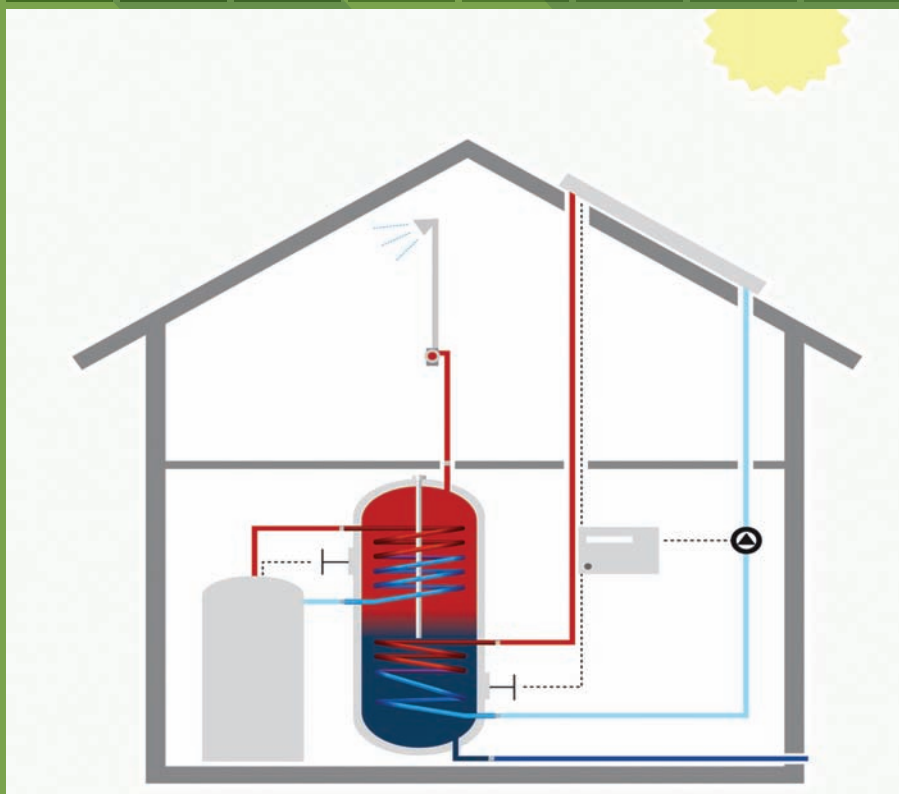


INGER ANDRESEN

Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus. En introduksjon

Prosjektrapport 22

2008



SINTEF Byggforsk

Inger Andresen

Planlegging av solvarmeanlegg for lav- energiboliger og passivhus. En introduksjon

Prosjektrapport 22 – 2008

Prosjektrapport nr. 22

Inger Andresen

**Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus.
En introduksjon**

Emneord:

Solenergi, lavenergiboliger, passivhus

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1027-6 (trykt)

ISBN 978-82-536-1035-1 (pdf)

Prosjektnummer: 510051.00

30 eks. trykt av AIT AS e-dit

Innmat: 100 g scandia

Omslag: 240 g trucard

© Copyright SINTEF Byggforsk 2008

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF Byggforsk er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare 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.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

Forord

I den siste tiden har vi sett en sterk økning av interessen for såkalte lavenergiboliger og passivhus. Dette er boliger med meget lavt energibehov til romoppvarming, og i tillegg ønsker man gjerne at en stor del av energiforsyningen skal være basert på fornybar energi. Utnyttelse av solvarme til å dekke deler av varmebehovet i slike boliger er en miljøvennlig løsning som er både enkel økonomisk. Dette er foreløpig en lite utnyttet ressurs i Norge, men det er et betydelig potensial for utnyttelse av solenergi her til lands. I land som Tyskland, Østerrike og Danmark har solvarme fått en stor utberedelse. Her har myndighetene gått aktivt inn med støtteordninger for å stimulere markedet. Slike ordninger har vi enda ikke fått i Norge. Markedet for solvarme i Norge er derfor foreløpig forholdsvis lite, men det er ferd med å vokse i takt med økt fokus på energi- og miljøforhold.

Denne veilederen gir en innføring i de viktigste prinsippene man må ta hensyn til ved planlegging og prosjektering av solvarmeanlegg i lavenergiboliger og passivhus. Den er i hovedsak myntet på arkitekter og rådgivere som er involvert i boligprosjekter med ambisjoner om oppnå lavenergi- eller passivhus-standard, men vil også kunne være nyttig for byggherrer og andre som er interessert i temaet.

Veilederen har fokus på vannbaserte solfangere til oppvarming av forbruksvann, og i første rekke mindre anlegg for enkeltboliger. Hovedprinsippene vil imidlertid også være gyldige for andre typer solfangere og solvarmesystemer, samt for større anlegg som skal forsyne flere boliger.

Veilederen er i hovedsak finansiert av Husbanken. Enova har bidratt gjennom finansiering av illustrasjoner. Flere norske solfangerprodusenter har også bidratt med informasjon og innspill. Disse produsentene er beskrevet i kapittel 8. Norsk solenergiforening har bidratt med informasjon i innledende fase. Tore Wigenstad ved SINTEF Byggforsk har vært kvalitetssikrer.

Tusen takk til alle bidragsyttere, og de beste ønsker om en solrik og fornybar fremtid!

Trondheim, juni 2008
Inger Andresen, SINTEF Byggforsk

Innhold

1 Innledning.....	7
2 Solvarme i lavenergiboliger og passivhus	9
3 Solvarmeanleggets komponenter	11
4 Utforming og dimensjonering av solvarmeanlegget.....	20
5 Installasjon, drift og vedlikehold	26
6 Eksempler på lavenergiboliger og passivhus med solvarmeanlegg.....	27
7 Sertifisering og standarder	32
8 Produkter og leverandører	33
9 Mer informasjon	40

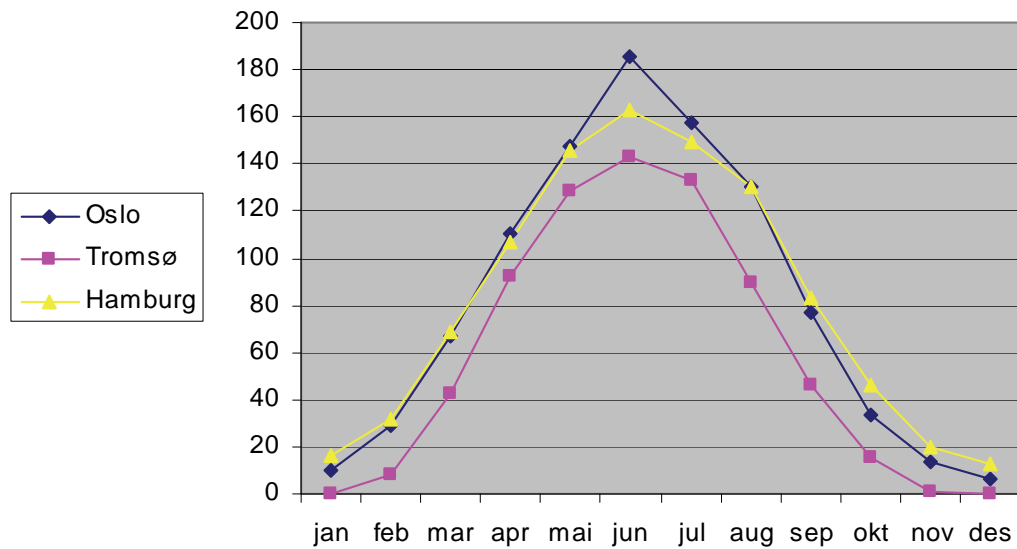
1 Innledning

Solenergi er vår mest miljøvennlige energikilde, den er tilgjengelig stort sett overalt, og den finnes i store mengder. Hvert år mottar jorda 15.000 ganger mer energi enn menneskene i verden bruker. Til og med i Norge gir sola 1500 ganger mer energi enn det vi bruker. Dette betyr at hvis vi bare kunne utnytte 1 promille av den solenergien vi mottar, så ville vi ha mer enn nok energi til å tilfredsstille våre behov.

Det finnes flere måter å utnytte solenergien på. Solceller omformer solenergien til elektrisitet, mens solvarmesystemer (solfangere) utnytter den termiske energien fra sola. Utnyttelse av solvarme til oppvarmingsformål i bygninger er enkelt, miljøvennlig og økonomisk. I en tid med økende strøm/olje-priser og økt fokus på miljøspørsmål, vil utnyttelse av solvarme i bygninger bli stadig mer attraktivt.

Den årlige solinnstrålingen i Norge varierer fra ca. 700 kWh/m² i nord til ca 1100 kWh/m² i sør. Det er imidlertid store variasjoner mellom sommer og vinter. Dette betyr at man ikke kan basere seg 100% på solvarme, så lenge man ikke har mulighet for å lagre energien fra sommer til vinter.

Figuren under viser fordelingen av solinnstrålingen over året i Oslo og Tromsø, sammenlignet med Hamburg i Tyskland. Vi ser at solinnstrålingen i Oslo sett over året faktisk er omtrent like stor som solinnstrålingen i Hamburg.



Figur 1. Månedlig total solinnstråling på horisontalen (W/m²) for Oslo, Tromsø og Hamburg. Data for solinnstråling er basert på målte gjennomsnittsverdier over 20 år.

Solvarme i relasjon til EUs bygningsenergidirektiv

Energimerke for boliger	Svært energieffektivt		Vektet tilført energibehov	
	A	B		C
	C	D		
	E	F		
	G			
	Lite energieffektivt			
	Spesifikk varmetapskoeffisient		D	
	Beregnet tilført energi:	 kWh/m ²	
	Målt energibruk:	 kWh/m ²	
	Oppvarmingsanlegg, inkl. energikilden(e):			
Bygningens oppvarmede areal:	 m ²		
Kort om brukeradferd som kan ha betydning på energibruken				
Administrative data				
Adresse:				
Bygningstype:				
Dato for utstedelse av merket:				
Energisertifisør:				

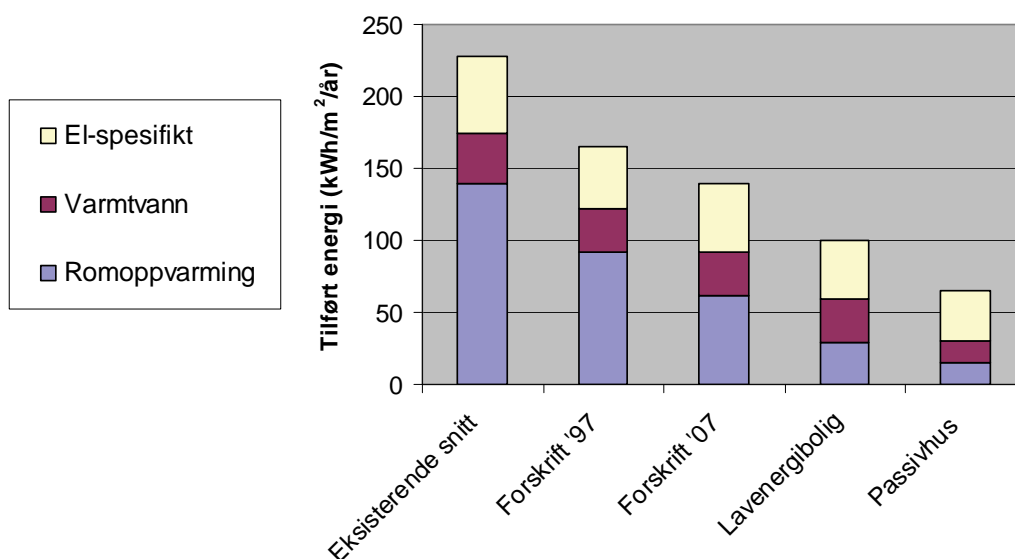
EU vedtok i desember 2002 et direktiv om energieffektiviteten til bygninger (www.bygningsenergidirektivet.no), gjeldende fra januar 2006. Det er politisk vedtatt at direktivet også skal implementeres i Norge. NVE har fått det nasjonale ansvaret for iverksetting av direktivet. Direktivet inneholder en rekke artikler (totalt 16), hvor de viktigste i denne sammenhengen er:

- Energiytelsen til en bygning skal oppgis som den totale energibruken til bygningen ved standardisert bruk, og skal inkludere oppvarming, kjøling, tappevannsoppvarming, belysning og andre energiposter. Det skal også tas hensyn til fornybar energiforsyning i form av varmepumper, solfangere, o.l., og energiytelsen skal angis i form av en eller flere numeriske indikatorer.
- Det skal på nasjonalt eller regionalt nivå fastsettes minstekrav til energiytelse for ulike bygningstyper. Dette skal gjelde for nye bygninger, men også ved større rehabiliteringer eller ombygninger av eksisterende bygninger over 1000 m². Kravene skal revideres hvert 5 år ut fra teknologisk utvikling.
- Alle bygninger for varig opphold skal ha et energisertifikat som er tilgjengelig ved nybygging, salg eller utleie av bygningen. Energisertifikatet skal ikke være eldre enn 10 år. For bygninger over 1000 m² skal energisertifikatet være plassert på en lett synlig sted. For eksisterende bygninger skal det på sertifikatet også angis kostnadseffektive energisparetiltak.

Ved innføring av energimerkeordning for norske bygg, vil utnyttelse av solvarme og andre miljøvennlige energikilder få økt betydning både ved omsetning av bygg og ved nybygging.

2 Solvarme i lavenergiboliger og passivhus

Lavenergiboliger og passivhus er karakterisert ved at de har et meget lavt energibehov til romoppvarming. Det årlige oppvarmingsbehovet til lavenergiboliger kan være en faktor 4 lavere enn for nye ordinære boliger (oppvarmingsbehovet er redusert til en $\frac{1}{4}$ av ordinært forbruk). Passivhus kan ha et romoppvarmingsbehov som er redusert med en faktor 10 i forhold til eksisterende boliger.



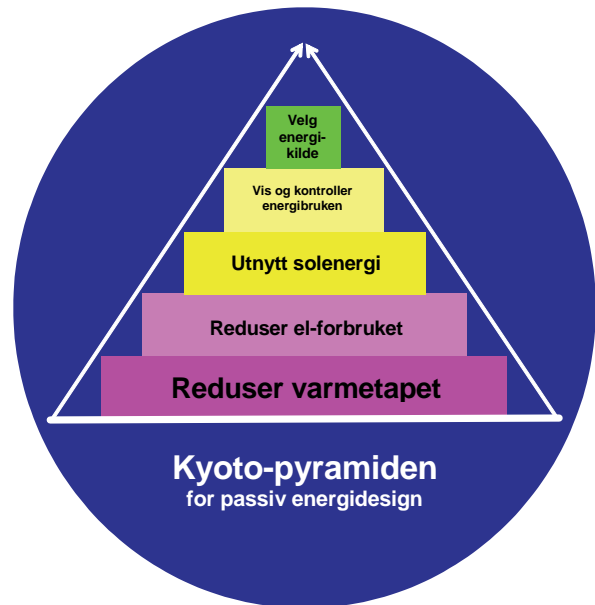
Figur 2. Typisk energibruk for en eksisterende bolig, en bolig bygget etter byggeforskriften av 1997 (Forskrift'97), etter revidert forskrift av 2007 (Forskrift '07), en lavenergibolig og et passivhus (Oslo-klima).

Som figuren over viser, er energibehovet til oppvarming av tappevann i lavenergiboliger like stort som romoppvarmingen. For passivhus er det forutsatt at ca. 50% av tappevannsbehovet dekkes av solvarme, biovarme og/eller varmepumpe.

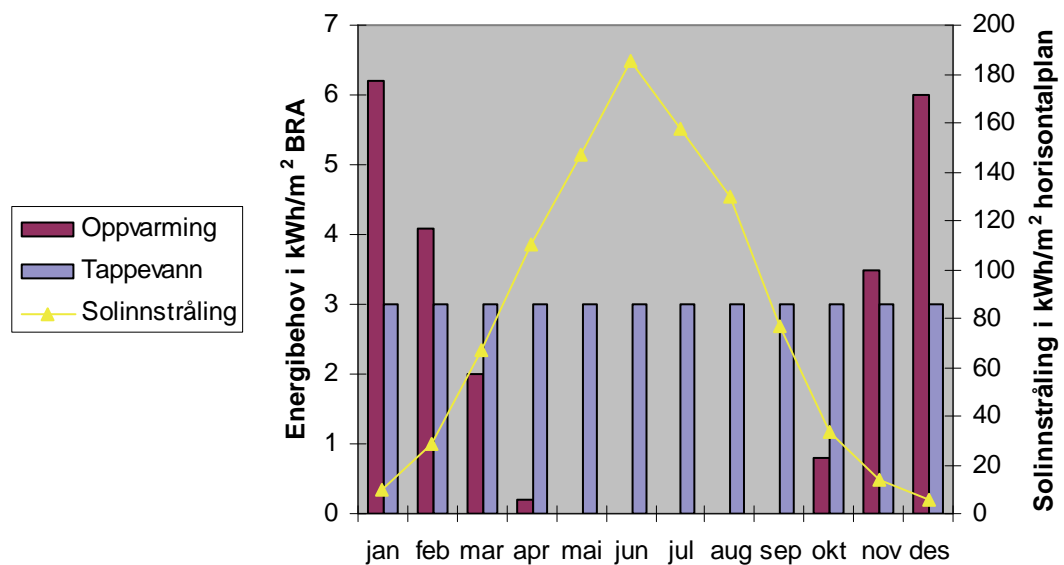
Ved prosjektering av lavenergiboliger og passivhus bør man følge en strategi som innebærer at man først reduserer behovet for energi mest mulig, og deretter sørger for at det resterende energibehovet kan dekkes opp av fornybar energi. Denne strategien kan illustreres ved den såkalte *Kyoto-pyramiden* (se figur 3). Først reduserer man varmetapet ved bruk av balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning, en bygningskropp med kraftig reduserte luftlekkasjer, meget god varmeisolering og bruk av superisolerte vinduer. Sekundært forsøker man å utnytte passiv solvarme på en effektiv måte (mest vinduer mot solrik orientering). Til slutt velger man en energikilde og oppvarmingsløsning som er tilpasset det lave oppvarmingsbehovet. Det er også fornuftig å bruke lavenergi-belysning og -utstyr, samt ha et styringssystem som kan redusere ventilasjon og belysning når boligen ikke er i bruk, både for å redusere elektrisitetsforbruket, men også for å unngå overoppvarming. Denne strategien er nærmere beskrevet i veilederen "Fremtidens

energieffektive boliger – en håndbok for planlegging av passivhus og lavenergi boliger” (Dokka og Hermstad 2006).

Figur 3.
Kyoto-pyramiden for passiv energidesign. (SINTEF og Husbanken).



Figur 4 viser at storparten av romoppvarmingsbehovet for en lavenergi bolig vil være i de 4 kaldeste månedene. I denne perioden er det lite solinnstråling. For passivhus vil oppvarmingsbehovet være enda lavere, og begrense seg til de to kaldeste vintermånedene. Dette innebærer at det er lite potensial for utnyttelse av solvarme til romoppvarming for lavenergi boliger og passivhus i Norge. Behovet for oppvarming av tappevann er imidlertid så og si konstant over hele året, så her ligger det godt til rette for utnyttelse av solvarme.

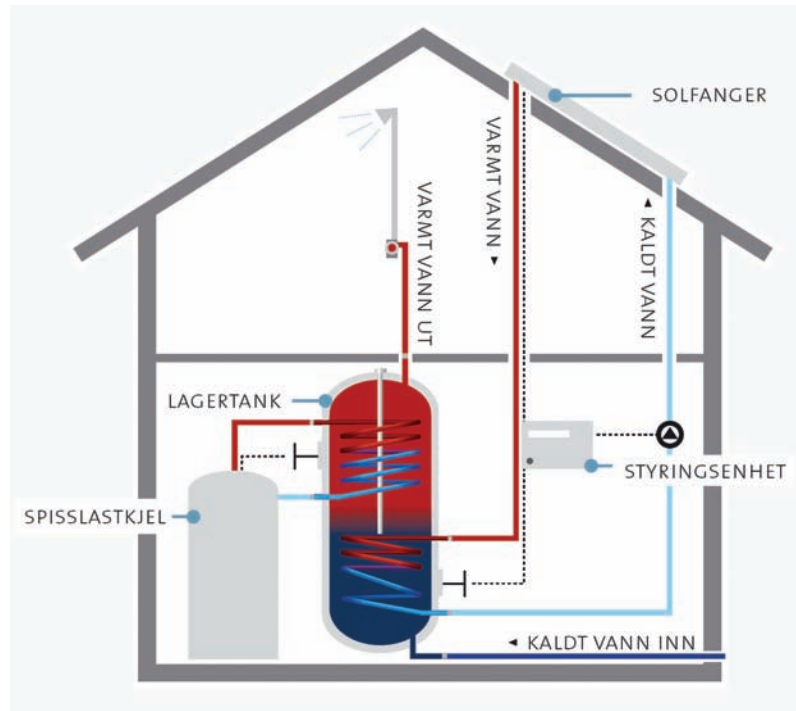


Figur 4. Månedlig energibehov til romoppvarming og tappevann (kWh/m² oppvarmet bruksareal) for en lavenergi bolig (blokkleilighet) i Oslo. Total månedlig solinnstråling (på horisontalplanet) i Oslo er også vist.

3 Solvarmeanleggets komponenter

Solfangeranlegg til oppvarming av varmtvann består av følgende hoveddeler:

- solfanger
- varmelager (akkumulatortank)
- distribusjonssystem
- styringsautomatikk



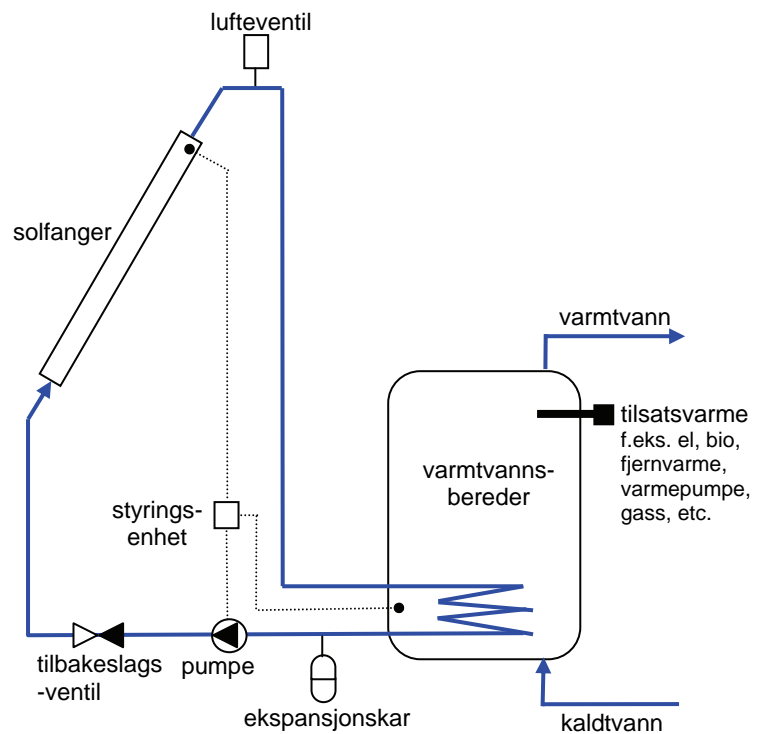
Figur 5. Prinsippskisse av et solvarmeanlegg til oppvarming av forbruksvann (figuren viser ikke reelle forholdsmessige størrelser på tank, kjel, osv). Illustrasjon: Tibe-T.

Et varmelager er nødvendig for å ta vare på varmen i perioder hvor det ikke er solinnstråling, f.eks. om natten eller i overskyete perioder.

Distribusjonssystemet består av rør og pumper som sørger for å bringe varmen fra solfanger til lager og forbruksstedet.

I de fleste tilfeller er det også nødvendig med et automatisk styringssystem som overvåker anlegget og sørger for optimalt energiutbytte. Styringssystemet kan f.eks. gi beskjed om at pumper skal slås av og på avhengig av temperatur og solinnstråling.

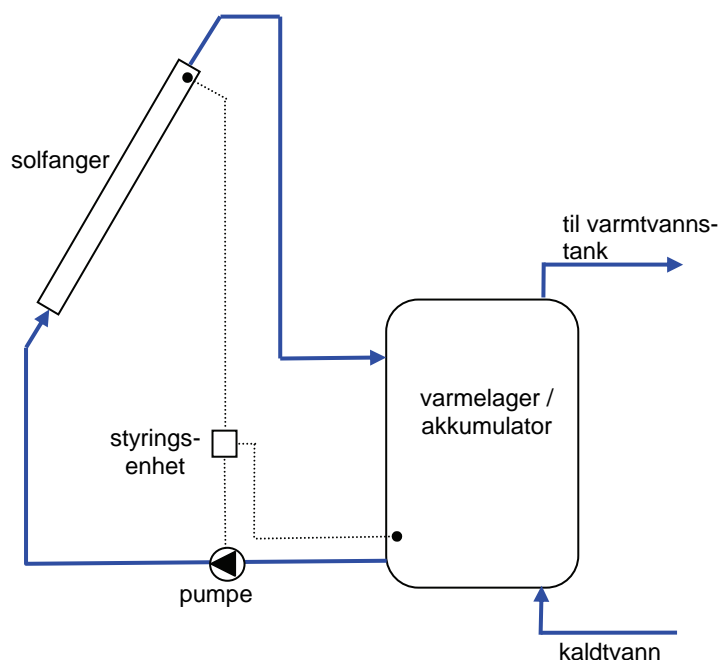
Det finnes flere ulike typer solvarmesystemer for oppvarming av varmtvann. Den vanligste typen er et såkalt *indirekte system*, dvs. at varmen fra solfangeren overføres til tanken via en varmeveksler. På denne måten kan man bruke et varmemedium i solfangerkretsen som tåler minusgrader, f.eks. en vann/glykol-blanding. Varmeveksleren som overfører varme fra solfangerkretsen til lagertanken kan enten være plassert inne i tanken, eller utenfor tanken. Varmeveksling kan også skje via en mantel rundt tanken.



Figur 6. Indirekte system for oppvarming av varmtvann.

Pumpen styres av en termostat og slås på når temperaturen i toppen av solfangeren er høyere enn temperaturen i bunn av tanken (med en viss margin for å sikre stabilitet). En tilbakeslagsventil brukes for å hindre at sirkulasjonen reverseres om natten med påfølgende varmetap fra solfangeren.

Figur 7 viser et såkalt *direkte system* for oppvarming av varmtvann. Det varme vannet fra solfangeren går direkte i tanken uten via en varmeveksler. Man har da vanligvis en ekstra varmtvannstank i tillegg til varmelagringstanken fordi man ikke ønsker å blande bruksvannet med vannet fra solfangerkretsen. Varmtvannsbereederen kan være integrert i akkumulatortanken. Vannet må tappes ut av solfangerkretsen når utetemperaturen faller under frysepunktet. Den norske solfangerleverandøren Solarnor leverer et direkte system hvor vannet pumpes opp til toppen av solfangeren og renner ned og videre til tanken. Ved fare for frysing eller koking, stoppes pumpen, og vannet renner automatisk ut av solfangeren.



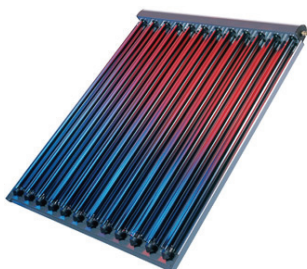
Figur 7. Direkte system for oppvarming av varmtvann.

Solfangeren

Solfangeren er selve hjertet i solvarmesystemet, det er her solstrålingen blir omdannet til varme. Det finnes flere ulike typer solfangere, f.eks. plane solfangere, vakuumrør-solfangere, parabol-solfangere og trauformede solfangere. Den plane solfangeren er den som tradisjonelt har vært mest brukt i bygninger. Etter hvert har også vakuumrør-solfangere fått en større andel av markedet.



Plan solfanger.
www.svensksolenergi.se

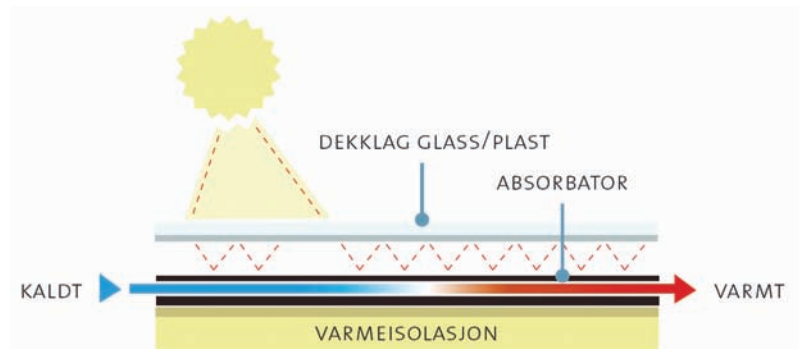


Vakuumrør-solfanger.
www.svensksolenergi.se

En typisk solfanger består av tre hoveddeler: absorbator, dekklag, og isolasjon. Ikke alle solfangere har dekklag og isolasjon, men alle har en eller annen slags absorbator. Absorbatoren er den sentrale komponenten i solfangeren, det er den som utfører arbeidet med å omforme solinnstrålingen til varme. Absorbatoren er ofte en tynn metallplate som er farget sort eller har en selektiv overflate. En selektiv flate absorberer en stor del av det synlige lyset (typisk rundt 98%) på samme måte som en sortmalt flate, men den emitterer (gir fra seg) mye mindre infrarød stråling enn en vanlig malt overflate gjør. På denne måten reduseres varmetapet fra solfangeren, noe som gir en mer effektiv solfanger.

Et gjennomskinnelig dekklag blir ofte benyttet for å øke solfangerens effektivitet. Et dekklag er spesielt nyttig for solfangere som skal fungere effektivt i kalde og vindfulle værforhold. Dekklaget fungerer som en "varmefelle" ved å slippe inn den kortbølgede solstrålingen samtidig som det hindrer den langbølgede varmestrålingen fra å slippe ut. I tillegg beskytter dekklaget absorbatoren fra å bli nedkjølt. Vanligvis består dekklaget av glass eller plast. Varmetapet kan reduseres ytterligere ved å bruke dekklag med lavemitterende belegg eller transparente isolasjonsmaterialer. Tiltak som reduserer varmetapet fra solfangeren fører imidlertid ofte også til en reduksjon av transmisjonsegenskapene til dekklaget, og det blir derfor et

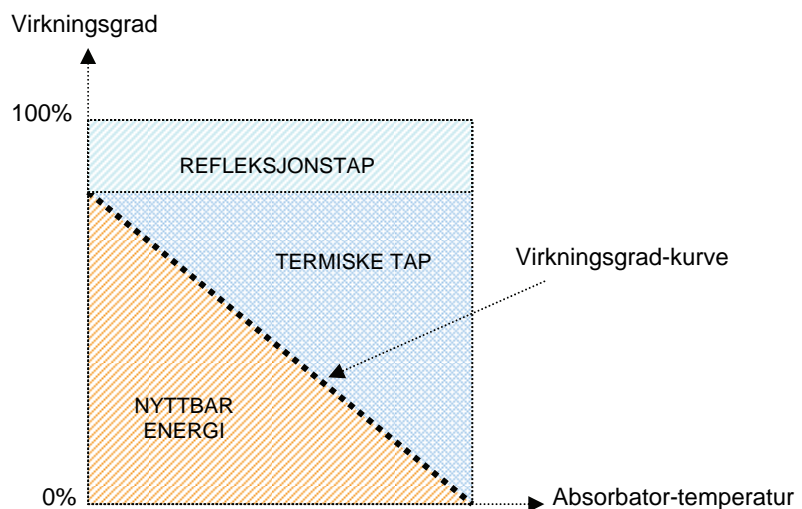
avveinings spørsmål hva som er den optimale kombinasjonen i hvert enkelt tilfelle.



Figur 8. Prinsippskisse for en plan solfanger. Illustrasjon: Tibe-T.

Solfangerens virkningsgrad

Solfangerens virkningsgrad, η , er en viktig parameter. Virkningsgraden er definert som forholdet mellom utnyttbar varmeproduksjon fra solfangeren og den mengde solstråling som treffer solfangeren. Den forenklede skissen i figur 9 viser sammenhengen mellom solfangerens virkningsgrad og absorptortemperatur samt refleksjonstap og varmetap. Figuren viser at solfangerens virkningsgrad reduseres ved økende absorptortemperatur pga økt varmetap til omgivelsene. Den viser også at ca. 20% av solenergien som treffer solfangeren går tapt gjennom refleksjon fra overflaten.



Figur 9. Skjematisk fremstilling av virkningsgraden til en solfanger.

Solfangerleverandøren vil kunne presentere kurver som viser virkningsgraden til solfangeren. For å kunne forstå disse kurvene, er det nyttig å ha vært gjennom følgende utledning:

Ved stasjonære forhold kan den nyttbare energien fra solfangeren uttrykkes ved følgende energibalanse:

$$Q_{\text{nyttbar}} = A (q_{\text{inn}} - q_{\text{ut}})$$

hvor:

A er solfangerarealet i m²

$q_{inn} = A I_T (\tau\alpha)$, total mengde solinnstråling absorbert i solfangeren

$q_{ut} = A U_L (t_{pm} - t_{ute})$, totalt energitap fra solfangeren

hvor:

I_T er solinnstråling mot solfangeren i W/m²

$(\tau\alpha)$ er produktet av dekklagets transmittans og absorbatorens absorpsjonsfaktor

U_L varmetapskoeffisienten for solfangeren i W/(m²K)

$t_{pm} - t_{ute}$ differansen mellom absorbatorens middeltemperatur og utetemperaturen i K.

Problemet med denne ligningen er at absorbatorens middeltemperatur er vanskelig å beregne eller måle. Man har derfor introdusert en faktor F_R , som gjør at man kan uttrykke energituttbyttet som en funksjon av inngangstemperaturen, t_i , til absorbatoren:

$$Q_{nyttbar} = A F_R [I_T (\tau\alpha) - U_L (t_i - t_{ute})]$$

F_R er en kompleks funksjon av mange forskjellige variable (bl.a. varmeledningsevnen til absorbatoren og uforming av varmerør), og vi vil ikke gå nærmere inn på denne her.

Neste skritt er å sette opp ligningen som definerer solfangerens virkningsgrad, dvs. den energimengden som solfangeren leverer (nyttbar energi) i forhold til den energimengden som treffer solfangeren:

$$\eta = Q_{nyttbar} / (A I_T)$$

Hvis vi kombinerer de to ligningene, får vi et uttrykk for virkningsgraden uttrykt ved en rett linje¹:

$$\eta = F_R(\tau\alpha) - F_R U_L (t_i - t_{ute}) / I_T$$

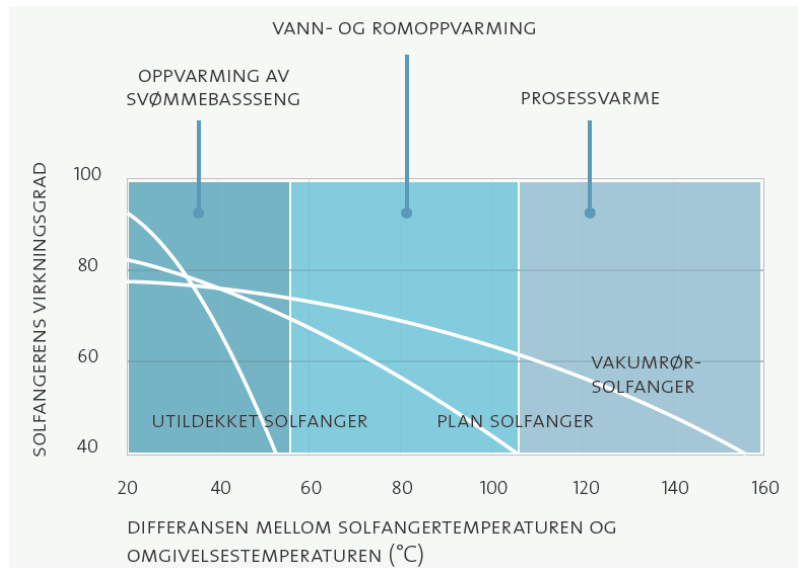
$F_R U_L$ representerer helningen på linjen og $F_R(\tau\alpha)$ er det punktet hvor linjen krysser y-aksen. Disse tallene er viktige designparametre som beskriver den enkelte solfangeren. Tallene er basert på måledata og oppgis av solfangerleverandøren.

Figur 10 viser eksempler på virkningsgrad-kurver for 3 forskjellige solfangertyper. En vakuum-solfanger vil ha en kurve med en liten helningsgrad fordi $F_R U_L$ er liten (høy varmeisolering). En slik solfanger vil ha best virkningsgrad ved liten solinnstråling og store temperaturdifferanser (til høyre i diagrammet). Ved stor solinnstråling og lave temperaturdifferanser vil en solfanger helt uten dekklag være den beste.

Fra figuren kan man trekke følgende konklusjoner med hensyn til å oppnå høy virkningsgrad:

- lav inngangstemperatur til solfangeren
- dekklag med høy soltransmittans
- god isoleringsevne
- absorlator med høy absorpsjon og lav emisjon

¹ I virkeligheten er ikke denne sammenhengen helt lineær, slik at virkningsgrad-kurvene får en svak krumning, se figur 10.



Figur 10. Typiske virkningsgrad-kurver for ulike plane solfangere. Figuren viser også hvilke temperaturnivå som er typisk for ulike bruksområder. Illustrasjon: Tibe-T.

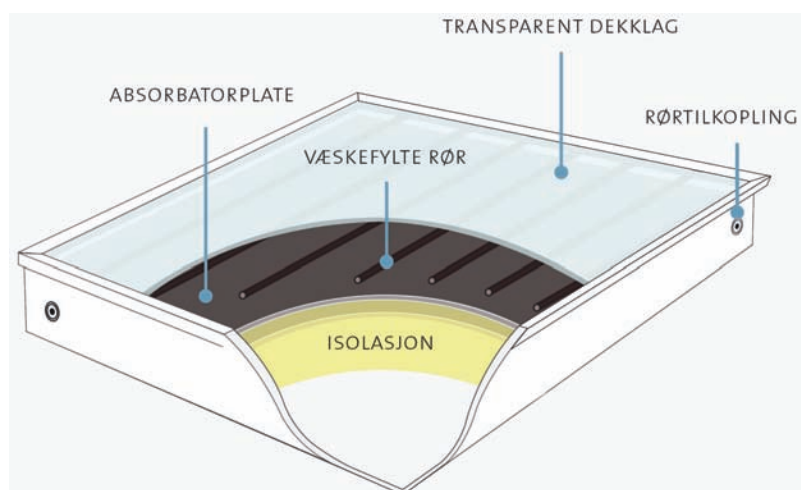
Solfangere - eksempler



Snitt gjennom plan solfanger (SolarShelter)

Plan solfanger

Figuren til venstre viser et snitt gjennom en tradisjonell plan væskebasert solfanger. Dekklaget består av ett lag herdet glass i en ramme av ekstrudert aluminium og forseglet med EPDM-gummi. Absorbatoren er en kopperplate med ribber og innstøpte rør. Solfangeren har 4 cm isolasjon på baksiden og 2,5 cm isolasjon rundt kantene. På baksiden har solfangeren en tynn aluminiumsplate. Kopper er det vanligste absorbator materialet for væskebaserte solfangere, men aluminium og plast er også vanlig. Figur 11 viser en skjematisk skisse av en typisk plan solfangermodul.

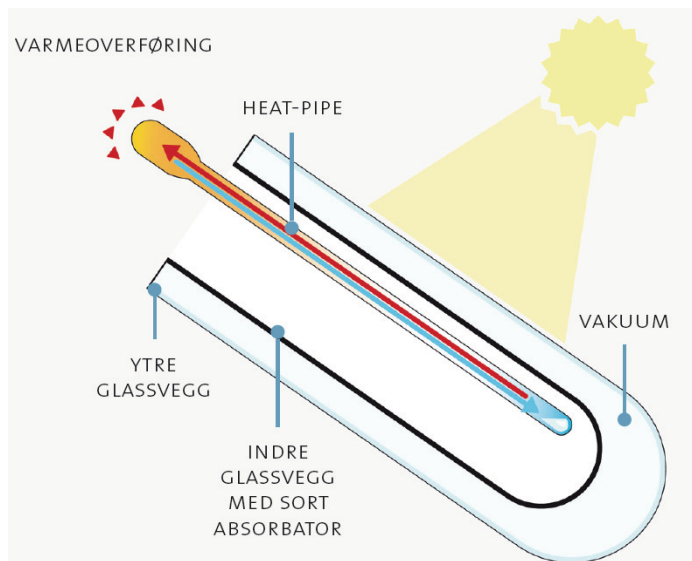


Figur 11. Prinsipiell oppbygging av en plan solfangermodul. Illustrasjon: Tibe-T.

Vakuurrørsolfanger

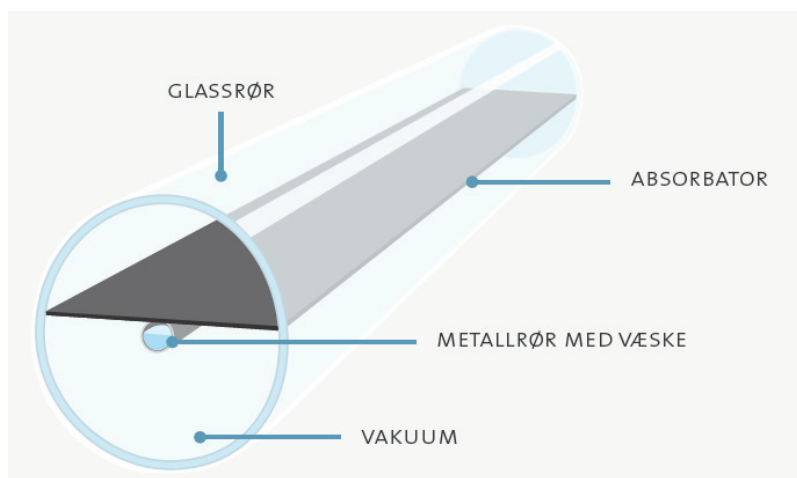
I en vakuurrørsolfanger er absorbatoren plassert i et glassrør med vakuum. Vakuum har mye bedre varmeisoleringssevne enn luft, og på denne måten minimeres varmetapet fra solfangeren.

Det finnes flere ulike typer vakuurrørsolfangere. En type er basert på "heat-pipe"-prinsippet. En heat-pipe solfanger inneholder et lite kopperrør med vakuum og en liten mengde væske. Pga vakuomet vil væsken fordampe ved lave temperaturer (rundt 30°C). Dampen stiger opp og treffer en varmeveksler i toppen av solfangeren, hvorpå den kondenserer, og varmen overføres på denne måte fra solfangeren til solkretsen. Heat-pipe solfangere kan ikke legges helt horisontalt, de må ha en viss helning (min 20°) for å fungere.



Figur 12. Prinsippskisse av en vakuurrør-solfanger med "heat-pipe"-prinsippet. Illustrasjon: Tibe-T.

En annen type vakuurrørsolfangere har såkalt "direkte gjennomstrømming". Her strømmer varmemediet gjennom metallrør inne i vakuurrøret, og varmen overføres på tilsvarende måte som i en plan solfanger.



Figur 13. Snitt gjennom en vakuurrør-solfanger med "direkte gjennomstrømming". Illustrasjon: Tibe-T.

Vakuurrørsolfangere har høyere virkningsgrad enn plane solfangere ved lave utetemperaturer og liten innstråling, men de er

som regel mer kostbare enn plane solfangere. Vakuumsolfangere kan ikke erstatte en vanntett taktekking på samme måte som visse typer plane solfangere. Det finnes imidlertid mange spennende måter å integrere vakuumsolfangere i bygningsstrukturen, f.eks. som altanrekkverk eller ulike fasadeinstallasjoner.

Varmelager

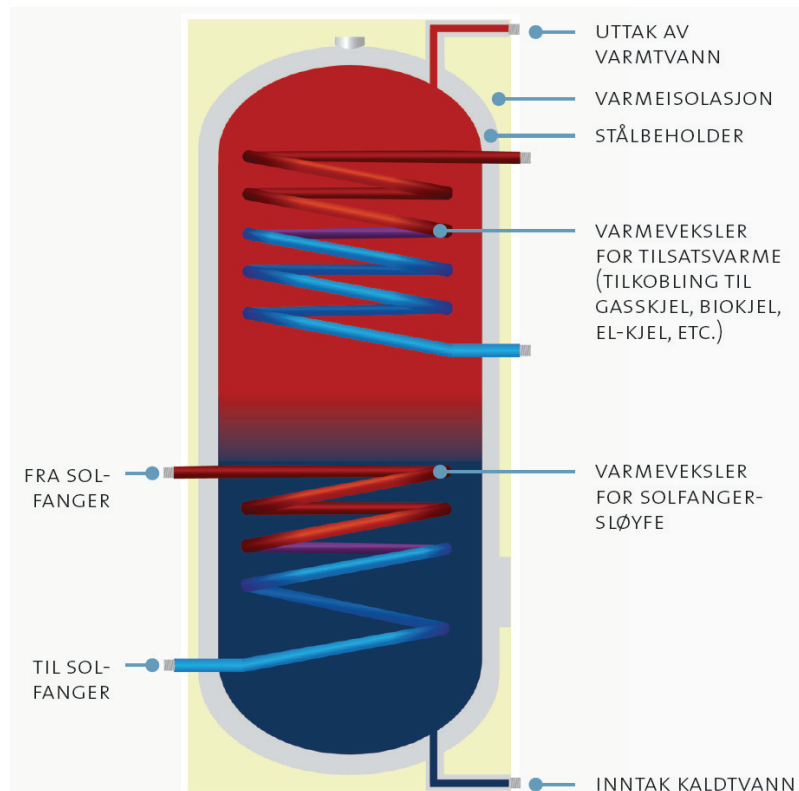
Det finnes flere ulike typer lagertanker/akkumulatorer som er beregnet for solvarmeanlegg. En lagertank for solvarme skiller seg fra en vanlig varmtvannstank ved at den har en varmeveksler for tilkobling til solfangersystemet, samt at den som regel er noe større enn en vanlig tank. Et solfangersystem for oppvarming av forbruksvann til en familie på 4 bør ha en lagertank på minst 200 liter. Størrelsen og utformingen av tanken avhenger av varmebehov, solfangerareal, systemutforming og tilgjengelig plass i huset. To viktige parametere når det gjelder valg av tank er temperatursjiktning og varmeisolering av tanken.



Varmtvannstank RTV300VE fra OSO for tilkobling til solvarme (i bunnen) og gass (i toppen). Finnes i størrelser på 200 og 300 liter. www.oso.no.



Akkumulatortank for tilkobling sol/ved/pellets fra den svenske leverandøren Effecta. Finnes i størrelser på 500 og 750 liter. www.effecta.se.



Figur 14. Prinsippskisse for lagertank. Illustrasjon: Tibe-T.

Temperatursjiktning

Temperatursjiktning i akkumulatortanken er viktig for at solvarmesystemet skal fungere optimalt. I en sjiktet tank er vannet varmest i toppen og kaldest nederst, og omrøringen i tanken er minimal. Jo høyere tank, desto bedre temperatursjiktning oppnås. Vannet i bunnen av tanken bør være så kaldt som mulig fordi dette kobles til solfangerens innløpstemperatur. Som beskrevet på side 12 øker solfangerens virkningsgrad med lavere innløpstemperatur. Det varme vannet i toppen av tanken tas ut som varmt tappevann. Tilsatsvarme fra el-kolbe eller en annen energikilde kobles til i øvre del av tanken.

Varmeisolering

Det er viktig at varmtvannstanken har tilstrekkelig varmeisolering for å minimere varmetapet. Avhengig av temperaturen i rommet hvor tanken er plassert, bør tanken være isolert med minimum 5-20 cm mineralull el. annet materiale med tilsvarende isolasjonsegenskaper.

Distribusjonssystem

Vanligvis benyttes kobberør eller stålrør i solvarmekretsen. Distribusjonssystemet må tåle det trykk og den temperaturgradient som det vil utsettes for, og ha god varmeisolering. I følge europeisk standard EN 12976 bør rørene ha en varmeisolasjon på minimum 20-30 mm avhengig av rørdiameteren.

Distribusjonssystemet inneholder dessuten en rekke av andre komponenter som f.eks. sirkulasjonspumpe, termometer, manometer, ekspansjonstank, sikkerhetsventiler, partikkelfilter og ventiler for påfylling og uttapping av varmemedium. Disse komponentene er ofte samlet i en egen driftsenhet.

Styringsautomatikk

De fleste solvarmesystemer vil være utstyrt med styringsautomatikk for å optimalisere energiutbyttet. En standard styringsenhet inneholder en enkel elektronisk innretning som slår av og på pumpen i solfangerkretsen basert på temperaturdifferansen mellom lagertanken og solfangeren (typisk setpunkt for på/av-kontroll er 5-8 Kelvin). Nye styringssystemer inneholder i økende grad også andre funksjoner som datalogging, feilsøking og grafisk display for visning energiutbytte, etc.



Styringspanel fra Wagner.
www.wagner-solar.com

4 Utforming og dimensjonering av solvarmeanlegget



Data-animasjon av sol/skyggeforhold i et område.
www.suntool.net

Planleggingen av solvarmeanlegget bør begynne tidlig, helst allerede når man planlegger plasseringen av byggene. Hvordan byggene plasseres i forhold til hverandre og i forhold til terreng og vegetasjon, vil kunne ha stor betydning for mulighetene til å kunne utnytte solvarme. Sol- og skyggeforhold i området for ulike årstider bør kartlegges.

Ved utforming av selve bygningen er det også viktig at man tenker på integrasjon av solvarmeanlegget. Det bør lages skisser som viser plassering av solfangere, lagertank og rørføringer. Man bør også tenke på tilgjengelighet for installasjon og vedlikehold av solfangersystemet. På steder med stort snøfall, må man plassere solfangerne slik at snø ikke legger seg på solfangerne eller hopper seg opp foran dem.

Når man så skal dimensjonere selve solvarmeanlegget, må man først kartlegge varmebehovet. Varmebehovet vil avhenge av mengden og temperaturnivået på tappevannet som man forventer å bruke pr. dag. Typisk varmtvannsbehov i en bolig ligger på ca. 30-35 kWh pr. m² golvareal pr. år, men kan selvsagt variere mye. Som tommelfingerregel kan man ta utgangspunkt i ca. 50 liter per person per døgn (tilsvarende ca. 3 kWh/person/døgn).

Tommelfingerregel

Et godt dimensjonert system vil kunne produsere 300-700 kWh/m² solfangerareal i året. Et solvarmesystem som skal varme vann til en gjennomsnittlig familie på 3-4 personer vil typisk ha ca. 4 m² solfangerareal og en 300 liters tank og vil da kunne dekke rundt 50% av det årlige varmtvannsbehovet med solvarme.

Systemer for oppvarming av tappevann dimensjoneres vanligvis slik at de dekker mellom 40% og 70% av det årlige varmebehovet. Det er ikke økonomisk optimalt å dekke hele oppvarmingsbehovet ved hjelp av solenergi. Dimensjoneringen avhenger av mange ulike faktorer, hvor de viktigste parametrene er:

- solfangertype
- solfangerareal
- retningsorientering og helningsvinkel for solfangeren
- lagertankens størrelse og utforming
- rørlengde og –isolasjon

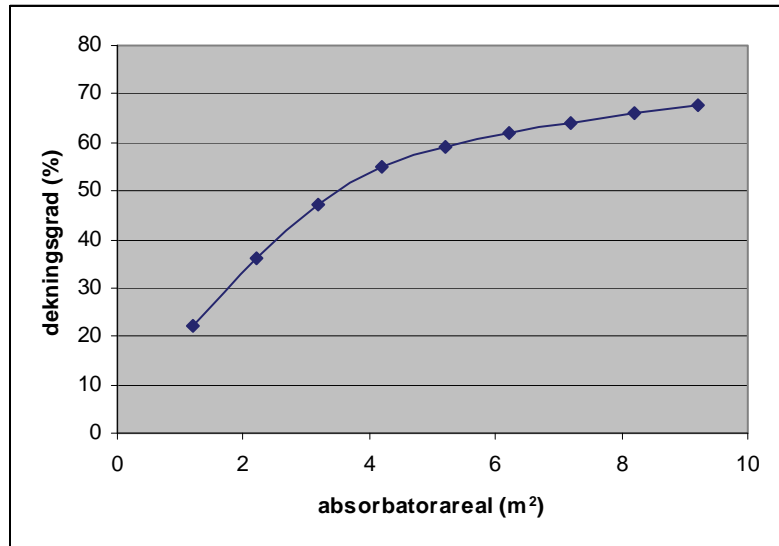
I tillegg vil faktorer som investerings- og driftskostnader, energipris, rentenivå, klimaforhold (soltilgang, temperatur), varmebehov, plassbehov og estetiske forhold spille inn på valget av solfangeranlegg.

Solfangertype

Valg av solfanger vil være avhengig av både varmebehovet, muligheter for plassering og bygningsintegrasjon/arkitektur, samt av klimatiske forhold som solinnstråling og utetemperatur. Det finnes en rekke ulike solfangertyper å velge mellom, med ulike størrelser, utforminger og integrasjonsmuligheter. Se kapittel 8 for en oversikt over produkter som er tilgjengelige i Norge.

Solfangerareal

Figuren under viser et eksempel på hvordan solfangerarealet spiller inn på energiutbyttet for et solfangeranlegg til vannoppvarming i Oslo-klima. Det er tatt utgangspunkt i et solfangersystem bestående av vakuumsolfangere med en helningsvinkel på 40° fra horisontalen, orientert mot syd. Solfangeranlegget har en lagertank på 200 liter. Det årlige varmtvannsbehovet er på 3000 kWh, altså typisk for en familie på 3 personer.



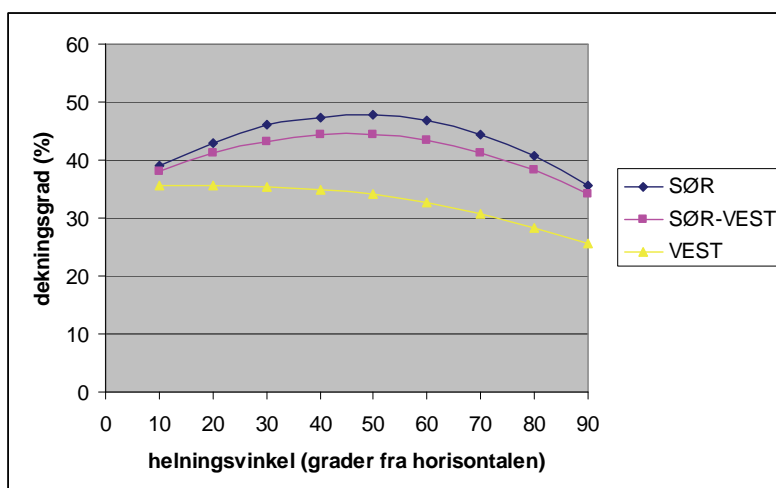
Figur 15. Eksempel på energiutbytte (dekningsgrad) fra et solfangersystem til vannoppvarming som funksjon solfangerens effektive areal (absorbatorareal). Solfangersystemet består av vakuumsolfangere med en helningsvinkel på 40° orientert mot sør, en 200 liters varmtvannstank, og et varmtvannsbehov på 175 liter per dag. Solfangeranlegget er plassert i Oslo.

Solfangerens orientering og helningsvinkel

Figur 16 viser eksempel på effekt av solfangerens orientering og helningsvinkel. Det er tatt utgangspunkt i et solfangersystem tilsvarende det som ble brukt i eksempelet over, med et absorbatorareal på $3,2 \text{ m}^2$.

Figuren viser at den optimale helningsvinkelen er $40\text{-}50^\circ$ hvis solfangeren er orientert mot sør. En sørvendt, vertikalstilt solfanger gir ca. 25% lavere energiutbytte enn for den optimale helningsvinkelen. Hvis solfangeren er orientert mot vest (eller øst), får man ca. 25% lavere energiutbytte enn for den sørvendte solfangeren. Et avvik på 45° fra sør (sør/øst eller sør/vest) gir kun ca. 5% reduksjon av energiutbyttet.

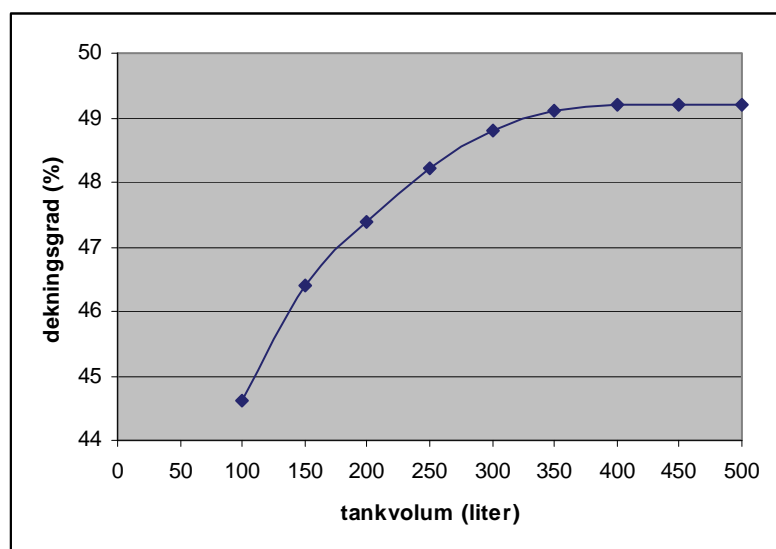
Jo lengre nord man er (jo høyere breddegrad), jo lavere står sola på himmelen, noe som medfører at optimal helningsvinkel blir større. Optimal helningsvinkel øker også hvis man har mer oppvarmingsbehov om vinteren enn om sommeren, slik som er tilfelle for romoppvarming.



Figur 16. Eksempel på energiutbytte (dekninggrad) fra et solfangersystem til vannoppvarming som funksjon av solfangerens orientering og helningsvinkel. Solfangersystemet består av vakuumsolfangere med et absorberareal på 3,2 m², en 200 liters varmtvannstank, og et varmtvannsbehov på 175 liter per dag. Solfangeranlegget er plassert i Oslo.

Lagertank

Lagertankens utforming og størrelse vil være avhengig av varmebehovet (størrelse og tidsvariasjon), hva slags tilsatsvarme man har, samt av solfangertype og effektivt solfangerareal. Andre forhold som må vurderes er temperatursjiktning i tanken, samt investeringskostnader og driftsøkonomiske forhold. Figur 17 viser eksempel på hvordan energiutbyttet øker med tankstørrelsen.



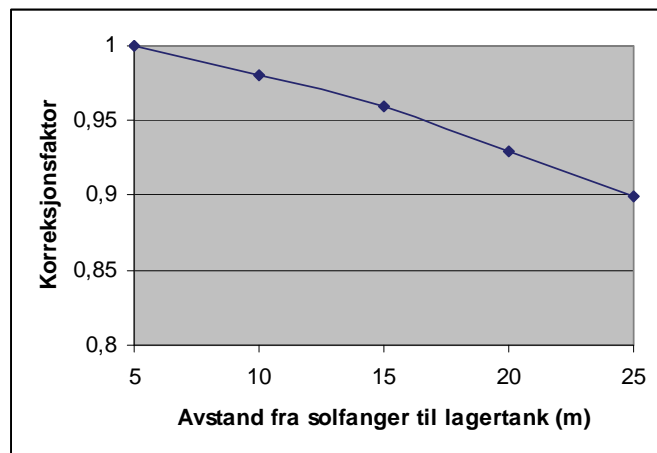
Figur 17. Eksempel på energiutbytte (dekninggrad) fra et solfangersystem til vannoppvarming som funksjon av lagertankens størrelse. Solfangersystemet består av vakuumsolfangere med et absorberareal på 3,2 m² og et varmtvannsbehov på 175 liter per dag. Solfangeranlegget er plassert i Oslo.

Som tommelfingerregel beregner man vanligvis et lagervolum på 50-80 liter pr. m² effektivt solfangerareal (absorberareal). Alternativt kan man ta utgangspunkt i varmtvannsbehovet, og man

regner da vanligvis med et tankvolum som er 1-2 ganger det daglige varmtvannsforbruket i liter.

Utforming av rørføringer

Lange og dårlig isolerte rørføringer vil kunne gi en betydelig reduksjon av energiutbyttet fra solvarmeanlegget. Figur 18 viser effekten av å øke avstanden mellom solfangeren og lagertanken. Her ser vi f.eks. at å øke rørlengden fra 5 til 25 m gir 10% reduksjon av energiutbyttet. Utbyttet vil også være avhengig av utforming av rørføringene, om rørene går gjennom oppvarmet eller uoppvarmede rom, hvor stor andel av rørføringene som går utendørs, samt rørenes varmeisolasjon.



Figur 18. Korreksjonsfaktor for solfangerutbytte som funksjon av avstanden mellom solfanger og varmelager

Beregningsprogrammer

For å få et solfangersystem som er godt tilpasset det enkelte prosjekt, bør man benytte et dataprogram som simulerer energiutbyttet basert på de sentrale dimensjoneringskriteriene. Det finnes en rekke forskjellige dataprogrammer på markedet. I kapittel 10 er det gitt en liste med en kort beskrivelse av noen av disse.

Kostnadsberegning

I temaveiledningen til energiforskriftene fra Statens bygningstekniske etat (Melding HO-1/2007), er det gitt en beskrivelse av hvordan man regner lønnsomheten av alternative oppvarmingssystemer. Veilederen angir at en nåverdiberegning skal benyttes for å vurdere lønnsomheten for en investering, etter følgende formelverk:

Nåverdi = privatøkonomisk besparelse – merkostnad investering

Nåverdi =

$$\text{likning 1: } B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - \left[\sum (I_0 + I_1 + I_2 + \dots) - \sum (I_{el/fos-0} + I_{el/fos-1} + I_{el/fos-2} + \dots) \right]$$

- Levetid (n) for en bygning settes til 50 år
- I_0 er investeringskostnad for varmesystem basert på annen energiforsyning enn elektrisitet og /eller fossile brenslere.

- $I_{el/fos-0}$ er investeringskostnad for varmesystem basert på elektrisitet og/eller fossile brensler.
- I_1, I_2 osv og $I_{el/fos-1}, I_{el/fos-2}$ osv er nåverdien av fremtidige investeringskostnader, for å opprettholde de ulike varmesystemenes funksjon gjennom bygningens levetid.

ligning 2:

$$I_1 = \frac{I}{(1+r)^{m-1}}, I_2 = \frac{I}{(1+r)^{m-2}}, \text{ osv}$$

$$I_{el/fos-1} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-1}}, I_{el/fos-2} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-2}}, \text{ osv}$$

- Levetid (m) for en teknisk installasjon settes til 20 år. Annen levetid for installasjoner kan benyttes der dette kan dokumenteres.
- Kalkulasjonsrente (r) settes til = 4 %
- B er årlig privatøkonomisk besparelse

ligning 3:

$$B = Q \cdot \left(\frac{P_{el/fos}}{\eta_{el/fos}} - \frac{P_{alt}}{\eta_{alt}} \right)$$

der

- o Q er varmebehov i kWh/år som vil kunne dekkes av valgt energiløsning
- o $P_{el/fos}$ er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, på elektrisitet og/eller fossile brensler
- o P_{alt} er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, ved annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler
- o $\eta_{el/fos}$ er virkningsgrad for varmesystem basert på elektrisitet og/eller fossile brensler
- o η_{alt} er virkningsgrad for varmesystem basert på annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler.

Eksempel

En utbygger av en enebolig har innhentet følgende tilbud på et solvarmeanlegg til oppvarming av varmtvann:

Investeringskostnader:	
Solfanger:	10 000 kr
Systempakke:	5 000 kr
Varmt vannstank m/el-kolbe:	10 000 kr
Rør og isolering:	5 000 kr
Installasjon:	10 000 kr
Totalt:	40 000 kr

Merkostnadene for solvarmesystemet i forhold til et konvensjonelt system basert på kun elektrisitet, blir da 30.000 kr, fordi man i alle fall må ha en varmtvannstank (kostnad 10.000 kr).

Solvarmeanlegget er beregnet til å dekke 60% av varmtvannsbehovet, dvs. 2000 kWh/år.

Hvis man regner med en gjennomsnittlig strømpris på 80 øre/kWh, får man følgende årlige besparelser ved å erstatte el-oppvarming med soloppvarming:

Årlig besparelse, $B = 2000 \text{ kWh} \cdot 0,80 \text{ kr/kWh} = 1600 \text{ kr}$

$$I_0 = 40.000 \text{ kr}$$
$$I_{el/fos-0} = 10.000 \text{ kr}$$

Med en kalkulasjonsrente $r = 4\%$, og en levetid for tekniske anlegg $m = 20$ år, kan man så regne ut nåverdier av fremtidige investeringskostnader (ligning 2):

for solvarmeanlegget:

$$I_1 = 40.000 / (1+0,04)^{20} = 18.255$$

$$I_2 = 40.000 / (1+0,04)^{40} = 8.332$$

for varmtvannstanken:

$$I_{el/fos-1} = 10.000 / (1+0,04)^{20} = 4.564$$

$$I_{el/fos-2} = 10.000 / (1+0,04)^{40} = 2.083$$

Nåverdien for investeringen blir da (ligning 1):

$$\text{Nåverdi} = 1600 \cdot (1-(1+0,04)^{-50})/0,04 - [(40.000 + 18.255 + 8.332) - (10.000 + 4.564 + 2.083)]$$

$$\text{Nåverdi} = 34.371 - 49.940 = - 15.569 \text{ kr.}$$

Dette vil si at investeringen i dette eksemplet ikke er lønnsom med de gitte forutsetningene. Andre forutsetninger med hensyn til rente, fremtidig strømpris, levetid og investeringskostnader, vil gi andre utfall. Bruker vi f.eks. en gjennomsnittlig strømpris på 1 kr/kWh, samt 30 års levetid for solvarmeanlegget, vil nåverdien komme ut i ca. 0 for dette eksemplet. Alternativt, hvis man har en støtteordning som dekker 25% av investeringskostnadene, vil man få en positiv nåverdi. Lønnsomheten vil også øke hvis solfangeren kan erstatte andre bygningsmaterialer, f.eks. taktekking.

5 Installasjon, drift og vedlikehold

Ved installasjon av solvarmeanlegg, bør man være spesielt oppmerksom på følgende punkter (sjekklister):

- Plasser tank og solfangere, og legg rørene slik at rørlengden blir kortest mulig.
- Unngå å legge solfangerne i skygger fra bygningsutspring og andre bygninger, trær, o.l.
- Ta hensyn til avrenning av snø/vann, og ising.
- Rør mellom solfanger og tank bør helst legges med jevn stigning for å unngå at det dannes luftlommer.
- Alle komponenter (inkludert festematerialer, o.l.) må tåle det spennet i temperaturer, UV-stråling og trykk som de vil utsettes for. Temperaturen i solfangerkretsen kan komme opp i over 100°C. Ta hensyn til at materialer utvider seg med stigende temperatur.
- Ta nødvendige sikkerhetsforanstaltninger ved installasjon av solfangere på tak og fasader.
- Sørg for at tak og fasader tåler de ekstra påkjenningene som installasjonen medfører.
- Sørg god tetting og isolasjon rundt rørføringer som går gjennom tak, vegger og gulv. Minimer antall gjennomhullinger av bygningskonstruksjoner.

Generelt krever ikke solvarmeanlegg mye vedlikehold. Behovet for drift og vedlikehold vil variere noe avhengig av type og kvalitet på solvarmeanlegget. Aktuelle oppgaver kan være:

- Kontroll av trykk, luftinnhold og væsknivå i solfangerkretsen
- Kontroll av glykolinhold
- Utskifting av glykolholdig varmemedium
- Kontroll og evt. rengjøring av smussfilter
- Kontroll av ventiler, pumpe og gjennomstrømning
- Kontroll av at dekklaget er helt og at det ikke er tegn på fuktinntrenging
- Trykkprøving av ekspansjonskar
- Kontroll av alle deler for lekkasjer og rust
- Tømme/rengjøre lagertank
- Kontroll av temperaturnivå. Temperaturen på varmtvannet må holdes på minst 60 grader for å unngå Legionella.

6 Eksempler på lavenergiboliger og passivhus med solvarmeanlegg

Lindås Park, Sverige



Figur 19. Lavenergiboliger i Lindås Park med solfangere på taket. Foto: Inger Andresen.

Lavenenergiboligene i Lindås Park utenfor Göteborg ble ferdigstilt våren 2001. Rekkehusene består av 20 leiligheter på 120 kvadratmeter over 2 etasjer. Husene har fått tilnavnet "Hus utan värmesystem" og "Kroppsvarmehus" fordi de ikke har et konvensjonelt varmesystem, men kun blir varmet opp ved hjelp av varmen fra lys, utstyr, sol, samt fra et varme-element i ventilasjonssystemet. Dette er mulig på grunn av høy varmeisolering og tetthet, samt et effektivt mekanisk ventilasjonssystem med varmegjenvinning. Den totale energibruken er målt til 58-71 kWh/m² (Boström et al 2003). Dette er det første passivhusprosjektet i Norden.

Boström et al (2003) oppgir følgende kostnader for solvarmesystemet for en leilighet i Lindås Park:

Solfångare:	12 000 kr
Systempakke inkl glykol:	7 000 kr
Akkumulatortank:	10 000 kr
Rør og isolering:	5 000 kr
Installasjon:	10 000 kr
Totalt:	44 000 kr

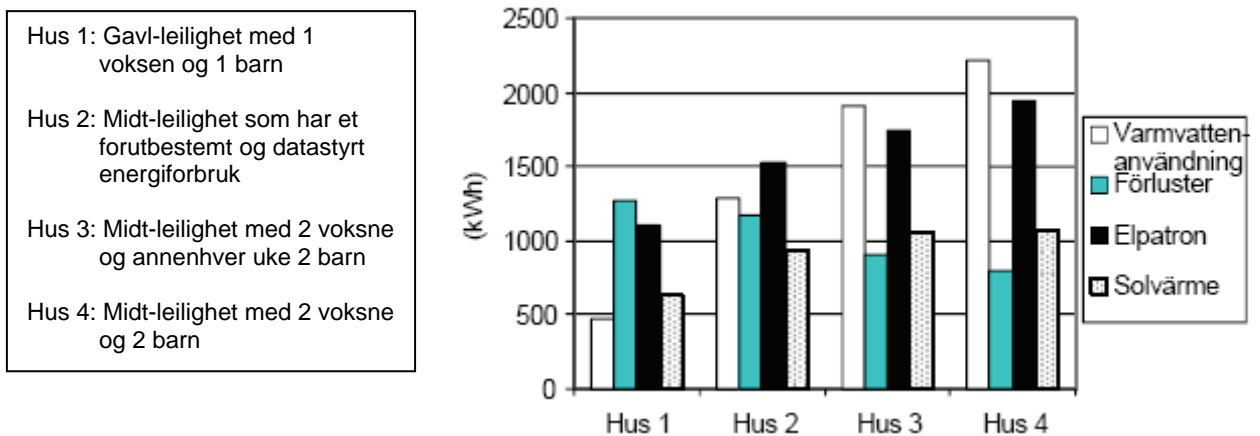
Ekstrakostnaden for solvarmesystemet sammenlignet med et konvensjonelt varmvannsystem (tank med en elpatron) er 34 000 kr.

Husene har individuelle solvarmesystem, med solfangere plassert på taket, koblet til en varmtvannstank plassert på badet. Solfangerne er av typen Effecta ST og består av en selektiv absorberator med herdet diffust dekklag av glass. Varmemediet er glykolbasert og tåler temperaturer ned til -30°C. Hver leilighet har et solfangersystem bestående av to solfangermoduler med et totalt effektivt solfangerareal på 5 m². Solfangerne er integrert i taket som har en helning på 27 grader og er orientert nesten rett mot syd (4 grader mot øst). Varmtvannstanken er på 500 liter og har 2 interne varmevekslere, en for solvarme og en for varmtvann, samt en el-kolbe på 6 kW.



Figur 20. Varmtvannstank med tilhørende styringsautomatikk, måleutstyr og ekspansjonstank plassert i et skap på badet. Foto: Inger Andresen.

Figuren under viser målt solvarmebidrag i forhold til varmtvannsforbruk for 4 av leilighetene i Lindås Park. Vi ser at varmetapet fra anlegget er forholdsvis stort. Dette skyldes først og fremst at varmtvannstanken er for dårlig isolert, samt noe feildimensjonert.



Figur 21. Målt årlig varmtvannsforbruk, varmetap fra tank og rør, samt energibidrag fra henholdsvis el-patron og solfangeranlegg for 4 av leilighetene i Lindås Park, fra (Boström et al 2003).

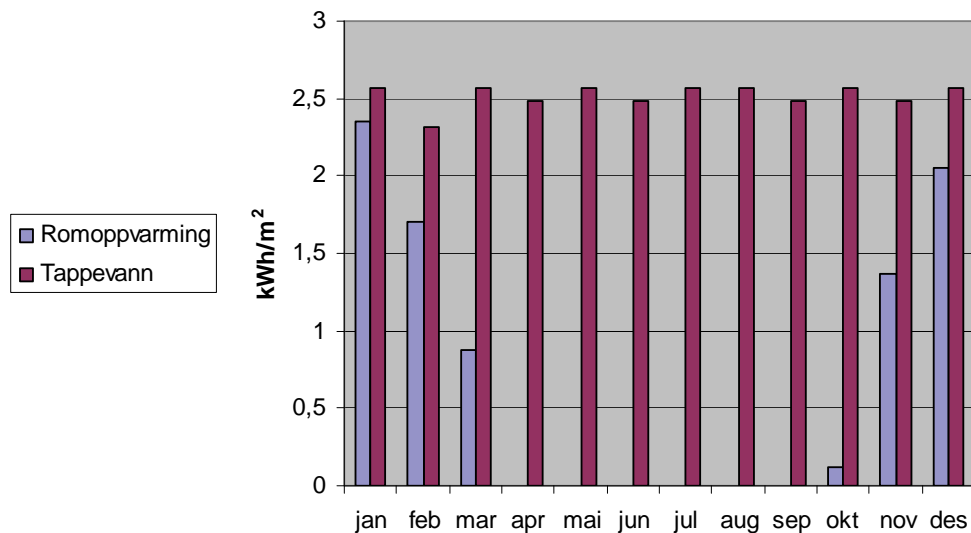
Løvåshagen, Norge



Figur 22. Boligblokker med passivhus-standard og solfangere på taket i Løvåshagen, Bergen. Illustrasjon: ABO-arkitekter.

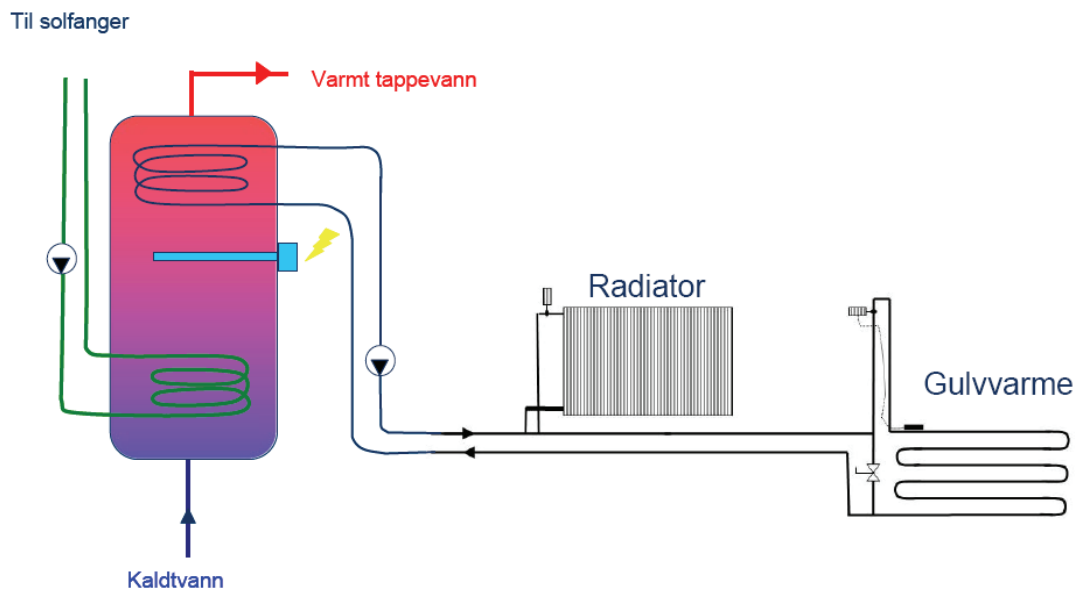
På Løvåshagen i Fyllingsdalen utenfor Bergen bygges det boligblokker med 28 leiligheter med passivhus-standard. Leilighetene har individuelle solvarmeanlegg til vannoppvarming. Solfangerne er vakuumrør av typen Heat Pipe levert av Skjølberg energiteknikk. Hver leilighet har 6 m² solfangere på taket (effektivt absorberareal ca. 3.2 m²) som er koblet til en 200 liters varmtvannstank på badet.

Årlig energibehov til romoppvarming er beregnet til 8.5 kWh pr m² oppvarmet bruksareal, mens tappevannsbehovet er beregnet til 30 kWh pr m² oppvarmet bruksareal. Månedlig fordeling av varmebehovet er vist i figuren under.

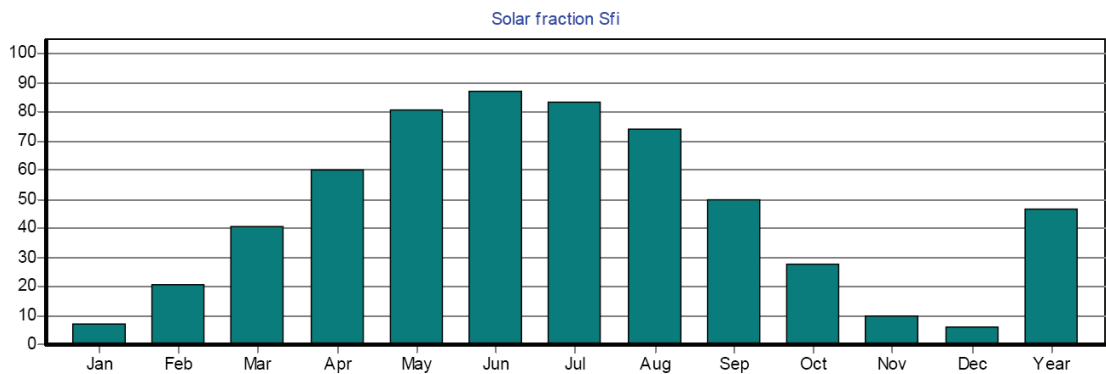


Figur 23. Beregnet månedlig oppvarmingsbehov i kWh/m² for en leilighet på 75 m².

Leilighetene har også vannbåren gulvvarme på badet og en radiator i stua som er koblet til varmtvannstanken på badet, se figur 24. Dette enkle og effektive systemet forsyner hele leiligheten med varme. Solvarmeanlegget er beregnet til å dekke nesten 50% av varmebehovet, se figur 25.



Figur 24. Systemskisse av varmeanlegg for en leilighet i Løvåshagen-prosjektet i Bergen. Illustrasjon: T.Wigenstad, SINTEF Byggforsk.



This system has been calculated on 18.09.2006 with the POLYSUN 3.3 simulation program.

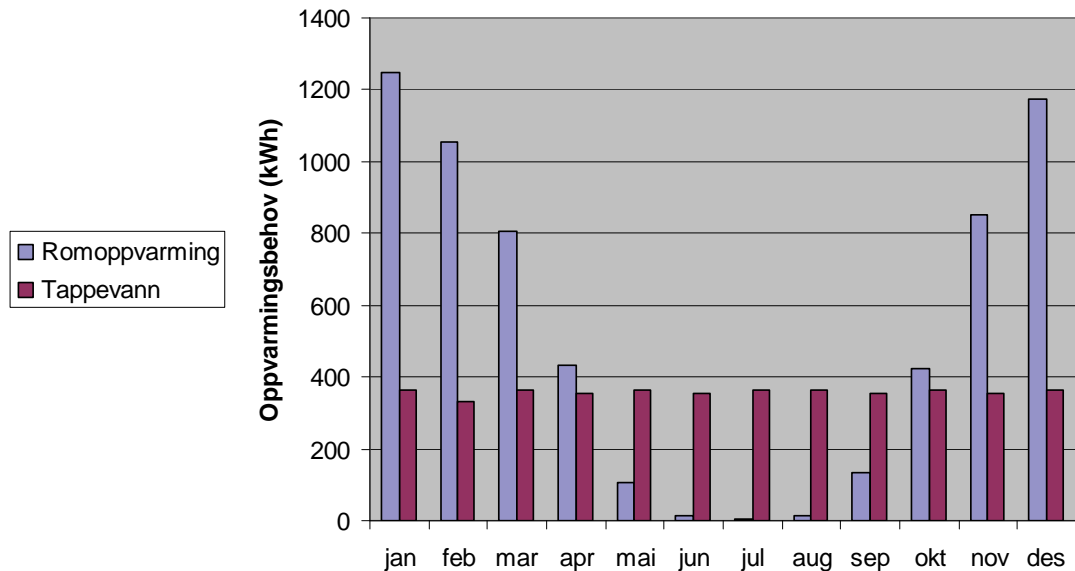
Figur 25. Beregnet månedlig andel av oppvarmingsbehov (rom + tappevann) som dekkes av solvarmesystemet

Mesterhus, Bærum



Figur 26. Mesterhus type "Ninni" med solvarmeanlegg. Foto: Mesterhus.

Mesterhus ved Henning Bygg AS har oppført en Svanemerket lavenergibolig med solvarmeanlegg i Lommedalen i Bærum. Huset er av typen "Ninni", den mestselgende hustypen i Mesterhuskjeden. Huset har en solfanger på 7 m² fra den norske leverandøren Solarnor, plassert på taket. I tillegg er det installert en akkumulatortank på 300 liter og en dreneringstank på 20 liter. Solfangeren er beregnet til å dekke 50% av energibehovet til oppvarming av tappevann. Romoppvarmingsbehovet dekkes av elektrisk oppvarming.



Figur 27. Beregnet månedlig energibehov til romoppvarming og tappevann (i kWh) for det Svanemerkeede huset "Ninni" i Bærum.

7 Sertifisering og standarder

Det finnes en rekke ulike sertifiseringsordninger for solvarmeanlegg. Ofte har hvert land sin egen ordning. I Norge finnes det ingen offisiell ordning, så man er derfor henvist til å bruke en av de Europeiske ordningene.

CEN/TC 312 Thermal Solar Systems and Components

Dette er en komité under det europeiske standardiseringsbyrået (CEN) som publiserer en rekke standarder for solvarmesystemer og komponenter. Se <http://www.cen.eu/CENORM/BusinessDomains/TechnicalCommitteesWorkshops/> for mer informasjon.

Solar Keymark

Solar Keymark er en europeisk sertifiseringsordning som har blitt innført i flere land i Europa.

Se <http://www.estif.org/solarkeymark/index.php> for mer informasjon.

Den danske KSO-ordningen

KSO-ordningen er en dansk godkjenningsordning for solvarmeanlegg og omfatter både komponenter og installatører. Se <http://www.kso-ordning.dk/> for mer informasjon.

P-merking og energideklarasjon fra SP

Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) har en sertifiseringsordning for solfangere som heter P-märking. For å bli sertifisert i henhold til denne ordningen gjennomgår solfangerne og lagertankene en rekke tester med hensyn til funksjon, holdbarhet, ytelse, etc. Se <http://www.sp.se/energy/sv/teknikomraden/solenergi/solenergi.htm> for en nærmere beskrivelse av sertifiseringsordningen samt en oversikt over sertifiserte produkter. SP utsteder også en såkalt energideklarasjon for solfangersystemer til tappevannsoppvarming.

8 Produkter og leverandører

Dynergi

Dynergi er et firma i Sandnes som leverer varmepumpesystemer og solvarmesystemer. Firmaet leverer varmerørsolfangere fra det tyske firmaet Schott AG. Varmerørene er av typen ICR (Internal Circular Reflector), og kan leveres enten med vakuum eller med xenon-gass inne i glassrørene.



Utsnitt av vakuumrørsolfanger fra Schott AG.



Using Solar Energy,
Heating Water and Solar Cooling

The SCHOTT ICR® Collector Tube
with Xenon or High Vakuum Insulation

The image features a blue background with a white diagram on the left showing multiple parallel lines representing solar rays entering a circular collector tube. On the right, there is a close-up photograph of a single glass tube. Below the diagram and photograph, there are five small white gear icons arranged vertically.

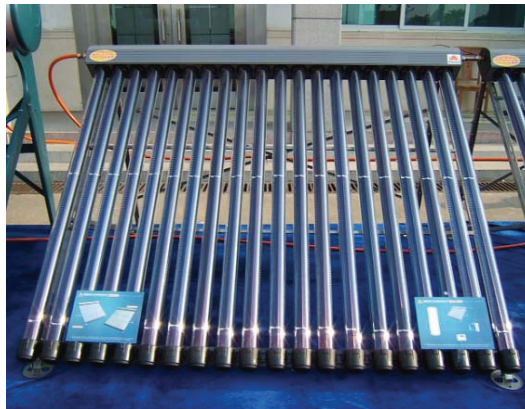
Hjemmeside: www.dynergi.no

Huhnseal

Huhnseal er et firma i Oslo som leverer vakuumbør-solfangere. Typisk størrelse for et tappevannsanlegg fra Huhnseal er 5 m² kollektorflate (30 rør) for tappevannsanlegg. Lagertanker leveres av CTC FerroFil, og 3-400 liter er mest vanlig. Tanken kan leveres med varmekolbe på 3000 kW og varmeveksler for uttak av varme til romoppvarming. Sirkulasjonspumpa er innebygget i styrings-enheten.



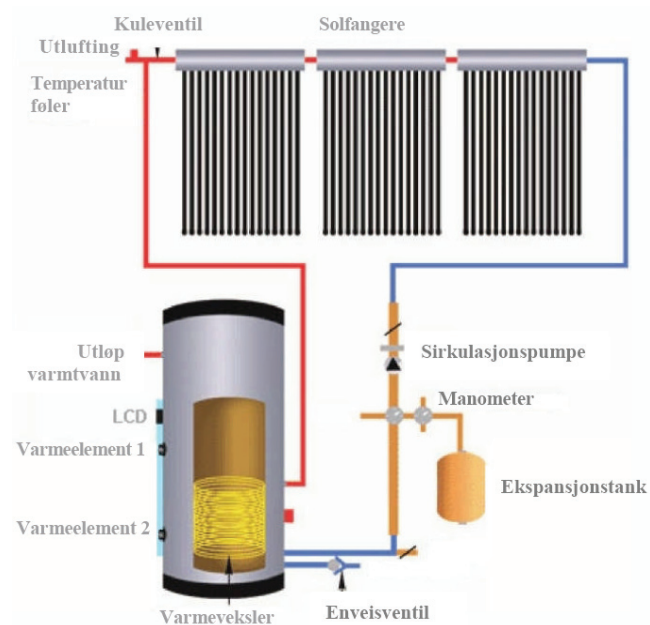
Styringsenhet fra Huhnseal



20-rørs solfanger fra Huhnseal

SP-S70/1700.A-20

Et typisk tappevannssystem eksklusiv varmtvannsbeholder, isolerte rør og vann/glykol koster ca kr 25.000,- ekskl mva levert Oslo (sluttbrukerpris). Installasjon bør utføres av kvalifisert personell. Egenmontering frarådes.

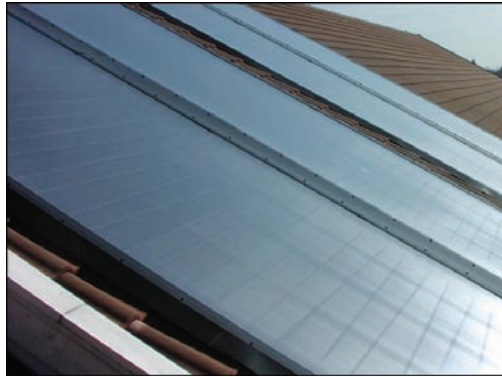


Skisse av solvarmesystem fra Huhnseal.

E-post: ola@huhnseal.no

Norsk Solfangerproduksjon

Norsk Solfangerproduksjon er et firma i Vestfold som leverer en norskutviklet plan solfanger i tre, polykarbonat og aluminium. Oppbyggingen er enkel og egner seg godt for "gjør-det-selv"-løsninger.



Solfanger fra Norsk Solfangerproduksjon

Solfangeren er bygget opp med en isolert treramme i bunnen. Absorbatoren består av en kombinasjon av aluminiumsrør og aluminiumplater påført et solabsorberende svart sjikt. På toppen er solfangeren isolert av en gjennomsiktig isolerende dobbelvegget plastplate (polykarbonat). Bunnrammen har bærende elementer med senteravstand 60 cm tilpasset normale taklekker for å takle snølast. Solfangeren er egnet til å erstatte annen tak-/fasadetekking.

Solfangeren leveres i moduler med størrelse: bredde 2300 mm x høyde 600 mm x dybde 70 mm. En slik modul har en aktiv solfangeroverflate på 1,2 m² og veier 16,5 kg. Flere moduler monteres sammen inntil en får ønsket antall kvadratmeter solfangeroverflate. En solfanger på 6 kvadratmeter bygges med 5 elementer som dekkes med en heldekkende topplate.

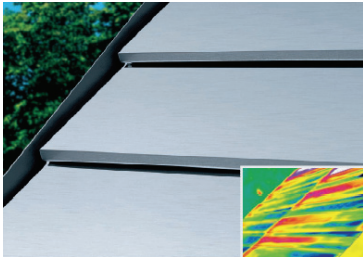


Styringsenhet ReSol som leveres av Norsk solfangerproduksjon.



Solfangere fra Norsk Solfangerproduksjon montert på taket av en enebolig.

Hjemmeside: www.norsksolfangerindustri.no

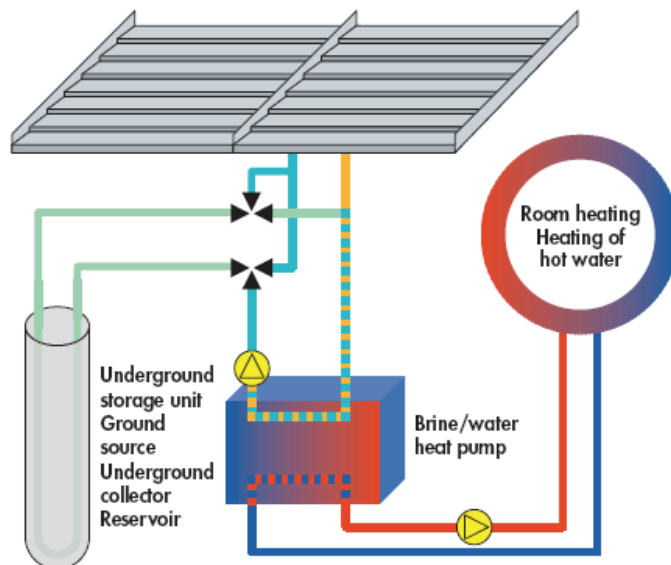


Rheinzink

Rheinzink er et firma med base i Tyskland som tilbyr solfangere til det norske markedet gjennom sitt kontor i Sandvika. Solfangerne består av plane plater av titansink som fungerer som absorptor. Platene, som kalles Quick-Step fungerer som tak- eller fasadekledning. Varmemediet (vann-glykolblanding) går i rør på undersiden av platene. Platene er uten det tradisjonelle dekklaget av glass eller plast på oversiden.

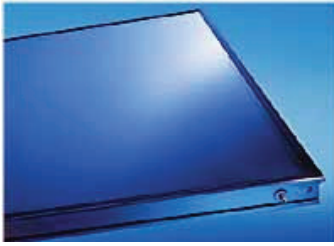


Montering av Quick-Step solpaneler.



Systemskisse av solfangeranlegg fra Rheinzink koblet til en varmepumpe og en nedgravd lagertank.

Hjemmeside: no.rheinzink.de



Solfanger av typen "Premium".
Areal 2.69 m².



Lagertank fra Schuco.



Styringsenhet fra Schuco.

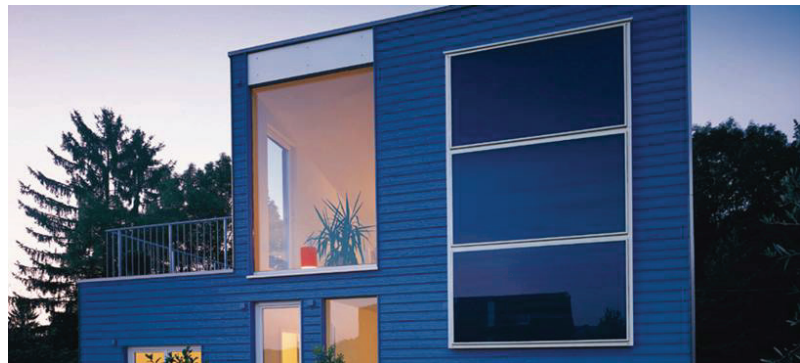
Schüco

Schüco Norge er en norsk leverandør av tyskproduserte solenergisystemer og fasadeprodukter. Firmaet har vært i Norge i mange år, men har nå startet markedsføringen av solvarmeproduktene.

Schüco leverer 2 typer solfangere - "Premium" og "Kompact". Premium-serien har både solfangere og solcellepaneler med eksakt samme ytre mål slik at hybride bygningsintegreerte løsninger med både solstrøm og solvarme er mulig. Schücos solfangere består av en aluminiumramme og et jernfattig glass med høy soltransmittans. Absorbatoren har en blåaktig farge og er mykloddet til et meanderrør i kobber. Undersiden av panelet er isolert med mineralull.

Schücos lagertanker kan inndeles i tre ulike grupper: Varmtvannsberedere som kun er til tappevann, kombinasjons-tanker (tank i tank-løsning) for tappevann og romvarme, samt "buffer-tanker" for romvarmeanlegg samt lagring av varme. Alle de tre typene tanker finnes både i utgaver til Premium-serien med integrert driftsenhet og utgaver til Kompakt-serien hvor driftsenheten monteres på fronten av tanken. Tankene er laget av enten stål eller kunststoff, og de fleste har isolering av polyuretan eller melaminharpiks. Lagertankene finnes i flere ulike størrelser fra 300 l til 1000 l, men også større tanker kan leveres.

I Kompakt-serien er den komplette driftsenheten med pumpe osv. samlet i en enhet hvor også styringen av systemet sitter, og denne monteres på et beslag på fronten av beholderen. I Premium-serien er driftsenheten og styringen integrert i display for visning av de viktigste data som temperatur og energiproduksjon.



Schüco's solfangere montert vertikalt på en yttervegg.

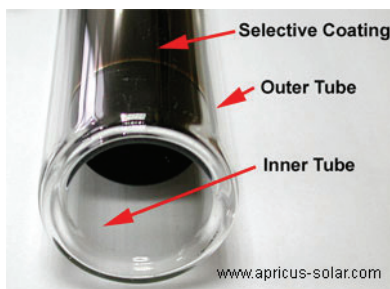
Hjemmeside: www.schueco.no

Skjølberg

Skjølberg Energiteknikk er et firma i Stavanger som leverer vakuumsolfangere fra det australsk-kinesiske firmaet Apricus. Solfangerne er av typen "heat pipe". Standard-solfangerne består av 20 eller 30 rør, men andre kombinasjoner er også mulig. Firmaet kan også levere alle tilhørende komponenter, samt foreta installasjon av anlegget.



30-rørs solfanger fra Apricus



Standard solfanger fra Apricus montert på tak.

Gjennom firmaet Resas leverer Skjølberg også et såkalt energirekkverk som består av vakuumsøler integrert i et rekkverksystem.



Energirekkverk fra Resas.



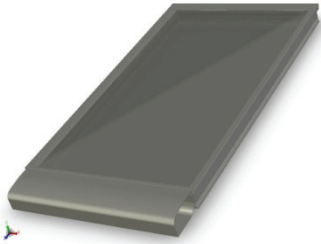
Styringsenhet ReSol

Firmaet leverer også lagertanker fra Effecta og styringsenheter og driftsenheter fra det tyske firmaet Resol. Standard komponenter i driftsenheten er sirkulasjonspumpe, tur/retur termometer, manometer, sikkerhetsventil, luftutskiller, tilbakeslagsventil, strømningsindikator og stusser for fylling/avtapning. Enheten er bygget inn i en isolerende kapsling med integrerte monteringsbraketter. Det er også mulig å sette sammen pumpekretsen etter egne behov med f.eks. soldrevet likestrømspumpe for enkel regulering.

Hjemmeside: www.solkraft.no

E-post: post@solkraft.no

Solarnor



Solfanger fra Solarnor

Solarnor er leverandør av et norskutviklet solvarmesystem med plane solfangere. Panelene er bare 62 mm tykke og leveres i lengder på 2, 3, 4 og 6 meter. Dette gjør det mulig å integrere panelene i tak og fasade.

Systemløsningen består av en trykksatt åpen solvarmekrets. Varmen transporteres via rent vann som kun blir pumpet til solfangeren når den kan levere varme. Når pumpen stopper, renner vannet tilbake til dreneringstanken.

Styringsautomatikken styrer sirkulasjonspumpen avhengig av temperatur i solfanger og varmelager. Temperaturene vises i displayet og man kan lese ut data med innhøstet energi.



Varmelager fra Solarnor

Solarnor har kombinert solvarmeløsning for både tappevann og romoppvarming. Det samme vannet kan sirkulere i solvarmekretsen og i husets gulvvarmesystem.

Solarnors termiske solenergisystemer er basert på polymer teknologi og er dekket av verdensomspennende patenter. Solarnor ble startet i 1995 etter forskning og utvikling med polymerer og solenergi ved Universitetet i Oslo. Selskapet har et tett samarbeid med GE - General Electrics og har gjennom to EUREKA prosjekter, kommersialisert ny polymer teknologi, samt etablert verdensomspennende patenter – knyttet til bruk av polymerer i solenergi paneler. I 2007 ble Hafslund og Danfoss medeiere i Solarnor.



Styringsenheter fra Solarnor



Den 250 kvadratmeter store eneboligen på Nordstrand i Oslo har 30 m² solfangere på sydvendt tak. Solvarme dekker omlag 30 prosent av varme-behovet på ca. 31.000 kWh per år. Huset er tegnet av siv. ark. Pål Tysland. Foto: Solarnor.

Hjemmeside: www.solarnor.no

9 Mer informasjon

Lærebøker

Duffie, J.A. and W.A. Beckmann (1991), "Solar Engineering of Thermal Processes", John Wiley & Sons, Inc., New York.
919 sider. Metoder for dimensjonering av aktive og passive solvarmeanlegg.

Rabl, A. (1985), "Active Solar Collectors and Their Applications", Oxford University Press, Oxford, England.
503 sider. Meget omfattende og detaljert teknisk fagbok om termiske solfangere.

Håndbøker, rapporter, o.l.

Andrén, L. (2001), "Solenergi. Praktiska tillämpningar i bebyggelse", Svensk byggtjänst, Stockholm.
89 sider. Beskrivelse av solvarmesystemer og -komponenter, samt dimensjonering og installasjon av solvarmeanlegg i boliger.

Andrén, L. (1998), "Solvärmeboken", ICA Bokförlag, Västerås, Sverige.
137 sider. Beskrivelse av solvarmesystemer og -komponenter, samt dimensjonering og installasjon av solvarmeanlegg i bygninger.

Boström, T. et al (2003), "Tvärvetenskapelig analys av lågenergihusen i Lindås Park, Göteborg", Arbetsnotat Nr. 25, Statens Prøvningsanstalt, Borås, Sverige.

Buhl, L. og D. Tveit (1992), "Installationsvejledning for solvarmeanlæg", Prøvestationen for Solenergi, Taastrup, Danmark.
60 sider. Praktisk veiledning i dimensjonering og installasjon av mindre solfangersystemer.

"Building integration of solar thermal collectors", www.swt-technologie.de/html/negst.html
9-siders brosjyre som viser eksempler på bygningsintegrerte solfangere fra ulike land i Europa.

Dokka, T. H. og K. Hermstad (2006), "Energieffektive boliger for framtiden. En veileder for planlegging av lavenergiboliger og passivhus", SINTEF, Enova og Husbanken, Trondheim.
www.lavenegiboliger.no

Lorenz, K. (1993), "Bygg själv din solvärmeanläggning", Larsons Förlag, Täby, Sverige. ISBN 91-514-0256-4.
175 sider. Praktisk veiledning til hvordan man kan bygge et vannbasert solfangeranlegg til sin egen bolig.

Melding HO-1/2007, "Energi. Temaveiledning", Statens bygningstekniske etat, Oslo. ISSN 0802-9598.

Nielsen, J.E. et al (1999), "Livscyklusvurderinger. Analyse og vurdering av markedsførte solfangere i Danmark", Teknologisk Institut, Danmark. ISBN: 87-7756-621-1.
70 sider. Miljøvurdering av solfangere.

Stene, J. (2006), "Oppvarmingssystemer for lavenergi boliger", SINTEF Energiforskning, Rapport TR A6182, Trondheim. 113 sider. *Beskrivelse av ulike oppvarmingssystemer for lavenergi boliger – prinsipper og virkemåter.*

Stene, J. (2008), "Oppvarmingssystemer for boliger av lavenergi- og passivhusstandard", SINTEF Energiforskning, Rapport TR A6579 -2008, Trondheim. 30 sider. *Kortfattet og oversiktlig beskrivelse av oppvarmingssystemer for boliger av lavenergi- og passivhus-standard.*

"Planning and Installing Solar Thermal Systems. A guide for installers, architects and engineers", German Solar Energy Society, Ecofys, 2005. 298 sider. *Veileder for planlegging og installasjon av solvarmeanlegg.*

"Typekodkendte solvarmeanlæg i Danmark. Installatørhæfte." Energistyrelsen, 1996. 60 sider. *Beskrivelse av de ulike komponentene i solvarmeanlegg, samt anbefalinger mht valg av materialer og installasjon.*

Standarder

EN 12975: Thermal solar systems and components – Solar Collectors

EN 12976: Thermal solar systems and components – Factory made systems

EN 12977: Thermal solar systems and components – Custom made systems

EN ISO 9488: Solar energy vocabulary

Dataprogram

F-CHART

Enkelt verktøy for dimensjonering av solvarmeanlegg til boliger. Er basert på månedsvise klimadata, men gir god nøyaktighet for standard systemer.

www.fchart.com

METEONORM

Database med klimadata for hele verden. Datafiler kan hentes ut og importeres i andre beregningsprogram

www.meteotest.ch

MINSUN

Smuleringsprogram for solvarmeanlegg utviklet innenfor International Energy Agency. Referanse:

Chant, V.G., Håkansson, R., *The MINSUN simulation and optimisation program. Application and users guide.* IEA SH & C Task VII, Ottawa 1985,

http://www.iea-shc.org/outputs/task07_publist.htm#lookup

NETSOL

Dansk program som benyttes til overslagsmessig beregning av ytelsen til et solvarmeanlegg.

<http://www.solenergi.dk/visTekst.asp?id=42>

POLYSUN

Simuleringsprogram for solvarmeanlegg basert på værdata med oppløsning på 1 time. Inneholder database med ulike solfangere som er testet av det anerkjente sveitsiske instituttet SPF

Rapperswil.

www.spf.ch

PROSOL

Dansk beregningsprogram for solvarmeanlegg. Delt inn i 2 deler, hvor den første delen gir overslagsberegninger, og den andre mer detaljerte beregninger.

<http://www.solenergi.dk/visTekst.asp?id=43>

RETSscreen

Dette kanadiske programmet er beregnet på å foreta overslagsberegninger for ulike systemer basert på fornybar energi. Kan lastes ned gratis fra retscreen.gc.ca.

T*SOL

Simuleringsprogram for solvarmeanlegg som basert på værdata med oppløsning på 1 time. Inneholder databaser over ulike solfangere, lagertanker og kjeler. Tilgjengelig på engelsk, tysk, italiensk, fransk og spansk.

www.tsol.de

Web-sider

www.ises.org

Hjemmesiden til den internasjonale solenergiforeningen

www.solenergi.no

Hjemmesiden til Norsk solenergiforening

www.solvarme.no

Norsk side med informasjon om solvarme

www.altomsolvarme.dk

Dansk side med informasjon om solvarme

www.svensksolenergi.se

Hjemmesiden til den svenske solenergiforeningen

www.lavenergiboliger.no

Informasjon om lavenergiboliger, drevet av Husbanken

www.passiv.no

Informasjon om passivhus, drevet av SINTEF Byggforsk

SINTEF er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

SINTEF Byggforsk er det tredje største byggforskningsinstituttet i Europa. Vi har rom både for store forskningssatsinger og for tett oppfølging av de mange små bedriftene. Vårt mål er bedre produktivitet og økt kvalitet i det bygde miljø.

SINTEF Byggforsk er Norges ledende formidler av forskningsbasert kunnskap til byggenæringen. Våre publikasjoner inneholder tilrettelagte erfaringer og resultater fra praksis og forskning. Vi utgir Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.