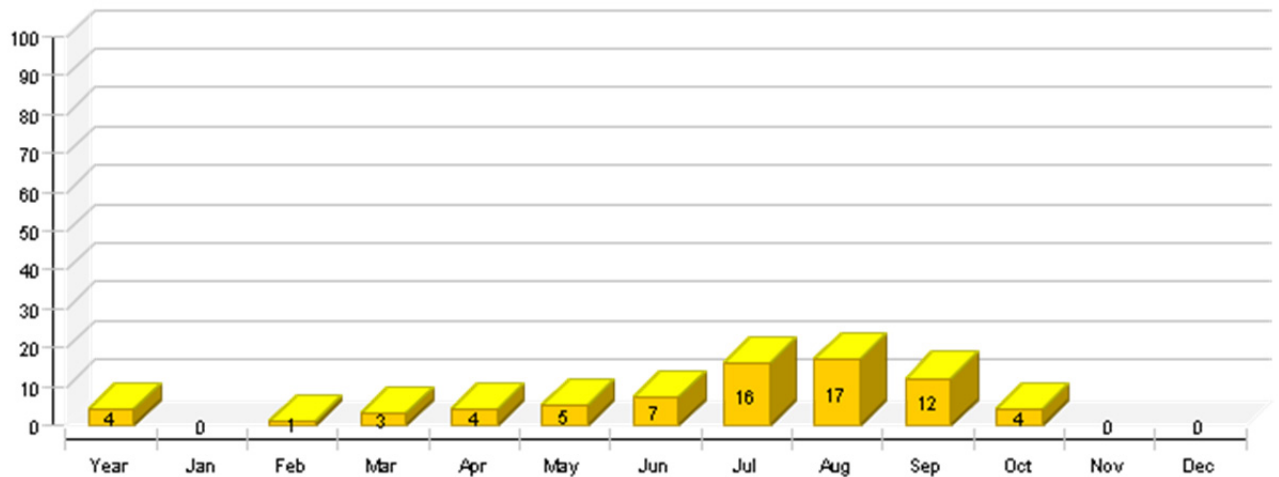
**Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux]**

**kWh**



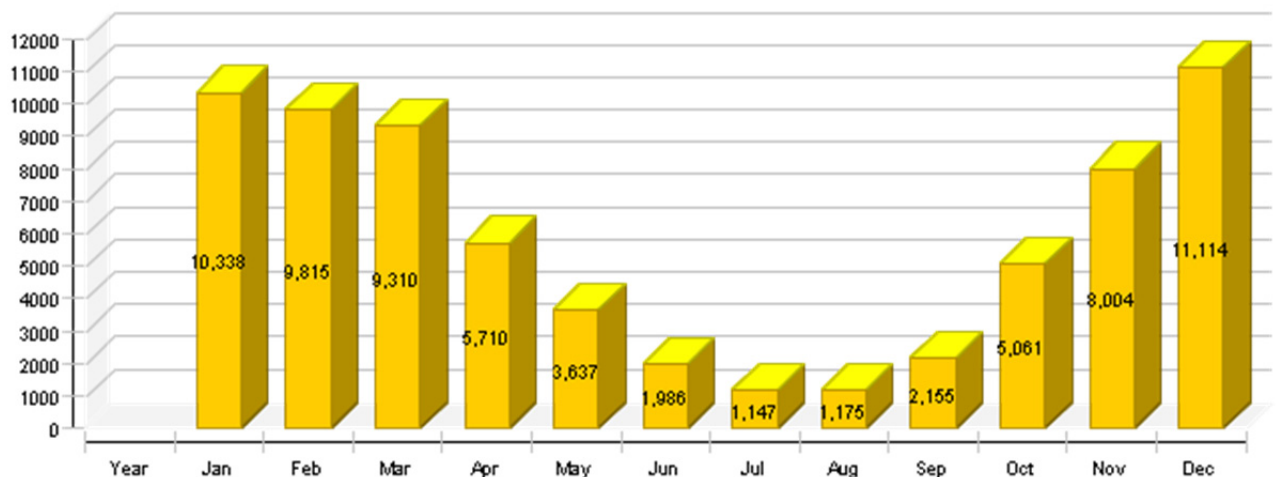
**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]**

%



**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]**

kWh



Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Solar thermal energy to the system [Qsol]**

kWh	4950	1	182	538	550	523	451	670	717	858	459	2	-1
-----	------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	----

**Heat generator energy to the system (solar thermal energy not included) [Qaux]**

kWh	1359	1768	1629	1642	1231	9340	5901	3521	3628	6235	1131	1504	1823
	39	4	4	9	9						3	5	0

**Heat generator fuel and electrical energy consumption [Eaux]**

kWh	6909	1030	9781	9269	5675	3608	1962	1121	1150	2123	5033	7982	1108
	0	6											0

**Solar fraction: fraction of solar energy to system [SFn]**

%	3.5	0	1.1	3.2	4.3	5.3	7.1	16	16.5	12.1	3.9	0	0
---	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----	----	------	------	-----	---	---

**Total fuel and/or electrical energy consumption of the system [Etot]**

kWh	6945	1033	9815	9310	5710	3637	1986	1147	1175	2155	5061	8004	1111
	3	8											4

**Irradiation onto collector area [Esol]**

kWh	8525	270	5311	1182	1166	1086	9483	1012	9855	9593	5622	488	156
	4			1	7	6		0					

**Electrical energy consumption of pumps [Epar]**

kWh	362	32	34	41	35	29	24	26	25	32	28	21	34
-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

**Heat loss to indoor room (including heat generator losses) [Qint]**

kWh	3275	429	423	390	227	163	143	161	168	172	220	305	474
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Heat loss to surroundings (without collector losses) [Qext]**

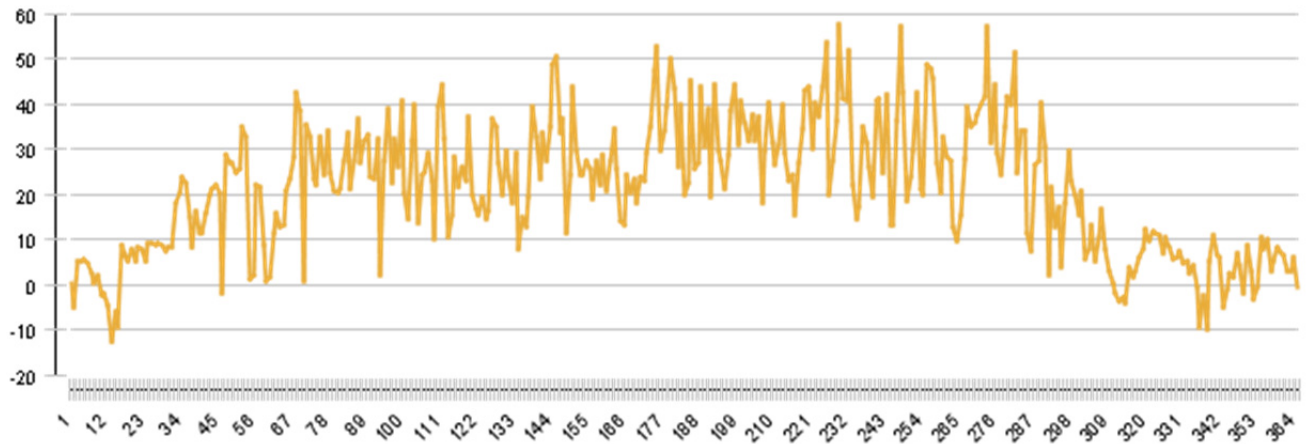
kWh	70	0	6	10	9	7	6	8	8	9	7	0	0
-----	----	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Total energy consumption [Quse]**

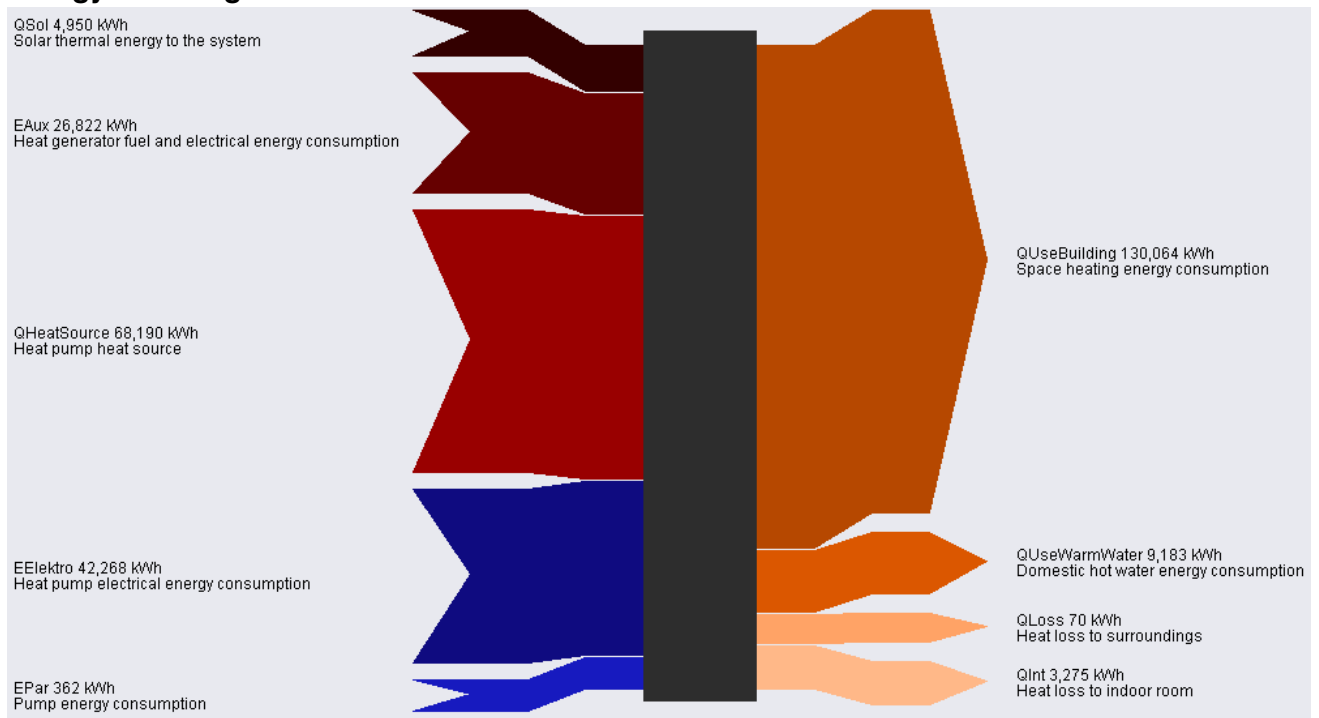
kWh	1392	1753	1635	1678	1273	9716	6237	4005	4193	6960	1165	1494	1811
	49	9	4	3	6						9	9	9

**Collector**

**Daily maximum temperature [ °C]**



**Energy flow diagram**





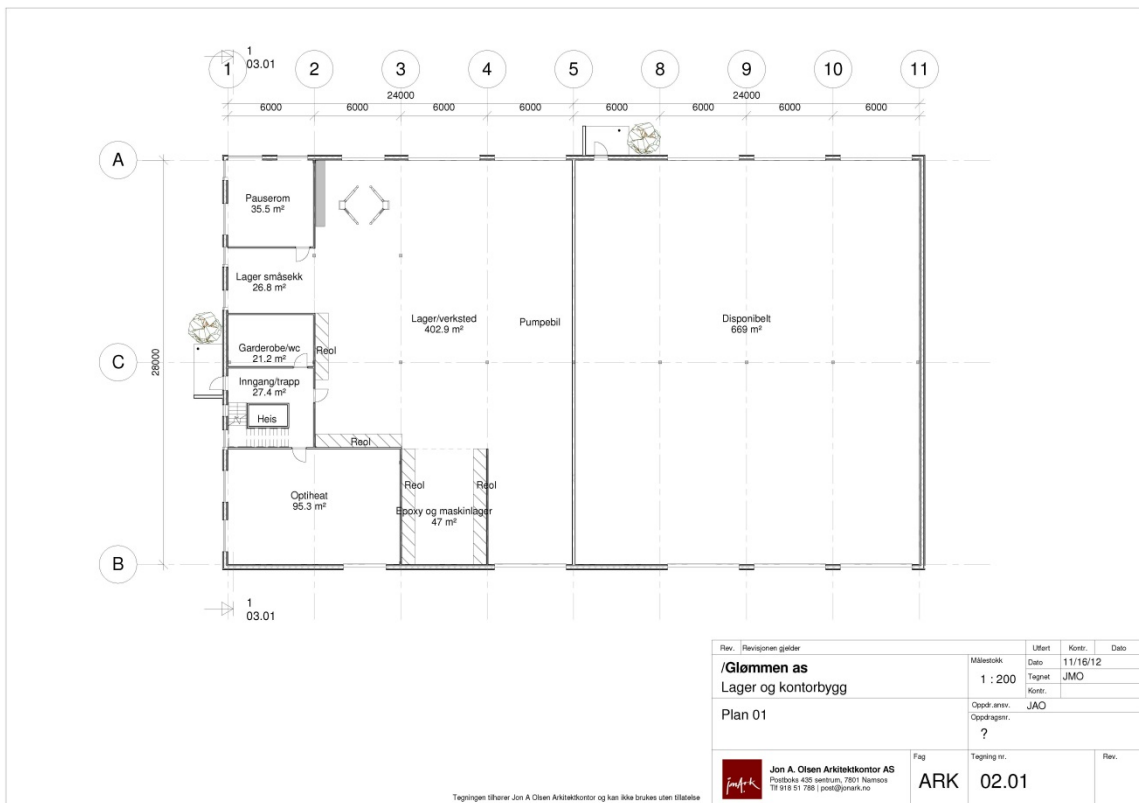
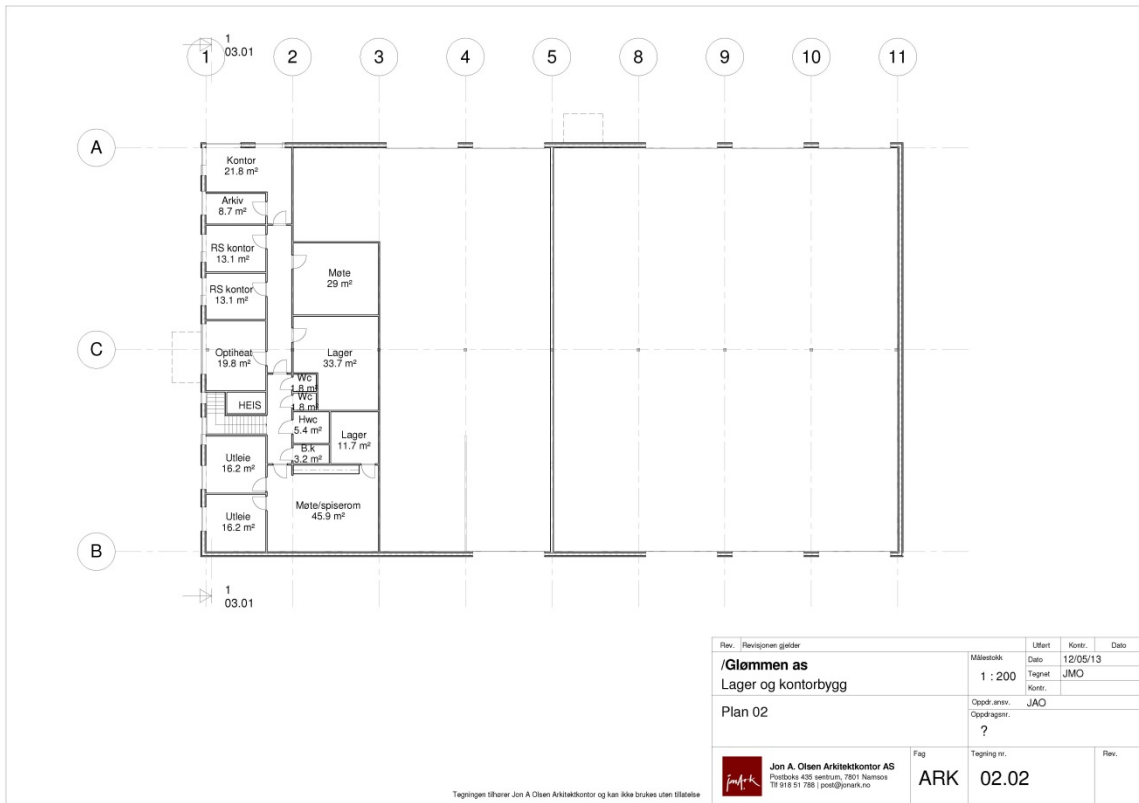
## E Vedlegg - Eksempelbygg

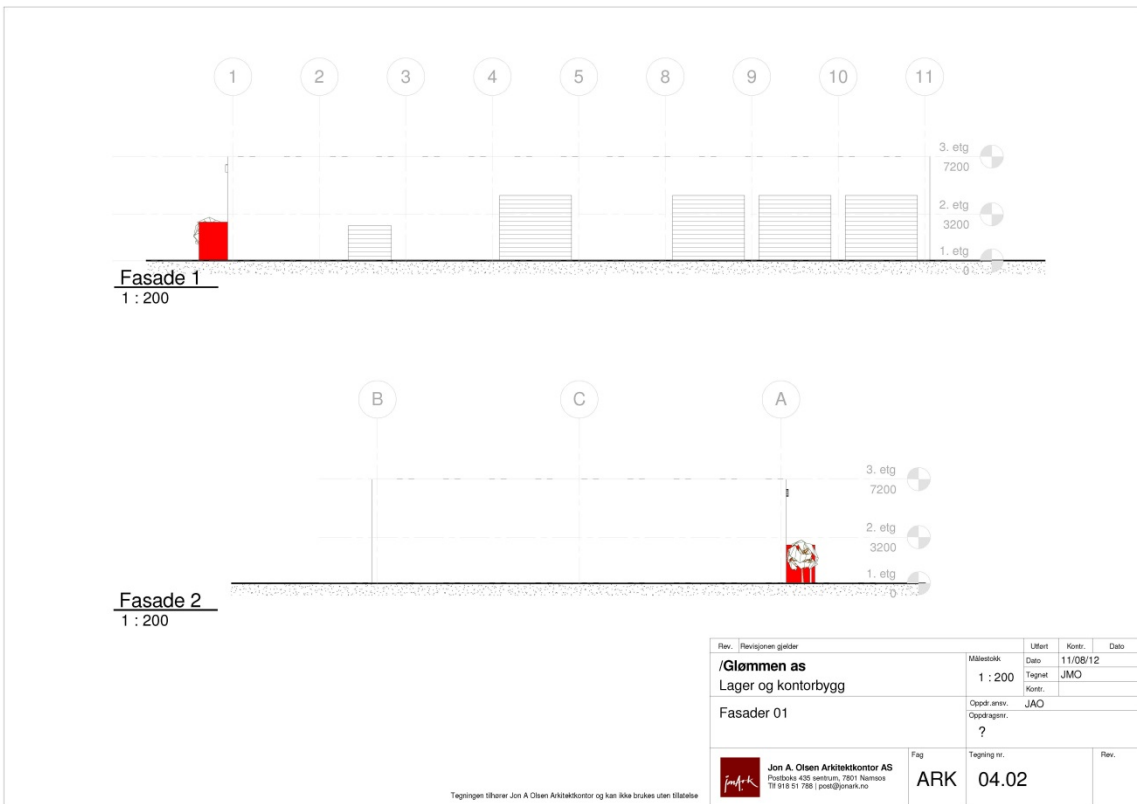
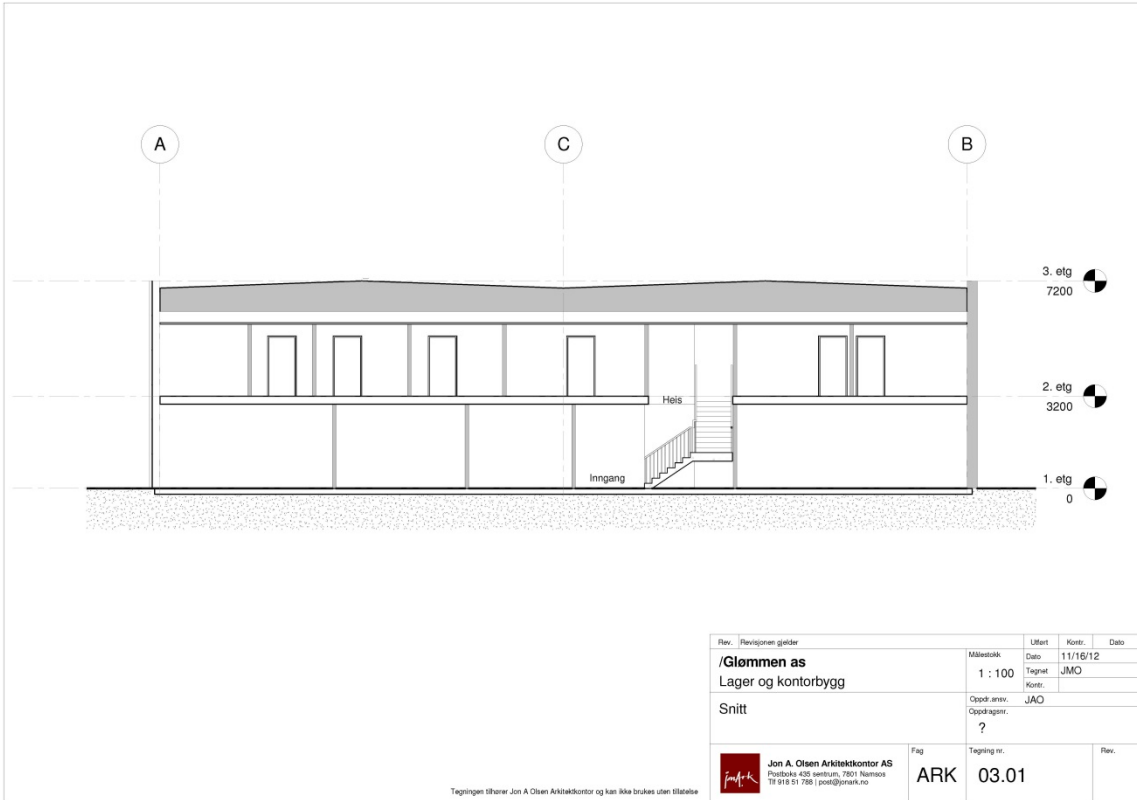
Tabell E.1. Varmebehov i eksempelbygg, byggt etter ulike måte (TEK10, NS3701)

Trondheim	TEK10		NS3701		BRA	TEK10		NS3701	
	kWh/m <sup>2</sup>	LE	PH	PH	m <sup>2</sup>	kWh	LE	PH	PH
<b>kontor</b>	<b>54</b>	<b>45.88</b>	<b>29.32</b>	<b>297.4</b>	<b>16060</b>	<b>13645</b>	<b>8720</b>		
romoppvarming	49	40.88	24.32	297.4	14573	12158	7233		
varmtvann	5	5	5	297.4	1487	1487	1487		
<b>verksted</b>	<b>94</b>	<b>56</b>	<b>39.56</b>	<b>1325.1</b>	<b>124559</b>	<b>74206</b>	<b>52421</b>		
romoppvarming	84	46	29.56	1325.1	111308	60955	39170		
varmtvann	10	10	10	1325.1	13251	13251	13251		
<b>sum</b>	<b>148</b>	<b>101.88</b>	<b>68.88</b>	<b>1622.5</b>	<b>140619</b>	<b>87850</b>	<b>61141</b>		
romoppvarming	133	86.88	53.88	1622.5	125881	73112	46403		
varmtvann	15	15	15	1622.5	14738	14738	14738		

Tegninger av /Glømmen as, lager og kontor bygg, Namsos. Planer, fasader, perspektiver.









Fasade 3  
1 : 200



Fasade 4  
1 : 200


Rev. / Revisjonen gjelder	Målestokk	Utført	Kontroll	Dato
/Glønnen as Lager og kontorbygg	1 : 200	Dato	12/05/13	
Fasader 02	Oppdr. ansv.	JACO	Kontroll	JMO
	Oppdragsnr.	?		
 Jon A. Olsen Arkitektkontor AS Postboks 435 sentrum, 7801 Næmsos Tlf 918 51 788   post@jorark.no	Fag	ARK	Tegning nr.	04.03
Tegningen tilhører Jon A Olsen Arkitektkontor og kan ikke brukes uten tillatelse			Rev.	06.12.2013 15:15:13



Perspektiv 1



Perspektiv 2

Rev. / Revisjonen gjelder	Målestokk	Utført	Kontroll	Dato
/Glønnen as Lager og kontorbygg		Dato	12/06/13	
Perspektiv	Oppdr. ansv.	JACO	Kontroll	JMO
	Oppdragsnr.	?		
 Jon A. Olsen Arkitektkontor AS Postboks 435 sentrum, 7801 Næmsos Tlf 918 51 788   post@jorark.no	Fag	ARK	Tegning nr.	04.04
Tegningen tilhører Jon A Olsen Arkitektkontor og kan ikke brukes uten tillatelse			Rev.	06.12.2013 15:15:14

# Solfangervegg – potensialstudie

## YTTERVEGG I BETONG MED INNSTØPTE GUMMISLANGER – RESULTATER AV MODELLERING

Rapporten viser beregninger av energiutbyttet fra solfanger integrert i betongvegg for å produsere varmtvann. Fem bygningstyper er analysert. Ut fra solstråling og systemvirkningsgrader er det beregnet hvor store solfangerarealer som trengs for å dekke realistiske deler av varmtvannsbehovet i bygningene.

Studien av systemvirkningsgrader og SF (Solar Fraction) kan brukes til å beregne investeringskostnader og energisparepotensial. Viktige parametere er varmtvannsbehov, fasadeareal og -orientering, bruksareal, samt materialeegenskapene til veggen.