

EN HÅNDBOK
FRA NORSK SOLENERGI-
FORENING



SOLVARMME

I KOMBINASJON MED ANDRE VARMEKILDER



HÅNDBOKEN ER FINANSIERT AV HUSBANKENS KOMPETANSETILSKUDD
TIL BÆREKRAFTIG BOLIG- OG BYGGKVALITET.



«Solvarme i kombinasjon med andre varmekilder» er publisert av Norsk solenergiforening. Norsk solenergiforening er en ikke-kommersiell medlemsorganisasjon som arbeider for økt kunnskap om og økt bruk av solenergi i Norge. Både privatpersoner, bedrifter, organisasjoner og kommuner/fylkeskommuner kan bli medlem i foreningen – se vår hjemmeside for mer informasjon om medlemskap: www.solenergi.no

Denne håndboken er finansiert av Husbankens kompetansetilskudd til bærekraftig bolig og byggkvalitet. Kompetansetilskuddets formål er å støtte forsøks- og utviklingsprosjekter, heve kompetanse og formidle kunnskap knyttet til miljø, energi og universell utforming. Husbanken er statens sentrale organ for gjennomføring av regjeringens boligpolitikk, og har blant annet finansieringsordninger for nybygg og oppgradering. Les mer på www.husbanken.no

HÅNDBOKEN ER UTARBEIDET AV:

Norsk solenergiforening
Åse Lekang Sørensen
Camilla Bakken Torp, Rambøll
Hilde Kari Nylund, Tydelig

VI VIL GJERNE RETTE EN STOR TAKK TIL FØLGENDE

AKTØRER FOR INNSPILL TIL HÅNDBOKEN:

Styremedlemmene i Norsk solenergiforening
VVS-foreningen
Nobio
Norsk Varmepumpeforening
Norsk Fjernvarme
Akershus Energi Varme AS
Aventa AS
Free Energy AS
SGP Armatec AS
MiniEnergi AS

Vi tar gjerne imot innspill på eventuelle feil eller mangler.

Disse bes sendt til post@solenergi.no.

Utgitt august 2017.

ORDLISTE

BAR: Måleenhet for trykk.

COIL/SLØYFE/SPIRAL: Rørsløyfe plassert inni akkumulatortank som væske sirkulerer gjennom og tar opp/avgir varme.

EFFEKT: Energi per tidsenhet. Effekt angis i watt (W).

EL-KOLBE: Elektrisk varmeelement som varmer opp vannet.

ENERGI: Evne til å utføre arbeid. Kilowattimer (kWh) er en måleenhet for energi.

HELNINGSVINKEL: Panelenes helningsvinkel defineres som vinkelen mellom horisontalplanet og panelenes bakside.

MANOMETER: Trykkmåler for væsker eller gasser (damp).

ORIENTERING: Panelenes orientering angir hvilken geografisk retning panelene er vendt mot (nord, sør, øst, vest).

RETURLEDNING: Distribusjonsledning for varmeopptak fra produksjon.

SLAVETANK: Ekstra akkumulatortank for å øke samlet akkumulatorvolum.

TURLEDNING: Distribusjonsledning for varmeleveranse til forbruker.

VARMEBEHOV: Behovet for romoppvarming og varmt tappevann.

VARMEVEKSLER: Innretning som muliggjør varmeoverføring mellom to væske- eller gasstrømmer med forskjellig temperatur, vanligvis slik at de ikke blandes (Store norske leksikon, 2017).

VIRKNINGSGRAD: Solfangernes evne til å omdanne sollys til varme. Virkningsgrad måles i prosent (%).

INNHold

1	Innledning	6	6.1	Introduksjon	27
1.1	Hvorfor solenergi	6	6.2	Beskrivelse av tekniske løsninger	28
1.2	Solenergi – mer enn solceller	7	6.2.1	Solfangere og vedovn med vannkappe	28
1.3	Bakgrunn og formål med håndboken	8	6.2.2	Praktiske tips	28
2	Solen som energikilde	9	6.2.3	Solfangere og vedkjel eller pelletskjel	29
3	Bruk av solvarme	10	6.3	Eksempler	31
3.1	Optimal vinkling og plassering av solfangerne	10	6.4	Praktiske tips	32
3.2	Dimensjonering	11	7	Kombinasjon av solvarme og varmepumper	33
3.3	Praktiske hensyn ved bruk av solvarme i bygg	12	7.1	Introduksjon	33
4	Solvarmesystemet	14	7.2	Beskrivelse av tekniske løsninger	33
4.1	Overordnet systemoppbygning av solvarmeanlegg	14	7.2.1	Høytemperert solvarme (> 40 °C) prioriteres alltid	33
4.2	Trykksatte og trykkløse solfangersystemer	15	7.2.2	Mellom-temperatur solvarme (10 - 40 °C) supplerer varmepumpen	34
4.3	Solfangeren	16	7.2.3	Lavtemperert solvarme kan supplere varmepumpens energikilde	34
4.3.1	Plane solfangere	16	7.2.4	Overskudd av solvarme kan sendes ned i bakken	35
4.3.2	Vakuumsolfangere	17	7.3	Internasjonale eksempler på kombinasjonen solfangere og varmepumpe	35
4.3.3	Sertifisering av solfangere	17	7.4	Norske eksempler	36
4.4	Varmelageret: Akkumulatortanken	18	7.5	Praktiske tips	38
4.4.1	Temperatursjikting	19	8	Kombinasjon av solvarme og fjernvarme	40
4.4.2	Størrelse og isolasjon	19	8.1	Introduksjon	40
4.4.3	Tenk fremover!	19	8.2	Solvarmeanleggets påvirkning på fjernvarmesystemet	40
4.5	Drift og vedlikehold av solfangeranlegg	20	8.3	Beskrivelse av tekniske løsninger	41
5	Kombinasjon av solvarme og elektrisitet	22	8.3.1	Solfangere på bygg som har fjernvarme	41
5.1	Introduksjon	22	8.3.2	Solfangere i fjernvarmeanlegg	44
5.2	Beskrivelse av tekniske løsninger	22	8.3.4	Solfangere i smarte energisystemer for varme	45
5.2.1	Solvarme i tappevannsystemer med elektriske beredere	22	8.4	Eksempler	46
5.2.2	Solvarme i vannbårne varmesystemer med elektrisk kjel	24	8.4.1	Solvarme i bygg tilknyttet fjernvarme - Bellonahuset	46
5.3	Eksempel	24	8.4.2	Solvarme i fjernvarmeanlegg - Akershus Energipark på Lillestrøm	46
5.4	Praktiske tips	26	8.5	Praktiske tips	47
6	Kombinasjon av solvarme og bioenergi	27		Referanser	48

1 INNLEDNING

1.1 HVORFOR SOLENERGI?

Solen er en gratis, miljø- og klimavennlig energikilde som kan høstes og benyttes lokalt. Solenergi har potensiale til å bli den viktigste fornybare energikilden i fremtiden, og vi ser nå en sterk vekst i bruk av solenergi på verdensbasis.

Også her i nord er ressursgrunnlaget mer enn godt nok til at det er fornuftig å bygge solenergianlegg. Norge har en solinnstråling på en horisontal flate på 700–1 000 kWh/kvm per år. Til sammenligning har et nytt bygg som følger TEK17 et energibehov på 95–225 kWh/oppvarmet bruksareal (BRA) per år. Med andre ord så mottar et normalt skyggefritt norsk bygg langt mer energi i form av solinnstråling enn det bygget bruker på et helt år, og solenergiteknologiene er allerede modne nok til å dekke store deler av et byggs energibehov.

Energimarkeder over hele verden er i endring; stadig flere forbrukere produserer, eller ønsker å produsere, energi til å dekke hele eller deler av eget forbruk. Dette er en utvikling vi bør ønske velkommen også i Norge. Solenergi har flere fordeler som tilsier at energiformen bør spille en vesentlig større rolle for å dekke energibehovet i den norske byggsektoren.

Hvorfor solenergi:

- ✓ Det er en klimavennlig form for energiproduksjon som ikke medfører naturinngrep.
- ✓ Strøm og varme produseres hvor den skal brukes, uten tap i nettet.
- ✓ Det er en viktig bidragsyter for å oppnå mål for byggsektoren, som nullenergihus og plussenergihus.
- ✓ Det er en god løsning for både eksisterende og nye bygg – med svært rask byggetid.
- ✓ Det kan gi bygg med spennende arkitektur og bedre energisertifisering.
- ✓ Det er minimalt med driftskostnader og vedlikehold de neste 20–30 årene etter installasjon.
- ✓ Det skaper miljøengasjement blant folk og bedrifter.
- ✓ Det frigjør elektrisitet som per i dag brukes i bygg, slik at denne energien i stedet kan brukes i industrien, i transportsektoren og til å erstatte fossil elektrisitet i andre land.

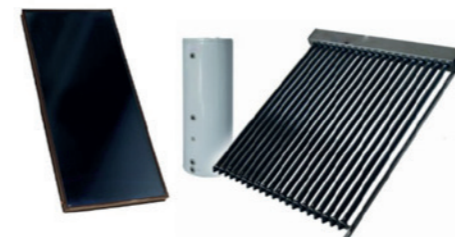
1.2 SOLENERGI – MER ENN SOLCELLER

Interessen for solenergi er sterkt økende her til lands, men fokuset i både media og marked er i stor grad på solceller (PV), og i tilsvarende liten grad på solfangere. Solceller omdanner solstråler til strøm. Solfangere omdanner energien i solstrålene til varme, som kan brukes til oppvarming av rom og/eller tappevann.

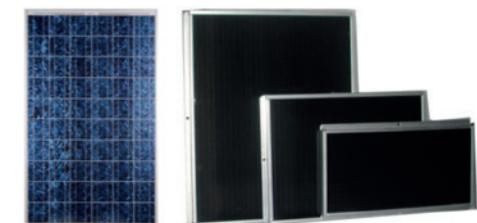
Et solfangeranlegg består grovt sett av solfangere, rørføring, varmelager (akkumulatortank) og styringsystem med pumpe, og leverer typisk 300–500 kWh varme per kvm solfangerareal, avhengig av type solfangere og systemløsning. Til sammenligning leverer et solcelleanlegg typisk 100–170 kWh strøm per kvm solcelleareal. I likhet med solceller kan solfangere integreres i bygningsfasaden eller taket, og slik erstatte andre bygningsmaterialer, eller de kan plasseres utenpå tak og vegger, eller på mark.

I Norge utgjør oppvarming en stor del av energibruken i bygg. For husholdninger er det estimert at om lag 78 % av energibruken går til oppvarming av bygg og til varmtvann (Olje- og energidepartementet 2016). Dersom formålet er å benytte solenergien til oppvarming, så er det fordelaktig å konvertere solstrålene direkte til varme fremfor å gå veien om strøm.

Solfangere kan være med å danne grunnstammen i miljøvennlige energisystemer, og slik bidra til at bygg blir helt eller delvis selvforsynt med energi. De fleste solfangeranlegg har en tilbakebetalingstid på mellom 5 til 15 år, mens levetiden for anleggene ligger på rundt 20 til 30 år – igjen avhengig av type solfangere og systemløsning. Solfangeranlegget gir dermed gratis varme i mange år etter at det er nedbetalt.



SOLFANGERE PRODUSERER VARME



SOLCELLER PRODUSERER ELEKTRISITET

1.3 BAKGRUNN OG FORMÅL MED HÅNDBOKEN

Varmebehovet i et bygg er behovet for varme til tappevann, romvarme og ventilasjonsvarme. Solvarme vil kun dekke en viss andel av varmebehovet over året, og resten må dekkes av en eller flere andre varmekilder. For eksempel så kan et solfangeranlegg dimensjoneres for å dekke varmebehovet i sommerhalvåret (april–september), mens en annen varmekilde dekker varmebehovet i vinterhalvåret når bidraget fra solenergianlegget er mindre og varmebehovet større.

Solfangere kan kombineres med ulike teknologier. Dette gir mulighet for et miljøvennlig helårs-system for produksjon av varme til bruk i boliger og næringsbygg. Det er ulike tekniske løsninger for de forskjellige kombinasjonene, og beste løsning avhenger av hvilke temperaturnivåer som er i systemene, samt hvilken akkumulatortank som benyttes. Det er også ulike fordeler med de ulike systemkombinasjonene, som for eksempel:

- ✓ Sol og elektrisitet er den vanligste kombinasjonen. Solfangere leverer maksimalt over året og gjør elektrisitetsbruken så liten som mulig.
- ✓ Kombinasjonen bioenergi og solvarme er godt egnet siden solfangerne leverer varme i perioder hvor bioenergianlegget ellers hadde gått på lav last og med lav effektivitet. Bioenergianlegget kan derfor slås av i disse periodene, noe som forlenger levetiden til bioenergianlegget, sparer brensel og muliggjør vedlikehold. I tillegg er det ofte mulig å benytte den samme akkumulatortanken for bioenergianlegget og solfangerne.
- ✓ Kombinasjonen varmepumpe og solvarme med akkumulatortank kan føre til lengre levetid for varmepumpen samt bedre effektivitet for hele energisystemet.
- ✓ Ved kombinasjon av solfangere og geotermiske varmesystemer kan overskuddsvarme sommerstid sesonglagres i borehull til vinterhalvåret.
- ✓ Solvarme og fjernvarme kan kombineres ved at fjernvarme supplerer solvarmen i et bygg. Et slikt anlegg vil på mange måter fungere som kombinasjonen solvarme – elektrisitet. Solvarme kan også installeres av fjernvarmeleverandøren som en del av et fjernvarmeanlegg, og vil kunne gi et betydelig bidrag til energiproduksjonen.

For å utløse potensialet til kombinasjonsløsningene er det viktig å ha kunnskap om systemene. Det er eksempler på anlegg i Norge hvor teknologiene «konkurrerer» i stedet for å jobbe sammen, eller hvor feilkoblinger eller mangel på ventiler fører til at solfangeranlegget leverer mye mindre energi enn det kunne gjort. Det er for få personer som har praktisk kunnskap om hvordan varmesystemene bør kombineres for å få et godt og kostnadseffektivt system.

Denne håndboken skal bidra med uavhengig informasjon om solfangere i ulike kombinasjonsløsninger til interesserte håndverkere, leverandører av vannbårne varmesystemer, rådgivere, samt teknisk interesserte byggherrer og huseiere. Norsk solenergiforening ønsker å bidra til at det bygges flere gode varmesystemer hvor solfangere kombineres med andre teknologier på best mulig måte.

De fleste kapitlene refererer til kilder hvor det er mulig å fordype seg videre i løsningene. Det er hovedfokus på hvordan solenergi kan kombineres med de andre varmekildene, og det forutsettes kunnskap om eksempelvis bioenergi- og varmepumpesystemer. Håndboken inneholder eksempler og praktiske tips, og disse er ment å være et supplement til leserens kunnskap om VVS og varmesystemer.

Skisser i håndboken er ikke ment å være arbeidetegninger, men illustrasjoner for å forklare mulige løsninger. Håndboken har dratt nytte av faglige innspill fra flere aktører. Selv om informasjonen gjenspeiler det vi mener er den beste kunnskapen tilgjengelig per i dag, kan verken Norsk solenergiforening eller våre bidragsyttere holdes ansvarlige for eventuelle feil i heftet. Vi anbefaler at solvarmeanlegg prosjekteres ved hjelp av profesjonelle fagfolk.

Sammen med leserens og produktleverandørens kunnskap håper vi at håndboken vil bidra til nye og bedre løsninger. Leseren er videre velkommen til å kontakte Norsk solenergiforening for å bidra med erfaringer og gode eksempler.

2 SOLEN SOM ENERGIKILDE

Som energikilde er solen uovertruffen. Hvert år mottar jorda 15 000 ganger mer energi fra solen enn det jordens befolkning bruker. Selv i Norge gir solen 1500 ganger mer energi enn det vi bruker. Avhengig av hvor på jordkloden man befinner seg så gir solen en energimengde fra 700 til over 2 200 kWh/kvm per år. Norge har en solinnstråling på en horisontal flate på 700 til 1 000 kWh/kvm per år.

Områdene med høyest solinnstråling finner man på Sør- og Østlandet. Solinnstrålingen i disse områdene er på nivå med sentrale områder i Tyskland, hvor de produserer svært mye energi med ulike solenergisystemer. Lokale forhold knyttet til skydekke og skjerming fra fjell, åser, vegetasjon eller bygninger spiller også inn på hvor gode solressursene er for ulike områder.

Solinnstrålingen i Norge varierer mye gjennom året. Den høyeste innstrålingen opplever vi fra mai til juli, og lavest innstråling i desember og januar. Siden det er om vinteren vi i størst grad trenger oppvarming, har bruk av solenergi til oppvarming ofte blitt vurdert som lite interessant i Norge. Faktorer som likevel taler for økt bruk av solvarme, er at døgnbehovet for varmt vann er likt gjennom hele året, samt at store deler av landet vårt har lang fyringssesong.



SOLINNSTRÅLING MOT HORIZONTAL FLATE I HENHOLDVIS JANUAR OG JULI

Illustrasjon: Endre Barstad, fornybar.no. Basert på «Nasjonalatlas for Norge»

Det er mange dager med oppvarmingsbehov også på våren og høsten. Ved å optimalisere helningsvinkelen til solfangeranlegget kan vi oppnå at solenergien gir et betydelig bidrag i månedene fra mars til oktober. Bygg med stort behov for varme og/eller tappevann også i sommerhalvåret har mest nytte av et solvarmeanlegg.

Det finnes ulike verktøy for å finne solinnstrålingen på en bestemt adresse. Ett eksempel på dette er det gratis verktøyet PVGIS. Det finnes flere ulike databaser for solinnstråling, som for eksempel Meteonorm, samt offentlige og private målestasjoner, som for eksempel Bioforsk-stasjonene. Data fra enkelte av målestasjonene er fritt tilgjengelig.

Solinnstrålingen i Norge er dessverre ikke så godt kartlagt, og det er usikkerhet i de ulike verktøyene. For større solenergi prosjekter anbefales det derfor å undersøke flere ulike informasjonskilder, og gjerne sammenligne svarene med målestasjoner eller solenergianlegg i nærheten.

3 BRUK AV SOLVARME

3.1 OPTIMAL VINKLING OG PLASSERING AV SOLFANGERNE

Hvor mye energi man får fra solenergianlegget avhenger av hvor i landet solenergianlegget er plassert, systemløsning, og effektivitet på anlegget. Skyggeforhold, orientering og helningsvinkel på solfangerne er også viktige faktorer.

Hva som er optimale vinkler for solenergianlegget avhenger av når energien trengs. Norge har som nevnt en solinnstråling på en horisontal flate på 700–1 000 kWh/kvm per år. En skrånende sørvendt flate vil i Europa motta mer energi enn en horisontal flate grunnet solens vinkel mot flaten. Dette er i motsetning til land nærmere ekvator, hvor solen står høyt og en horisontal flate får mer solenergi. Typisk vil en sørvendt flate i Oslo med helningsvinkel på 45° motta ca. 30 prosent mer energi årlig enn en horisontal flate, mens et anlegg med 30° eller 60° vinkel vil motta 25 prosent mer*. En vertikal flate vil totalt sett gjennom året motta omtrent det samme som en horisontal flate. Optimal helningsvinkel er avhengig av breddegrad og behov. Dersom man ønsker mer energi høst og vår er det bedre å ha en brattere vinkel, siden solen står lavere på himmelen disse årstidene.

Optimal orientering for et solfangeranlegg er direkte mot sør, mens øst-vestvendte anlegg kan være aktuelt dersom man ønsker mer energi på morgenen og ettermiddagen. Små avvik fra sør gir lite reduksjon i innstråling. Størst avvik tåles for rene tappevannsanlegg, mindre for anlegg som leverer både tappevann og romvarme.

Et sørvendt anlegg med rundt 30–45° vinkel er ideelt dersom man skal produsere mest mulig energi totalt sett gjennom året. Solfangeranlegget produserer da mest energi midt på dagen sommerstid. Dersom solfangeranlegget kun skal benyttes til å varme opp tappevann, er en helningsvinkel på rundt

45° gunstig. Skal derimot anlegget også brukes til romvarme, vil en vinkel på opp mot 60° kunne være bedre. Dette er imidlertid en vinkel som det kan være praktisk utfordrende å få til, noe som gjør at en helningsvinkel på 90° (vegghengt eller fasadeintegrert) vil kunne være bedre. Med en helningsvinkel på 90° høster man mer av den lave vår- og høstsolen, noe som ofte passer bedre med varmebehovet. Med en slik helningsvinkel unngås også problemet med tildekking av snø om vinteren.

Tilgjengelig areal vil også kunne påvirke vinkelen: Ved oppstilling på flate arealer vil skygge fra paneler være en viktig faktor og påvirke nødvendig arealbehov for solfangeranlegget betydelig. Dersom det er flere rader med solfangerer så vil en brattere vinkel gi mer skygge fra et solfangerpanel til panelet bak, noe som gjør at panelene må plasseres med større avstand. For store anlegg velges derfor gjerne en lavere vinkel for å unngå skygge mellom rader.

Solfangerne er avhengig av solinnstråling for å kunne omdanne sollyset til varme. Er det litt overskyet vil solfangerne starte opp, men utbyttet vil være noe redusert i forhold til en klarværsdag. Er det helt overskyet vil ikke solvarmeanlegget levere varme. Skygge på solenergianlegget fra terreng, vegetasjon eller bygninger bør unngås, da dette vil redusere solinnstrålingen. Refleksjon fra snø og vann vil derimot øke innstrålingen.

Energiproduksjonen fra et solfangeranlegg med skygge reduseres med omtrent like stor andel som skyggen dekker. Dette gjør solfangeranlegg noe mindre sårbare for skygge enn solcelleanlegg, som ved en liten andel skygge kan få redusert produksjonen med en mye større andel fordi strømkretsen brytes av skyggen.

Horisontal plassering av solfangere:

Helningsvinkel = 0°

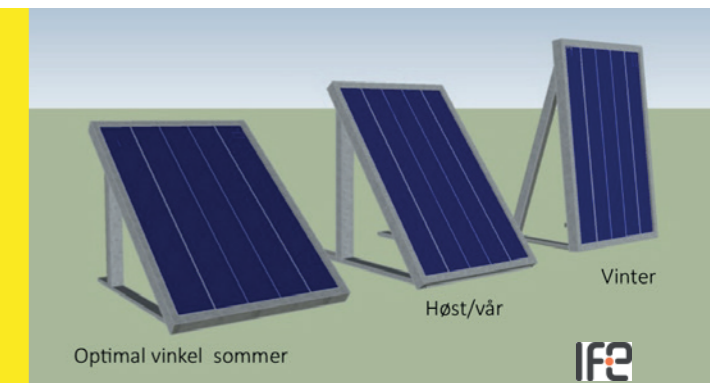
Vertikal plassering av solfangere (fasadeintegrasjon):

Helningsvinkel = 90°

Asimutvinkel:

Asimutvinkel = 0° – tilsvarer orientering direkte mot sør.

Asimutvinkelen angir avvik av solfangerorientering fra sør.



OPTIMAL VINKEL FOR ET SOLENERGIANLEGG AVHENGER AV NÅR MAN VIL HA ENERGIEN OG HVOR MAN ER PLASSERT I LANDET.

3.2 DIMENSJONERING

Solfangeranlegget bør dimensjoneres slik at det ikke produserer mer varme enn det bygget forbruker eller akkumulatortanken kan lagre til enhver tid i lavlastperioder. Unntaket er dersom man har lager som er vesentlig større enn døgnproduksjonen, eller dersom det er mulig å levere varmen til et annet bygg eller langtidslagre den i for eksempel borehull. Overproduksjon av varme vil gi for høye temperaturer i solfangerne som gjør at sikkerhetssystemet aktiveres og produksjonen stopper. Trykksatte anlegg vil koke, og ekspansjonskaret må dimensjoneres slik at det fanger opp fordampningen. I ikke-trykksatte anlegg vil sirkulasjonspumpene stoppe og væsken i solfangerne dreneres tilbake til akkumulatortanken.

Når man dimensjonerer et anlegg er det derfor viktig å ha informasjon om byggets energibehov gjennom året. Dersom det er et eksisterende bygg er det nyttig å hente målte tall på faktisk forbruk og temperaturbehov i systemet. Dersom det er et nytt bygg, bør man beregne varmebehovet ut fra forventet forbruksmønster og målinger fra tilsvarende bygg. Det viktige i disse beregningene er å se på maksimal varmeproduksjon fra sol i perioder med lite varmebehov. Dette er ofte varmebehovet i sommerhalvåret.

Solfangere kan dekke en relativt stor andel av varmebehovet til en bolig. Anlegg for tappevannsoppvarming

vil normalt dimensjoneres for å dekke rundt 40–60 prosent av varmebehovet til varmtvann gjennom året. Kombinerte anlegg (tappevann og romvarme) vil typisk kunne dekke 25–50 prosent av totalt varmebehov i boligen. Høyest dekningsgrad vil kunne oppnås i nye boliger med høy isolasjonsstandard. Slike boliger har lavere varmebehov i vinterhalvåret, og tappevannsforbruket utgjør en større andel av totalen.

For et næringsbygg så kan et solfangeranlegg for eksempel dimensjoneres etter tappevannsbehovet eller etter behovet for lavtemperatur varme i sommerhalvåret. Noen typer næringsbygg har et stort varmebehov om sommeren, for eksempel pga. stort forbruk av tappevann eller utebadebasseng, og slike bygg kan være spesielt godt egnet for solvarme. Hoteller, sykehjem og campinganlegg er eksempler på næringsbygg som har stort behov for tappevann, og hvor det kan være god økonomi i å ha et solfangeranlegg i kombinasjon med andre varmekilder.

Normalt vil leverandører av solfangerer kunne gi en god simulering av hvor mye energi et solvarmeanlegg kan gi per år. Eksempler på programvarer for slike beregninger er POLYSUN, T*SOL, TecSol, SolDat og TRNSYS. Programvarene varierer med tanke på hvor avanserte de er. Det finnes også forenklete programvarer som er tilgjengelig gratis på internett, for eksempel på valentin.de.

*Eksempel beregnet med PVGIS for Oslo-klima.

3.3 PRAKTISKE HENSYN VED BRUK AV SOLVARME I BYGG

Enkle solvarmeanlegg til tappevann kan installeres i de fleste typer bygg. Skal man derimot bruke solvarme også til romoppvarming, må man ha et vannbårent varmesystem, enten gulvvarme eller radiatorer, som fordeler varmen ut i rommene i bygget. Et alternativ er varmfordeling via ventilasjonsluft.

Det er en stor fordel om byggets varmesystem er dimensjonert for lavtemperatur romoppvarming, siden solfangeranlegget har høyest virkningsgrad ved lave temperaturer på forbrukssiden. I følge TEK17 er det et krav at bygg over 1 000 kvm skal tilrettelegges for bruk av lavtemperatur varmeløsninger.

Ved planlegging av nye boliger er det viktig at bruk av solenergi vurderes så tidlig som mulig. Plassering av solfangere, rørføring og plass til akkumulatortank kan påvirke byggets utforming og stille krav til plass i tekniske rom.

ENEBOLIG I STAVERN MED 7 KVM SOLFANGERE INTEGRERT I VINDUSRAMMER.

Kilde: aventa.no



4 SOLVARMESYSTEMET

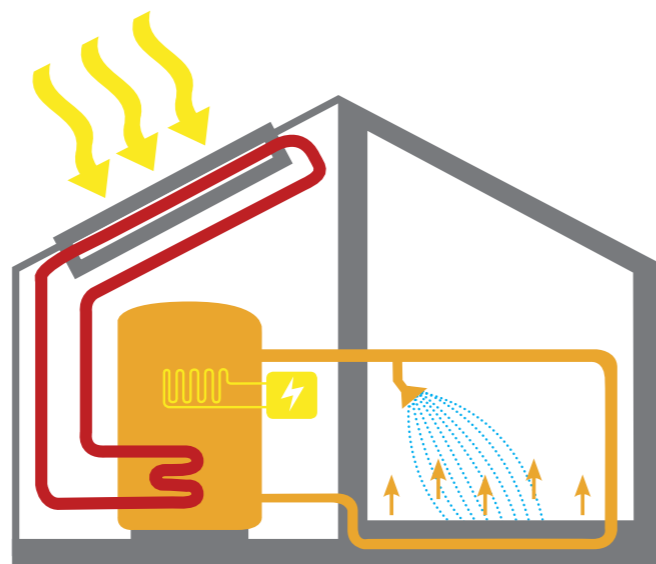
SOLFANGERANLEGG KOMMER I ULIKE STØRRELSER; FRA SMÅ TAPPEVANNSYSTEMER PÅ BOLIGER TIL STORE SOLVARMEPARKER TILKNYTTET FJERNVARMEANLEGG. ENTEN DET DREIER SEG OM SMÅ ELLER STORE ANLEGG, SÅ BESTÅR ET SOLVARMEANLEGG AV TO HOVEDKOMPONENTER: SOLFANGER OG VARME-LAGER. I TILLEGG HAR MAN RØR, STYRINGSSYSTEM, PUMPER, VENTILER OG VARMEVEKSLERE.

DETTE KAPITTELET GIR EN KORT INNFØRING I HVORDAN ET SOLFANGERANLEGG ER BYGGET OPP SAMT EN BESKRIVELSE AV DE TO HOVEDKOMPONENTENE I SYSTEMET.

4.1 OVERORDNET SYSTEMOPPBYGNING AV SOLVARMEANLEGG

I solfangeren blir strålingsenergi fra solen omdannet til varme. Varmen avgis til et varmebærende medium som sirkulerer gjennom solfangeren. Det varmebærende mediet, videre kalt varmemediet, er vanligvis vann eller en blanding av vann og glykol, men også luft kan være varmemedium. Varmemediet sirkulerer fra solfangeren via et rørsystem og inn til et varmelager hvor varmen avgis, gjerne via en varmeveksler. Varmelageret er oftest en isolert tank / beholder fylt med vann, videre kalt akkumulatortank.

Varmen fra akkumulatortanken avgis videre til byggets varmesystem, enten som oppvarmet forbruksvann, som varme til radiatorer eller gulvvarme, eller som en kombinasjon av disse. Solvarmeanlegget leverer ikke nok varme til å dekke alt energibehov til forbruksvann og oppvarming hver dag gjennom hele året, og må derfor kombineres med en annen varmekilde. Fornybare varmekilder som kan kombineres med et solvarmeanlegg er elektrisitet, bioenergi, varmepumper og fjernvarme. Alle disse kombinasjonene er videre beskrevet i denne håndboken.



ENKEL SKISSE AV SOLVARMEANLEGG

Kilde: fornybar.no

4.2 TRYKKSATTE OG TRYKKLØSE SOLFANGERSYSTEMER

Det skiller mellom to typer solfangersystemer til bygningsformål; trykksatte og trykkløse systemer. I de trykksatte solvarmesystemene er varmemediet en blanding av vann og glykol (gjærne bionedbrytbar glykol). Dette gjør at varmemediet ikke fryser, og det kan være væske i solfangersystemet hele året i en lukket krets. Solfangerkretsen for denne typen solfangere er trykksatt med ca. 2,5–4,5 bar.

Solfangerne i et trykksatt solfangeranlegg kan både være plane solfangere og vakuumsolfangere (se 4.3.1 og 4.3.2). Trykksatte, plane solfangere har normalt driftstemperaturer mellom 40°C og 90°C. Trykksatte vakuumsolfangere produserer normalt mellom 80°C og 120°C. Temperaturen styres ved å regulere hastigheten på væsken gjennom solfangerne.

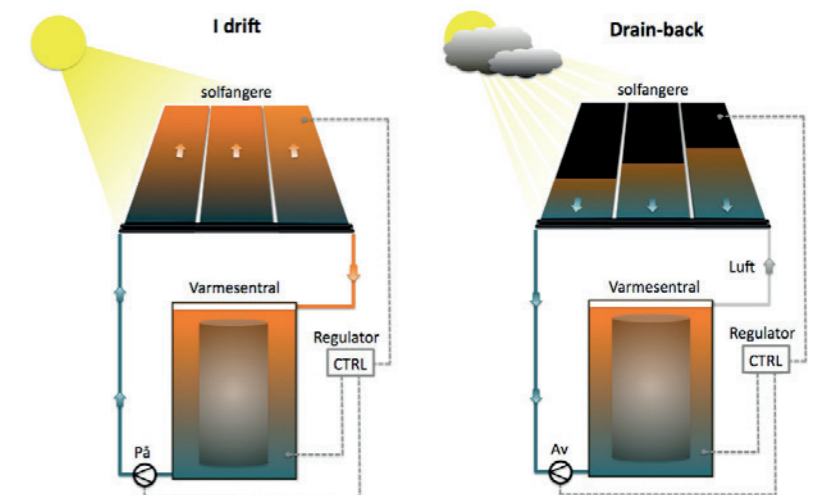
Alle komponentene (inkl. rør, ventiler, osv.) i et trykksatt solvarmeanlegg må tåle trykkene og temperaturene som anlegget kan få. For plane solfangere er designtemperatur 110°C og for vakuumsolfangere er det opp mot 200°C. Spesielt sommerstid kan det produseres svært høye temperaturer fordi solenergi-produksjonen er høy samtidig som varmebehovet er lavt. Anleggene må bygges opp med et ekspansjonssystem og en overtrykksventil for å sikre anlegget mot overoppheting. Virkningsgraden reduseres dess høyere temperatur anlegget skal produsere. På den annen side vil høy temperatur gi mulighet til å lagre mer energi på et gitt lagervolum.

I de trykkløse solvarmesystemene er varmemediet rent vann. De trykkløse solvarmesystemene, også kalt «drain-back» systemer, har akkumulatortank som holder atmosfæretrykk. Dersom temperaturen blir for lav (fare for frost) eller for høy

(fare for koking), dreneres vannet automatisk ut av solfangerkretsen og over i akkumulatortanken. Rørføringen må være slik at alt vannet kan dreneres ved hjelp av tyngdekraften. I slike systemer sirkulerer som regel selve akkumulatortanken i solfangeren.

Solfangeren er alltid helt tømt for vann når solvarmeanlegget ikke er i drift. Dette betyr at trykkløse systemer ikke har samme fare for overoppheting som man har ved bruk av trykksatte solvarmesystemer. Systemene opererer etter forhåndsinnstilte maks- og minimumstemperaturer. I tillegg dreneres solfangerne hvis temperaturen ikke er høy nok til å øke temperaturen i akkumulatortanken. Dersom det er behov for å produsere varme ved høyere temperaturer, så reduseres virkningsgraden mer for trykkløse systemer enn for de trykksatte systemene. Siden solvarmekretsen eksponeres for luft, må komponentene i et trykkløst system være rustfrie. Solfangerne i et trykkløst system er plane solfangere.

Du kan lese i mer detalj om trykksatte og trykkløse solvarmesystemer i «Kompetansekompodium for varmeanlegg» (Enova SF et al. 2011).



SKISSE AV «DRAIN-BACK» SYSTEM

Kilde: Aventa AS

4.3 SOLFANGEREN

I solfangeren omdannes solstrålene til varme. Prinsippet bak solfangeren baserer seg på at en mørk flate absorberer opp mot 95 prosent av innfallende stråling. Den absorberte strålingsenergien konverteres til termisk energi (varme). Solfangeren kjøles så ned ved at varmen avgis til varmemediet, som igjen frakter varmen vekk fra solfangeren.

Det finnes flere ulike typer solfangere. De to vanligste typene er plane solfangere og vakuumsolfangere. Den mest brukte løsningen i norske bygninger har til nå vært plane solfangere, men etter hvert har vakuumsolfangere også fått en større andel av markedet. Den plane solfangeren er den vanligste typen solfanger i Europa, mens i Kina, verdens største solfangermarked, dominerer vakuumsolfangere.

4.3.1 PLANE SOLFANGERE

En plan solfanger består av en plan absorbatoren der varmemediet sirkulerer gjennom kanaler i absorbatoren eller rør under absorbatoren. Absorbatoren kan være laget av plast (polymer), aluminium eller kobber. Absorbatoren er som regel behandlet slik at mest mulig av solinnstrålingen absorberes og dermed øker solfangernes effektivitet. Absorbatoren har vanligvis en aluminiumsramme med isolasjon bak og på sidene, og dekkglass foran. Både isolasjonen og dekkglasset skal redusere uønsket varmetap til omgivelsene, og både absorbatoren og dekkglasset må kunne tåle store påkjenninger.

Absorbatoren som er laget av plast benyttes kun i trykkløse solvarmesystemer. Slike plane solfangere består av spesielle polymer-materialer som tåler store temperatursvingninger. Vanligvis så sirkulerer varmemediet gjennom kanaler i selve absorbatoren. Disse solfangerne kan ha ulike størrelser, typisk fra 2-6 kvm per panel. Solfangerne benyttes som regel på bygningsmonterte anlegg der flere solfangere

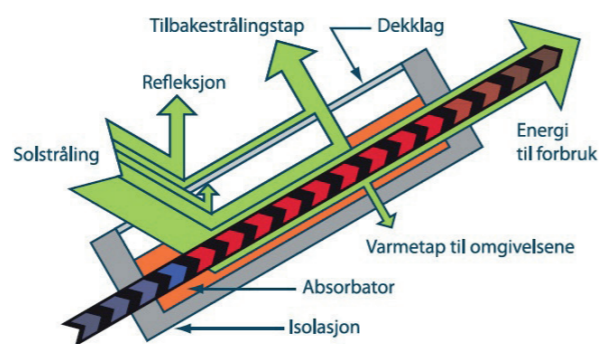


ENEBOG I ASKER MED 9 KVM PLANE SOLFANGERE INTEGRERT I TAK.

Kilde: fornybar.no

kobles sammen for å tilpasses byggets varmebehov. Slike solfangere egner seg ikke til store bakkeinstallasjoner i forbindelse med produksjon i fjernvarmeanlegg. Polymersolfangerne kjennetegnes ved lav vekt og fleksibel utforming med mulighet for bygningsintegrering. Solfangerne er konstruert for å levere lavere temperaturer, og ligger som regel i det laveste sjiktet både på pris og effektivitet.

I plane solfangere hvor absorbatoren er laget av aluminium eller kobber, sirkulerer varmemediet gjennom rør sveiset fast under absorbatoren. Slike solfangere benyttes normalt i trykksatte solvarmesystemer, men også trykkløse systemer kan ha solfangere laget av disse materialene. Disse solfangerne produseres som både små og store paneler, fra 1,5 kvm til 15 kvm, der de små panelene benyttes til solvarmeanlegg på enkeltbygg og de store benyttes til solvarmeanlegg på veldig store bygg eller i solvarmeparker tilknyttet fjernvarmeanlegg. Solfangerne er konstruert for å levere høyere temperaturer enn solfangerne av plast, og har som regel høyere effektivitet. Plane solfangere av denne typen leveres av mange ulike leverandører og varierer mye i pris.



GENERELL PRINSIPPSKISSE AV EN PLAN SOLFANGER.

Illustrasjon: Kim Brantenberg Kilde: fornybar.no

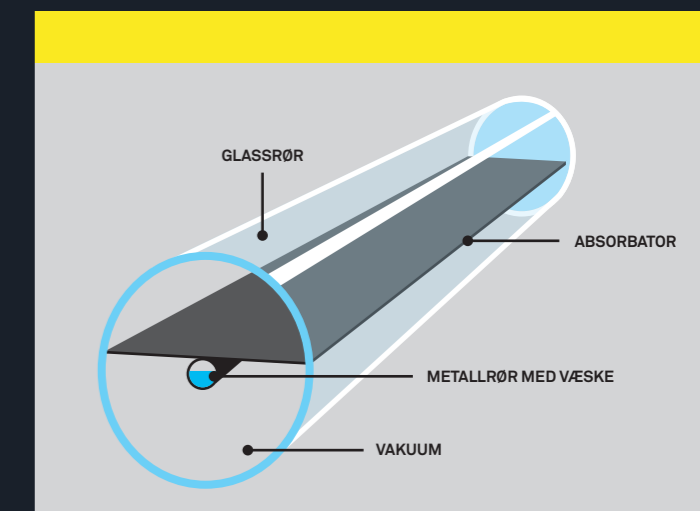
4.3.2 VAKUUMRØRSOLFANGERE

I vakuumsolfangere er absorbatoren plassert i sylindriske vakuumsolrør i glass. Absorbatoren kan være et kobberrør med frostsikker væske og tvunget sirkulasjon eller termisk drevet sirkulasjon. På toppen av panelet er det en samlestock eller varmeveksler som transporterer varmen til akkumulatortanken. Merk at et vakuumsolrør med termisk sirkulasjon alltid må være plassert med samlestock øverst for å fungere tilfredsstillende. Vakuumsolfangere har god isolasjonsevne og dermed veldig lavt varmetap, men deres gode isolasjonsevne gjør dem også mer sårbare for overoppheting om sommeren.

Vakuumsolfangere benyttes kun i trykksatte solvarmesystemer. Disse solfangere produseres med både små og store paneler. Solfangerne er konstruert for å produsere høye temperaturer. De har lite varmetap også ved lave utetemperaturer, og har høyest effektivitet, spesielt ved svak sol. Vakuumsolfangere ligger vanligvis i det øverste sjiktet når det gjelder pris, men dette kan variere.

4.3.3 SERTIFISERING AV SOLFANGERE

Solar Keymark er en sertifiseringsordning i regi av den europeiske solenergiforeningen Solar Heat Europe. Målet med ordningen er å sertifisere solfangerprodukter av høy kvalitet på europeisk nivå. At et produkt er sertifisert av Solar Keymark er derfor et kvalitetstegn, og slike produkter listes på solar-keymark.org. På hjemmesiden kan man laste ned sertifikater med nøytral informasjon om produktet.



SNITT GJENNOM EN VAKUUMRØRSOLFANGER

Kilde: Sintef, prosjektrapport 22, 2008

4.4 VARMELAGERET: AKKUMULATORTANKEN

Varmemediet som sirkulerer gjennom solfangerne avgir varmen til et varmelager, heretter kalt akkumulatortank. Akkumulatortanken spiller en sentral rolle i solvarmesystemet – man kan tenke på tanken som en stor termos som lagrer varmen frem til det er bruk for den. Isolasjon, tankstørrelse og temperaturnivå på varmeproduksjon- og forbruk avgjør hvor mye solenergi som kan lagres.

Akkumulatortanker som er beregnet for solvarmeanlegg er vanligvis større enn vanlige varmtvannstanker. Andre energikilder, som bioenergi og varmepumpe, kan også kobles til den samme akkumulatortanken. I tilfeller hvor de tilkoblede varmekildene ikke klarer å levere nok varme, vil én eller flere el-kolber eller annen spisslastkilde sørge for at akkumulatortanken alltid holder høy nok temperatur.

Det oppvarmede varmemediat avgir varme til akkumulatortanken til bruk for tappevann og oppvarming. Varmefordelingen til romoppvarming skjer via radiatorer eller vannbåren gulvvarme og varmfordeling til ventilasjonsluft skjer via varmebatteri i ventilasjonsaggregat. I de trykkløse systemene, der varmemediat er vann, er det den samme væsken som er i akkumulatortanken som sirkulerer gjennom solfangerne. I de trykksatte systemene er varmemediat i solfangerne i en egen lukket krets slik at man unngår å få glykol i selve akkumulatortanken.

Varmen fra solfangerne til akkumulatortanken avgis som regel via en varmeveksler. Varmeveksleren er ofte en innebygget spiral, og man får da en varme-

veksling fra solvarmespiralen mot det kaldere vannet i tanken. Ofte er det også flere varmevekslinger som skiller kretsene i solvarmesystemene, dette gjelder spesielt større systemer.

Generelt så kan man si at det er aldri er det samme vannet som sirkulerer gjennom solfangerne eller vannet som er lagret i akkumulatortanken som leveres som tappevann til forbruker. Tappevannet forvarmes normalt ved at det passerer gjennom akkumulatortanken i en lukket sløyfe eller gjennom en varmeveksler, eller ved at det er en egen varmtvannstank inne i akkumulatortanken. Grunnen til at dette er adskilt er at det anbefales en relativ høy minimumstemperatur på vann i varmtvannsberederen pga. fare for legionellaoppblomstring (Folkehelseinstituttet anbefaler 70 °C). Solvarmeanlegget har høyest effektivitet ved lave temperaturer i akkumulatortanken, noe som betyr at legionellasikker temperatur i akkumulatortanken vil være negativt for utbyttet fra solvarmeanlegget.



EKSEMPLER PÅ AKKUMULATORTANKER SOM ER TILRETTELAGT FOR BLANT ANNET SOLVARME.

Kilde: CTC FerroFil AS, OSO Hotwater

4.4.1 TEMPERATURSJIKTING

Varmt vann er lettere enn kaldt vann, og det varme vannet vil derfor stige til toppen i en akkumulatortank. Dette kalles sjikting. Det er viktig med god sjikting i akkumulatortanken for å utnytte solvarmen best mulig. Dette vil si at vannet er varmest i toppen av tanken og kaldest nederst, og det bør være minst mulig omrøring. Jo høyere akkumulatortank man har, jo bedre blir temperatursjiktingen.

Ved høy sirkulasjon i tanken så kan det være vanskelig å få til god sjikting. Hastigheten på vannet inn og ut av tanken vil være avgjørende for hvor god sjikting man får.

Solfangerne er mest effektive ved lav arbeidstemperatur, og solvarmeanlegget skal derfor kobles til den nederste delen av akkumulatortanken. Andre varmekilder kobles til over solvarmen, og helt øverst plasseres el-kolben eller annen spisslastkilde, slik at den ikke konkurrerer med de andre varmekildene.

4.4.2 STØRRELSE OG ISOLASJON

Størrelsen på akkumulatortanken avhenger av ulike systemløsninger og solfangerarealet, og ligger gjerne på mellom 35 og 100 liter per kvm solfangerareal, hvor de fleste er rundt 60 liter per kvm solfangerareal (Norsk solenergiforening og Asplan Viak, 2016). En tommelfingerregel er at akkumulatortanken bør ha et volum på minimum 50 liter per kvm solfangerareal. Akkumulatortanken dimensjoneres gjerne for å være tilstrekkelig stor som buffer for noen gråværsdager. En erfaren solvarmeleverandør vil kunne beregne hva som er en passende størrelse på akkumulatortanken i hvert spesifikt tilfelle.

Størrelsen og utformingen av tanken styres også av varmebehovet (mengde og temperatur, samt tidsvariasjon), hvilke andre varmekilder man bruker, tilgjengelig plass i bygget og økonomiske hensyn.

Akkumulatortankens utforming og konstruksjon bør være slik at den ivaretar de ulike varmekildenes optimale arbeidstemperaturer og driftstider. Det er også viktig at tanken er godt isolert for å minimere varmetapet. Avhengig av temperaturen i rommet hvor tanken er plassert, bør tanken være isolert med minimum 5–20 cm mineralull eller annet materiale med tilsvarende isolasjonsegenskaper. God isolasjon gir lavt varmetap og dermed lavere energikostnader.

4.4.3 TENK FREMOVER!

Velg en «solvarmetilpasset» akkumulatortank dersom du skal skifte varmtvannsbereeder. Da har du muligheten til å etterinstallere solvarme (og andre fornybare varmekilder) i fremtiden. Vanlige varmtvannsbereedere er ikke alltid spesielt godt egnet til solvarme ettersom de kan bli for små, samt at de opererer ved for høy temperatur til at man effektivt får utnyttet solvarmen. Solfangerne er som nevnt mest effektive ved lav arbeidstemperatur. Også biokjeler og varmepumper har nytte av å være tilkoplede til en solvarmetilpasset akkumulatortank. De får lengre driftstid (færre start/stopp) og høyere virkningsgrader når de leverer varmen til en akkumulatortank.

4.5 DRIFT OG VEDLIKEHOLD AV SOLFANGERANLEGG

Solfangeranlegg har automatiske styringssystemer og krever derfor lite tilsyn. Anleggene krever også generelt svært lite vedlikehold, men ulike solfangere og systemløsninger kan ha noe ulike behov på dette området. Det er viktig å få informasjon om et spesifikt anlegg fra leverandøren eller produsenten.

Dersom anlegget har glykolblanding må man påse at varmemediet har rett pH-verdi (pH=9,5). pH må måles etter en eventuell koking for å sjekke at væsken ikke har blitt sur. En for lav pH-verdi kan gi korrosjon i anlegget. I trykksatte anlegg bør man se over skjøter for lekkasje da de utsettes for store temperatursvingninger. Dette kan også fanges opp ved å følge med på manometeret for å se at trykket holder seg stabilt over tid. I trykløse systemer så er det behov for å kontrollere dreneringsfunksjonen før

vintersesongen, samt kontrollere vannstanden i varmesentralen. Videre så bør man, for alle solfanger-systemer, måle energiproduksjonen fra solfangerne og det totale varmesystemet, slik at man kan følge med på om dette fungerer som forventet.

En mulig utfordring her til lands er at ettersom solfangere fremdeles er relativt lite utbredt, så kan det være vanskelig å få tak i ekspertise til installasjon og reparasjon av solvarmeanlegg. Bransjeregisteret finnsolenergi.no kan være til nytte med tanke på å få tak i aktører med rett kompetanse.

SOLFANGERE PÅ SCANDIC LERKENDAL HOTELL.

Foto: Jo Helge Gilje



5 KOMBINASJON AV SOLVARME OG ELEKTRISITET

5.1 INTRODUKSJON

Varme levert fra solfangere kan kombineres med varme fra elektrisitet. Solfangerne kan enten forvarme vannet, som ettervarmes til riktig temperaturnivå, eller solfangerne kan varme vannet direkte til riktig temperaturnivå. Man bør sørge for at solvarmen har prioritet i slike systemer, slik at en får utnyttet solenergien så godt som mulig. Det er derfor viktig at

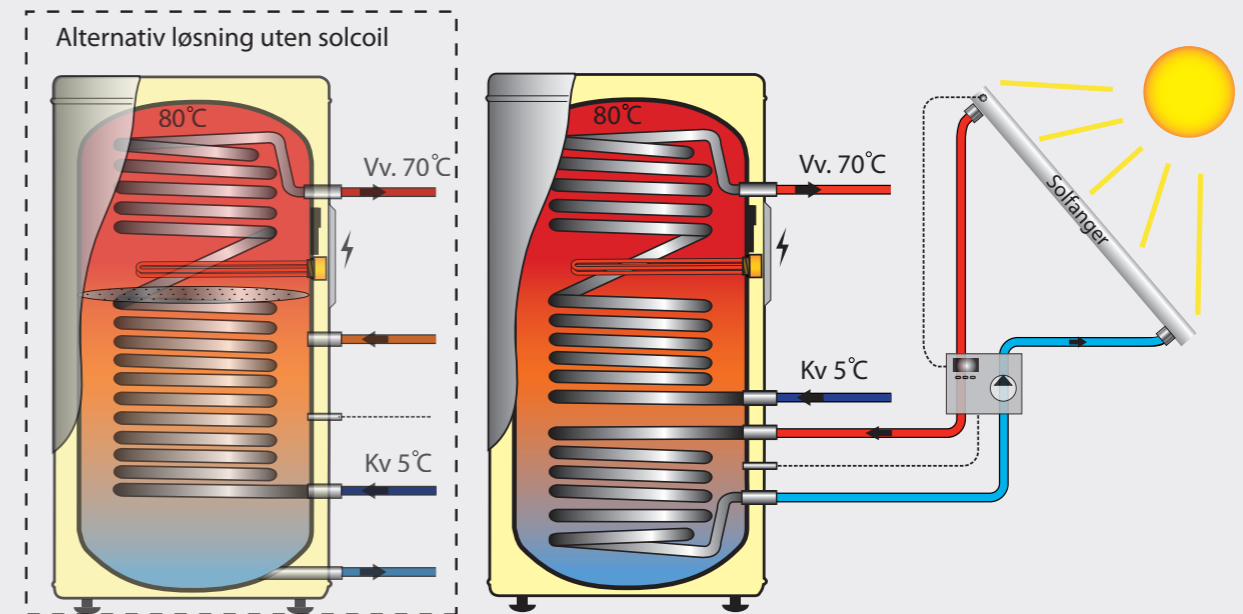
solvarmen leveres på rett sted i akkumulatortanken og varmesystemet. Varmebehovene prioriteres gjerne slik at solvarmen først benyttes til å forvarme kaldt tappevann, deretter romvarme, og til slutt ettervarme tappevann. Hvilke varmebehov som skal dekkes påvirker plasseringen av varmevekslerne.

5.2 BESKRIVELSE AV TEKNISKE LØSNINGER

5.2.1 SOLVARME I TAPPEVANNSYSTEMER MED ELEKTRISKE BEREDERE

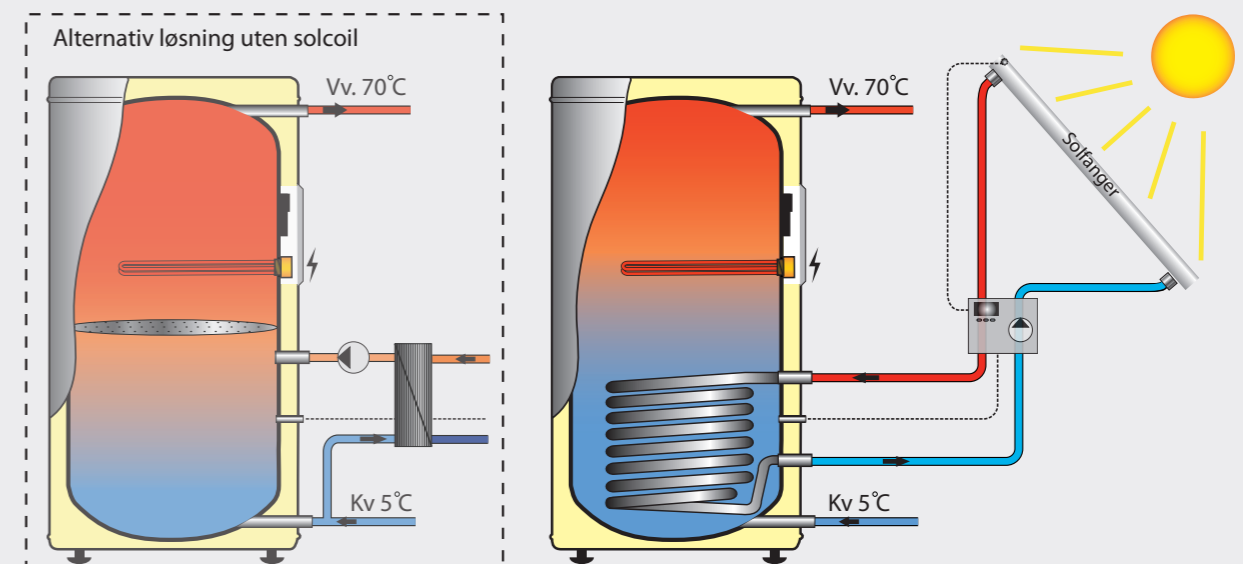
Å kombinere solfangerne med en elektrisk varmtvannsbereider er den enkleste kombinasjonsløsningen. I slike systemer benyttes gjerne selve tappevannsbereideren som akkumulatortank for varmen, men det er også mulig å ha en egen akkumulatortank for solvarme. Det kalde vannet tas fra bunnen av tanken, og det varme vannet fra solfangeren leveres over dette, men fortsatt relativt lavt i tanken. En el-kolbe varmer vannet i den øverste delen av tanken.

Når det er sol vil det ikke være nødvendig å benytte elektrisitet. Dersom det er ønskelig så kan en styre el-kolben slik at den ikke slår inn tidlig på morgenen, men venter et par timer – i tilfelle det blir sol. Også i slike systemer så er det ikke vannet fra solfangeren som benyttes direkte i bygget. Varmen leveres gjerne til akkumulatortanken via en varmeveksler, eller man har en ekstra varmtvannstank integrert i akkumulatortanken. Leverandører av akkumulatortanker / varmtvannsbereidere har ofte en egen serie med tanker som er tilrettelagt for fornybare varmekilder som solvarme.



EKSEMPEL PÅ MOMENTANOPPVARMING AV TAPPEVANN MED SOLVARME. 5 °C KALDTVANN SOM SKAL VARMES TIL FORBRUKSVANN PÅ 70 °C SIRKULERER GJENNOM EN COIL.

Kilde: Zijdemans, 2014.



EKSEMPEL PÅ OPPVARMING AV TAPPEVANN MED SOLVARME. KALDTVANN SOM SKAL VARMES TIL FORBRUKSVANN Fyller tanken, MEN HOLDES FYSISK ADSKILT FRA VANNET FRA SOLFANGEREN.

Kilde: Zijdemans, 2014.

5.2.2 SOLVARME I VANNBÅRNE VARMESYSTEMER MED ELEKTRISK KJEL

Solfangere kan kombineres med en elektrisk kjel, og levere varme til både tappevann og romoppvarming. Også i slike systemer kan solfangerne og den elektriske kjelen dele akkumulatortank, eller det kan være en egen tank for solfangeranlegget.

Elektrisk kjel benyttes ofte i større varmesystemer til for eksempel sykehjem, skoler, boligblokker eller idrettshaller der man har plass til to ulike akkumulatortanker. For å utnytte solvarmen best mulig tilstreber man alltid lavest mulig temperatur nederst i akkumulatortanken. Dette kan gjøres ved at man har en egen tank for solfangeranlegget der kaldtvann som skal varmes til forbruksvann sirkulerer enten via en veksler eller en coil. Denne tanken får ikke noe varme levert fra elektrisitet.

Når tappevannet har blitt forvarmet i solvarmetanken sendes det inn i en tappevannsbereder som øker temperaturen ved hjelp av en elektrisk kjel slik at temperaturkrav i forhold til legionella overholdes. En tappevannsbereder bør ikke være større enn at den kan levere det som behøves av tappevann uten å gå tom for varme. Den bør også styres med en forsinkelse slik at den venter på varme fra solen ved gitte tidspunkter før den fyller opp igjen. Man kan koble flere akkumulatortanker etter hverandre og ha ulike temperaturnivåer i tankene, slik at man har god tilgang på varmtvann og samtidig minst mulig levert energi fra den elektriske kjelen.

5.3 EKSEMPEL

RUDSHAGEN PASSIVHUS

Rudshagen borettslag ligger på Mortensrud og består av 17 eneboliger med passivhusstandard. Alle husene har vannbåren varme, 16 har fått installert varmepumpe og ett har fått solfangere (trykkøst system) på sørvendt fasade. De to systemene varierer med hensyn til når de yter godt og dårlig: Mens regnfulle dager ikke er bra for ytelsen til solfangerne, gir varmepumpen mindre varme på kalde dager.

Boligen med solvarme har et solfangerareal på 20 kvm, og akkumulatortanken er på 800 liter. Systemet leverer varme til både romoppvarming og tappevann, og er kombinert med elektrisitet for å få full varmedekning. Ved planlegging av nye boliger er det viktig at bruk av solenergi vurderes så tidlig som mulig. Avgjørelsen om å benytte solfangere på den ene boligen ble tatt på et sent stadium og solfangerne ble derfor ikke helt ideelt plassert. Den totale produksjonen målt i 2013 var på 2635 (± 200) kWh. Med en bedre plassering av solfangeranlegget ville årsproduksjonen fra dette anlegget ligget høyere.

Les mer om denne boligen i artikkelen «A comparison of the energy consumption in two passive houses, one with a solar heating system and one with an air-water heat pump» (Energy and Buildings, 2015).

RUDSHAGEN PASSIVHUS MED SOLFANGERE PÅ SØRVENDT FASADE.

Kilde: Aventa AS.



5.4 PRAKTISKE TIPS

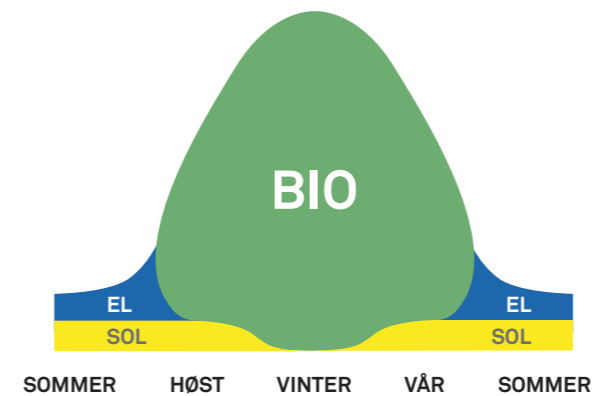
- ❶ Et solfangeranlegg i et tappevannssystem dimensjoneres gjerne til å dekke rundt 40–60 prosent av det årlige tappevannsbehovet. Et anlegg som leverer både tappevann og romoppvarming vil typisk kunne dekke rundt 25–50 prosent av det totale varmebehovet.
- ❶ Et solfangeranlegg på rundt 4–6 kvm solfangerareal med en akkumulatortank på 300 liter vil typisk kunne levere rundt 50 prosent av det årlige tappevannsbehovet til en liten familie.
- ❶ For større systemer dimensjoneres akkumulatortanken gjerne slik at det er 50–75 liter vann per kvm solfangerareal.
- ❶ Det finnes egne varmtvannsberedere som er klare for tilkobling av solfangere.
- ❶ God dimensjonering av akkumulatortanken, tilkoblingen og styringssystemet er viktig.
- ❶ God sjikting i akkumulatortanken er viktig slik at det varme vannet i toppen av tanken ikke blandes med det kalde vannet i bunnen av tanken.
- ❶ Det anbefales å velge en rørlegger med kunnskap om solvarmeanlegg og hvordan dette best kan kobles sammen med resten av varmesystemet.
- ❶ Solenergi bør ha prioritet før elektrisitet.
- ❶ Man bør måle energiproduksjonen fra solfangerne og det totale varmesystemet, slik at en kan følge med på om dette fungerer som forventet.
- ❶ Planlegg plassering av solfangere i forhold til teknisk rom, slik at rørføringen blir så kort som mulig. Dette reduserer både installasjonskostnader og varmetap.

6 KOMBINASJON AV SOLVARME OG BIOENERGI

6.1 INTRODUKSJON

Kombinasjonen bioenergi og solvarme er godt egnet siden solfangerne leverer varme i perioder hvor bioenergianlegget ellers hadde gått på lav last og med lav effektivitet. Bioenergianlegget kan derfor slås av i disse periodene, noe som forlenger levetiden til bioenergianlegget, sparer brensel og muliggjør vedlikehold. I tillegg er det ofte mulig å benytte den samme akkumulatortanken for bioenergianlegget og solfangerne.

SOL-, EL- OG BIOENERGI TIL OPPVARMING ENERGIFORBRUK



Kilde: Energigården

En annen fordel ved bruk av solfangere i kombinasjon med bioenergi er at det er relativt mange bioenergisystemer i drift, spesielt i landbruket. Enkelte av disse systemene er lokalisert i nærheten av hverandre, noe som kan føre til erfaringsutveksling og andre positive ringvirkninger. Innovasjon Norge har gjennom Bioenergiprogrammet støttet prosjekter med biovarme i landbruket siden 2003. Bioenergi-programmet er rettet mot landbruksaktører, og gir støtte til blant annet gårdsvarmeanlegg. For gårdsvarmeanlegg kan programmet også støtte solfangeranlegg, når solfangerne inngår som en del av biobrenselanlegget. Mer informasjon om solenergi i landbruket finnes i et eget hefte fra Norsk solenergiforening (Norsk solenergiforening 2016), og mer informasjon om Bioenergiprogrammet finner man på Innovasjon Norges hjemmeside.

6.2 BESKRIVELSE AV TEKNISKE LØSNINGER

Det finnes både små og store løsninger for bioenergisystemer som leverer vannbåren varme og tappevann. Ved- og pelletsovner med vannkappe er gjerne egnet i en bolig, mens flis- ved- og pelletskjeler benyttes hvor det er større varmebehov. Solfangere kan kombineres med alle disse løsningene. I dette heftet er kombinasjoner mellom solfangere og vedovn med vannkappe samt ved- og pelletskjeler beskrevet.

6.2.1 SOLFANGERE OG VEDOVN MED VANNKAPPE

Bioenergiprogrammet er rettet mot landbruksaktører, og gir støtte til blant annet gårdsvarmeanlegg. For gårdsvarmeanlegg kan programmet også støtte solfangeranlegg, når solfangerne inngår som en del av biobrenselanlegget. Dette delkapittelet bygger på dette heftet.

En vedovn med vannkappe varmer vann som kan brukes til romoppvarming eller tappevann. Slike vedovner og solfangere utfyller hverandre godt hele året, siden solen gir størst bidrag når det er minst aktuelt å fyre med ved. I en vedovn med vannkappe går over halvparten av varmen direkte til vannet. Dette er en fordel i godt isolerte boliger, hvor det kan bli for varmt med en ordinær vedovn.

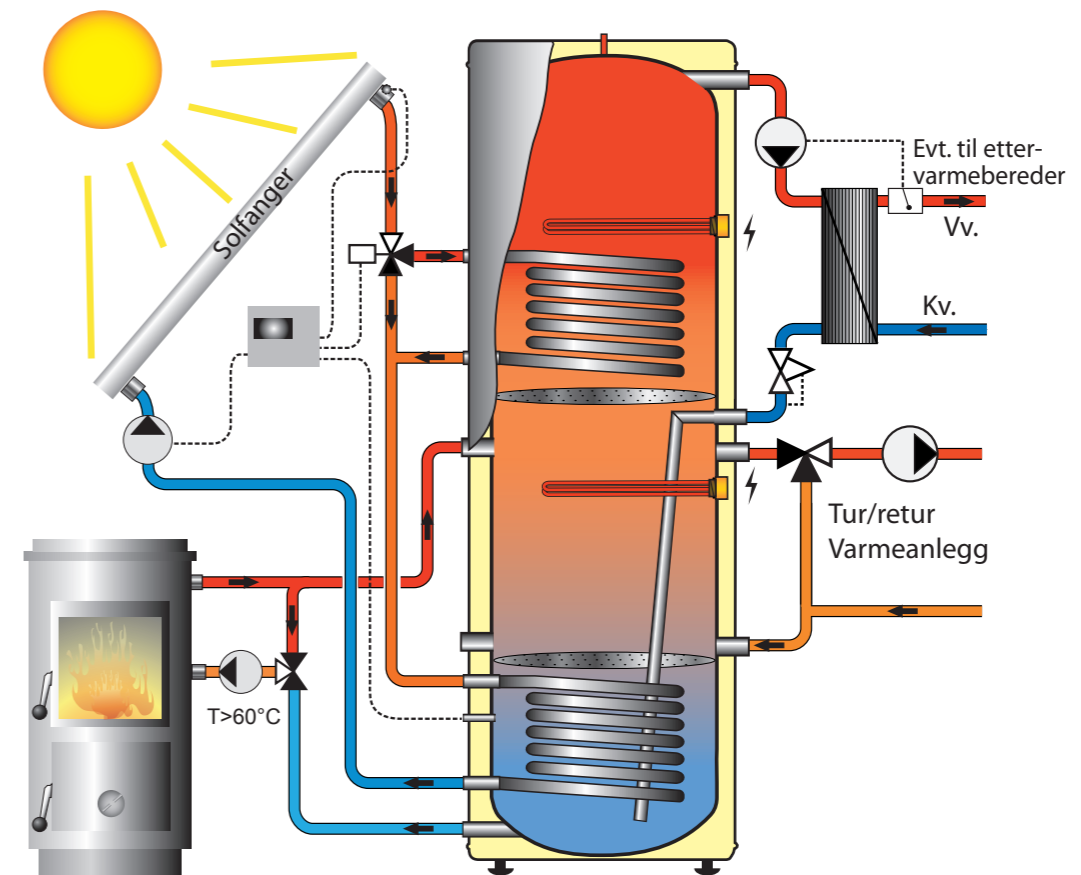
Akkumulatortanken spiller en viktig rolle i denne kombinasjonen. Ved hjelp av en godt isolert akkumulatortank kan varme fra solfangerne og vedovnen lagres til for eksempel dagen etter. Akkumulatortanken bør ha en el-kolbe som reserve som kan slå inn dersom det ikke er sol og vedovnen ikke er i bruk. Dette må styres slik at el-kolbene ikke kobler inn når det leveres varme fra solfangerne eller vedovnen. Folkehelseinstituttet (FHI) anbefaler at temperaturen for varmtvann bør holde minst 70 °C, for å redusere sjansen for å bli smittet av legionellabakterier (Pettersen 2015). Dette kan sikres gjennom at el-kolben slår inn ved behov.

6.2.2 PRAKTISKE TIPS

Noen råd om vedovn med vannkappe (Energiråd Innlandet, VVS-foreningen, og Regionrådet for Hadeland 2015):

- ❶ Vedovnen må være godkjent for bruk i Norge.
- ❷ Ovnens skal være tilkoblet kaldt vann som sikkerhet for overoppheting.

- ❸ Kaldtvannsrøret opp til ovnen skal ha lekkasjestopper.
- ❹ Vedovn med vannkappe skal ikke brukes uten å være tilkoblet anlegget, siden den er beregnet for at vannet fra akkumulatoren skal sirkulere.
- ❺ Under oppstart er det viktig å få fjernet luften i anlegget slik at vannet slipper til inne i ovnen, ellers blir det fort overoppheting.



EKSEMPEL PÅ KOMBIANLEGG MED SOLFANGERE OG BIOENERGI. SOLFANGERNE LEVERER VARME TIL VARMTVANNSBEREDEREN VIA EN COIL FOR SOLVARME, OG BIOVARME GIR MOMENTANOPPVARMING AV TAPPEVANN MED TODELT COIL.

Kilde: Zijdemans, 2014.

6.2.3 SOLFANGERE OG VEDKJEL ELLER PELLETSKJEL

En vedkjel eller pelletskjel (med fellesbetegnelse biokjel) er gjerne dimensjonert for å kunne dekke det meste av varmebehovet. Allikevel er det fordelene ved å kombinere biokjeler med solfangere, som beskrevet i introduksjonen. Kunsten er å planlegge samt drifte anleggene slik at en får størst mulig fordel av kombinasjonen.

Sverige har flere erfaringer enn Norge når det gjelder å kombinere bioenergi og solenergi. Den svenske håndboken for systemutforming «Kombinerade bio- og solvarmesystem» (SERC 2010) beskriver hvordan solfangere og pelletskjeler kan kombineres. Når det gjelder tilgjengelige systemløsninger er mye likt i Norge og Sverige. For akkumulatortanken er det

dog andre løsninger som er vanligst i Norge, sammenlignet med i nabolandet.

Biokjelen har gjerne ansvar for å dekke varmebehovet i vinterhalvåret, mens solfangersystemet leverer varme i sommermånedene. Biokjeler har best driftsbetingelser og høyest virkningsgrad når de har høy varmelast. Ved å installere solfangere kan man redusere driftstiden hvor biokjelen kjører med lav last, ettersom dette stort sett er i sommerhalvåret når solfangerne bidrar med varmeproduksjon. Dersom det ikke produseres nok solenergi så kan enten biokjelen starte, eller strøm benyttes som reserve-energikilde. Dersom anlegget dimensjoneres slik at det ikke er behov for biokjelen i sommermånedene, så trenger heller ikke selve biokjelen å varmes opp. Dette øker effektiviteten til biokjelen og sparer brensel.

Enkelte biokjeler har varmtvannsbereder i selve biokjelen. Disse systemene er ikke like godt egnet til å kombinere med solfangere. Tappevann og varmtvann bør lagres i en egen akkumulatortank.

Sjikting i akkumulatortanken er vesentlig også når solfangere kombineres med vedkjel eller pelletskjel. Dette betyr at rørene fra solfangerne kobles til lavt i tanken, slik at disse får best mulig betingelser. Selvsirkulasjon i rør tilknyttet tanken bør unngås, for eksempel ved hjelp av trykkavhengige tilbakeslagsventiler.

SERC (2010) anbefaler som tommelfingerregel at en har 50 til 100 liter akkumulatortank per kvm solfanger. Dersom solfangerarealet er 10 til 12 kvm vil man dermed trenge en akkumulatortank på rundt 750 liter. Hvis man har mindre volum i akkumulatortanken vil man få lavere utbytte fra solfangerne – siden man ikke nødvendigvis trenger varme akkurat når det er sol. Dersom akkumulatortanken er for stor så øker varmetapet, og det kan bli vanskelig for solfangerne å varme opp tanken til ønsket temperatur.

Det er derfor ikke alltid optimalt å benytte en eksisterende akkumulatortank i et bioenergianlegg også til solfangeranlegget. Slike tanker kan gjerne ha volum på noen tusen liter, noe som kan bli for stort for solfangeranlegget. Dersom tanken er for stor kan man benytte en «slavetank» som stenges av sommertid, eller andre tilkoblingsalternativer, hvor solfangeren jobber opp mot det øvre sjiktet i tanken

når høy nok temperatur kan leveres, og lavere sjikt i tanken når lavere temperaturer oppnås. Flere akkumulatortanker kan også kobles i serie, hvor tankene benyttes i prioritert rekkefølge til 1) forvarming tappevann, 2) romoppvarming og 3) ettervarming av tappevann.

Et styringssystem må sørge for at biokjelen stoppes når solfangerne kan dekke oppvarmingsbehovet. Dette gjøres via temperaturmålere i akkumulatortanken. Når biokjelen ikke er i drift bør det heller ikke sirkuleres vann i den, men det er ønskelig at sirkulasjonspumpen fortsetter å kjøre mens det enda er restvarme i biokjelen. Dette kan styres ved hjelp av en tidsbryter.

Det er ulike regelstrategier for styringssystemet, med mål om færrest mulig stopp for biokjelen og samtidig størst mulig utbytte for solfangeranlegget. Plassering av temperatursensorer og bestemmelse av start- og stopptemperaturer i styringssystemet påvirker dette, i tillegg til dimensjonering av selve anlegget og strategi for bruk av el-kolbe. SERC (2010) beskriver dette nærmere.

Optimalt sett bør man også ta hensyn til kommende værmelding når man drifter en biokjel i kombinasjon med et solfangeranlegg. Dette kan enten gjøres manuelt gjennom et enkelt styringssystem som forsinker oppstarten av biokjelen til formiddagen, eller gjennom en mer avansert styring som tar hensyn til kommende værmelding.



SOLFANGERE I KOMBINASJON MED VED-KJEL PÅ GÅRDEN SØRE KVÅLE I SKJÅK

Foto: Jan-Erik Mæhlum

6.3 EKSEMPLER

SØRE KVÅLE I SKJÅK

Jan-Erik Mæhlum har satset på oppvarming ved hjelp av ved og solfangere på gården Søre Kvåle. Driftsbygg og våningshus på totalt 383 kvm varmes opp av anleggene.

Det trykklaste solfangeranlegget på ca. 20 kvm leverer det meste av varmen som trengs i sommerhalvåret, og solstrålene varmer godt også vår og høst. Mæhlum følger gjerne med på værvarselet, og fyrer med ved når det ikke er meldt solskinn.

Solfangersystemet trenger ikke daglig tilsyn hvis ikke noe spesielt skjer, som strømbrudd på en solrik dag. Pumpa starter automatisk når temperaturen i solfangeren er ti grader varmere enn temperaturen i nedre del av akkumulatortanken.

God dimensjonering av akkumulatortanken, tilkoblingen og styringssystemet er viktig. Mæhlum anbefaler å velge en rørlegger med kunnskap om solvarmeanlegg og hvordan dette best kan kobles sammen med resten av varmesystemet.

God sjikting i akkumulatortanken er viktig slik at det varme vannet i toppen av tanken ikke blandes med det kalde i bunnen av tanken. Erfaringen fra Søre Kvåle er at en helst bør ha en høy og smal akkumulatortank for å sørge for bedre sjikting.

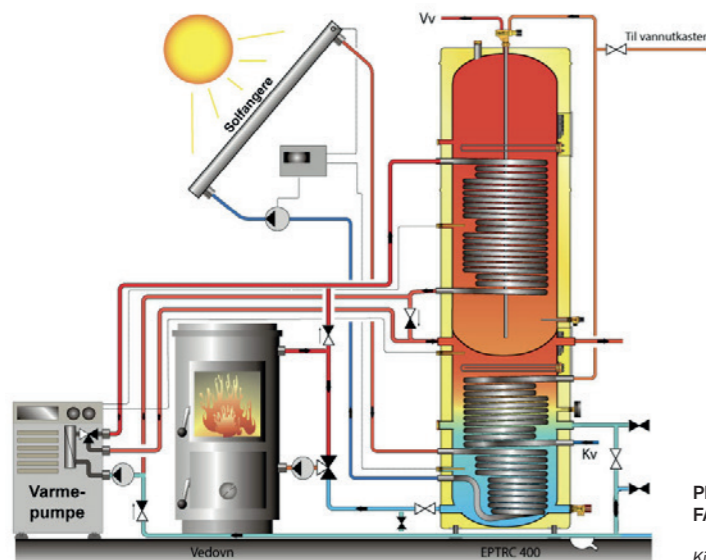
Anlegget er videre beskrevet i bladet Økologisk Landbruk, nr. 1-2014 (tilgjengelig på internett). Artikkelen er skrevet før Bioenergiprogrammet til Innovasjon Norge åpnet for å kunne støtte solfangere.

SOLFANGERE KOMBINERT MED VEDOVN MED VANNKAPPE OG LUFT-TIL-VANN-VARMEPUMPE

Knut Olav Knudsen har et anlegg hvor solvarme kombineres med bioenergi og varmepumpe. Det trykksatte anlegget har tre solfangere på til sammen 6 kvm, en vedovn (8 kW) med vannkappe, og en luft-til-vann-varmepumpe med nominell effekt på 11 kW, som også er utstyrt med turtallstyring og tappevannsprioritering. Energien mates inn og tas ut av en akkumulatortank på 400 l.

Anlegget trenger ikke en felles styring, siden alle tre enhetene styrer seg selv, forutsatt riktig følerplassering. Varmen fra solen prioriteres alltid. Når solen bidrar med temperaturer over innstilt settpunkt til varmepumpen, vil ikke varmepumpen starte. Knudsen fyrer ikke i ovnen når akkumulatortanken er full av energi. Vedovnen er utstyrt med en liten lysdiode som lyser når temperaturen i tanken når 85 °C. Skulle man allikevel oppnå for høy temperatur i hele systemet, så åpnes en ventil og slipper ut litt varmt tappevann og kjøler ned tanken. Knudsens anlegg mottar årlig rundt 2500–3000 kWh energi fra solfangerne.

Les mer om dette anlegget på VVS-bloggen: vvsbloggen.no/solen-en-fantastisk-energikilde



PRINSIPPSKISSE AV ET KOMBIANLEGG MED SOLFANGERE, EN VEDOVN OG EN VARMEPUMPE.

Kilde: VVS-foreningen

6.4 PRAKTISKE TIPS

- ❗ **God dimensjonering av akkumulatortanken, tilkoblingen og styringssystemet er viktig.**
- ❗ **God sjikting i akkumulatortanken er viktig slik at det varme vannet i toppen av tanken ikke blandes med det kalde vannet i bunnen av tanken.**
- ❗ **Det anbefales å velge en rørlegger med kunnskap om solvarmeanlegg og hvordan dette best kan kobles sammen med resten av varmesystemet.**
- ❗ **Solenergi bør ha prioritet før bioenergi. Dette kan evt. løses ved at solfangerne har en egen akkumulatortank.**
- ❗ **Man bør måle energiproduksjonen fra solfangerne og bioenergisystemet, slik at en kan følge med på om disse fungerer som forventet.**

7 KOMBINASJON AV SOLVARME OG VARMEPUMPER

7.1 INTRODUKSJON

Solfangere og varmepumpe er en god kombinasjon som til sammen kan dekke en stor andel av varmebehovet til et bygg. Kombinasjonene kan gjøres på flere måter, og er aktuelt for varmepumper som leverer varme til vannbårne systemer. Dette betyr luft-til-vann-varmepumper eller væske-til-vann-varmepumper, som bergvarme-, jordvarme- og sjøvannsvarmepumper.

Varmepumper utnytter omgivelsesvarmen i luft, berg, jord, eller sjø ved hjelp av elektrisitet. Elektrisiteten brukes til å styre en prosess som foregår i varmepumpene slik at varmen som hentes ute, kan leveres med høyere temperatur inne. Du finner mer informasjon om varmepumper på www.varmepumpeinfo.no og i rapporten «Varmepumper i energisystemet» på www.nve.no (NVE 2016).

Som for andre kombinasjoner med solvarme, så må varmen lagres i en akkumulatortank.

Solfangersystemer kan levere varme med ulike temperaturer. Temperaturnivået på solvarmen er viktig for hvordan solfangerne best kan kombineres med varmepumpe. Generelt sett er det en fordel for solfangerne å kunne levere lavere temperaturer, og jo lavere solvarme-temperatur man klarer å utnytte i en systemløsning, jo mer får en ut av solfangerne. I løpet av året produserer solfangerne mye mer energi med lav temperatur enn med høy.

Hvilke temperaturnivåer en kan utnytte fra solfangerne, avhenger av hvordan solvarmen lagres i akkumulatortanken, eller om solvarme kan benyttes som forvarming av vann som går videre inn i varmepumpen. De mest avanserte tankene styrer varme fra solfangerne inn til flere temperaturnivåer. Beste løsning avhenger også av hva slags temperaturer varmeanlegget i bygningen har.

7.2 BESKRIVELSE AV TEKNISKE LØSNINGER

7.2.1 HØYTEMPERERT SOLVARME (> 40 °C) PRIORITERES ALLTID

Uansett hvordan solvarme og varmepumpe kombineres, skal varme fra solen alltid prioriteres når den kan brukes direkte. I praksis er det nesten gratis å produsere solvarme når det er nok sol. Alt som skal til, er en sirkulasjonspumpe som klarer seg med veldig liten effekt (5–20 W er vanlig for et boliganlegg).

Når solvarmen er 40 °C eller høyere kan den gjerne

brukes direkte. På denne måten avlaster solfangeren varmepumpen. Om anlegget er designet riktig, vil varmepumpen automatisk skrus av når solvarmen gir nok varmtvann til bygningen. Dette vil høyst sannsynlig forlenge levetiden til varmepumpen. For mange varmepumpeanlegg er dessuten varmepumpens effektfaktor (COP) lav om sommeren. Det skyldes at varmepumpen blir altfor stor i forhold til behovet i en bolig sommerstid, når boligen bare trenger varmt tappevann og ingen romvarme. Effektfaktoren til en varmepumpe, COP, beskriver hvor mye varme varmepumpen leverer i forhold til strømmen den bruker.

7.2.2 MELLOM-TEMPERATUR SOLVARME (10–40 °C) SUPPLERER VARMEPUMPEN

Solvarme mellom 10 og 40 °C er vanligvis uegnet til å brukes direkte til romoppvarming og varmt tappevann. I stedet så kan denne varmen brukes til å forvarme kaldt vann inn på akkumulatortanken.

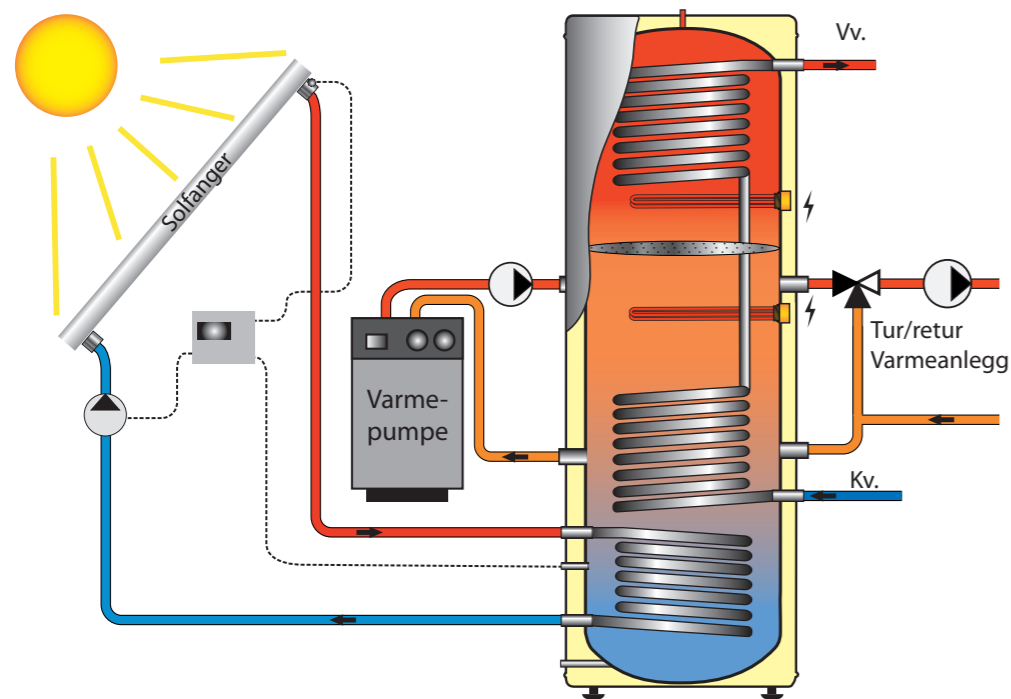
Om slik mellom-temperatur varme kan utnyttes til andre formål, avhenger av tur-temperaturer i varmeanlegget. Energien kan også dumpes til et borehull eller en marksløyfe. Dersom varmepumpen tåler høy temperatur inn på kald side, kan varmen fra solen blandes inn på kald side for å bedre varmepumpens COP. Det er forøvrig viktig at varmepumpen er dimensjonert for dette. I kapittel 7.2.3 er dette beskrevet ytterligere.

For å utnytte både solfangere og varmepumpe optimalt, kan varmen leveres på ulike nivåer i akkumulatortanken. Varmen fra solfangerne bør leveres

langt nede i tanken der temperaturen er lavest. Dette er fordi solfangerne er mest effektive når væsken som returnerer til solfangeren har lav temperatur. Siden solvarmen alltid skal prioriteres, bør varmepumpen levere varmen et nivå høyere opp i tanken.

7.2.3 LAVTEMPERERT SOLVARME KAN SUPPLERE VARMEPUMPENS ENERGIKILDE

Når temperaturen fra solfangerne er lavere enn 10°C, kan den normalt brukes som energikilde til selve varmepumpen. Da kommer solvarmen i tillegg til uteluft, bergvarme, jordvarme eller sjøvarme. På denne måten får varmepumpen høyere effekt-faktor. Som tommelfingerregel vil 1 grad varmere energikilde øke effekt faktoren med 2–4 prosent. Solvarme som supplement til varmepumpens energikilde er komplisert. Dette krever veldig god kontroll på temperaturene i anlegget, spesielt inn til varmepumpen.



EKSEMPEL PÅ ET KOMBIANLEGG MED SOLFANGERE OG VARMEPUMPE. SOLFANGERNE LEVERER VARME TIL VARMVANNBEREDEREN VIA EN COIL FOR SOLVARME OG VARMEPUMPEN LEVERER MOMENTANOPPVARMING AV TAPPEVANN MED TODELT COIL.

Kilde: Zijdemans, 2014

7.2.4 OVERSKUDD AV SOLVARME KAN SENDES NED I BAKKEN

Hvis solfangeranlegget produserer mer høytemperert varme enn bygningen har behov for, kan overskuddet dumpes ned i energibrønner, jordvarmesløyfer, tørrkjølere eller tilbake til sjøen. I slike systemer så kan solfangeranlegget om ønskelig overdimensjoneres noe, uten fare for koking sommerstid, og en økt andel av varmebehovet vår og høst kan dekkers av solvarme. Det er viktig å undersøke om materialene i energibrønner tåler de høye temperaturene fra solfangerne. Alternativt kan selve systemet sørge for å blande varmt vann fra solfangerne med kaldt vann fra energibrønner, slik at temperaturen i kollektor-sløyfene ikke blir høyere enn for eksempel 30 °C.

I prinsippet så kan gjennomsnittstemperaturen

i energibrønner eller bakken øke når varmeoverskudd fra solfangerne sendes ned. Dette vil igjen øke varmepumpens effektfaktor. For energibrønner må gjennomstrømningen av grunnvann være liten hvis snitt-temperaturen skal øke. Slik lading av energibrønner er mest aktuelt for brønnparker med flere brønner. For riktig dimensjonerte, enkeltstående energibrønner vil det å lade med solvarme vanligvis påvirke gjennomsnittstemperatur lite over lang tid.

Dersom en bergvarmepumpe benyttes til kjøling om sommeren, vil det trolig ikke være gunstig å sende solvarme i energibrønnene, siden dette kan øke temperaturnivå i borehullene. I tilfeller der kjølebehovet er lavt og kun benytter en liten del av brønnparken, kan systemet bygges opp slik at en del av brønnparken benyttes til lagring av varme og en del benyttes til kjøling. Dette vil fungere best der brønnparken er seksjonert i flere deler.

7.3 INTERNASJONALE EKSEMPLER PÅ KOMBINASJONEN SOLFANGERE OG VARMEPUMPE

Boken «Solar and Heat Pump Systems for Residential Buildings» fra IEA SHC (Hadorn 2015) beskriver varmesystemer som kombinerer solfangere og varmepumper. Dette kan være aktuell litteratur for utviklere av slike systemløsninger, eller lesere som ønsker å fordype seg i denne kombinasjonen.

IEA SHC deler de ulike kombinasjonsmulighetene for solfangere og varmepumpe inn i tre ulike hovedløsninger: 1) Solfangere og varmepumpe i parallell, 2) Solfangere og varmepumpe i serie, og 3) Solfangere og varmepumpe i regenerende løsning.

Disse tre hovedløsningene kan også kombineres, og danner grunnlag for en rekke systemløsninger. Av de tre hovedløsningene så er det vanligst å ha solfangere og varmepumpe i parallell.

Ulike typer solfangere kan kombineres med varmepumpe. For systemer hvor solfangere og varmepumpe opererer i parallell, er det gjerne gunstig å benytte solfangere som gir høye temperaturer. Solfangere som gir lavere temperaturer er gjerne mer egnet for løsninger med solfangere og varmepumpe i serie eller solfangere og varmepumpe i regenerende løsning.

IEA SHC har sett på mer enn 40 kombinasjonssystemer med solfangere og varmepumper. God kvalitetssikring under prosjektering og installasjon blir trukket fram som en nøkkelfaktor for god ytelse. Størrelsen og kvaliteten på akkumulatortanken er også viktig, samt at det er et behov for lavtemperatur varme. Installert solfangerareal i forhold til varmepumpekapasitet varierer fra 0,5 til 1,5 kvm/kW for plane solfangere.

7.4 NORSKE EKSEMPLER

FRYDENHAUG SKOLE

Frydenhaug skole i Drammen er en interkommunal grunnskole og ressurscenter som ble ferdigstilt i 2014. Skolen inneholder blant annet et terapibasseng. Frydenhaug skole er utstyrt med et solfangeranlegg på 150 kvm, energibrønner som gjør det mulig å sesonglagre solvarme fra sommer til vinter, og en væske-til-vann-varmepumpe. Solfangeranlegget

fungerer bra, og i 2016 produserte anlegget 71 500 kWh, hvilket tilsvarer ca. 476 kWh per kvm solfangerareal. I henhold til planen har solfangerne bidratt til å levere varme fra senvinter til senhøst slik at varmepumpen fikk «fri», med tilhørende mindre energibruk og slitasje.

Frydenhaug skole er et forbildeprosjekt i programmet FutureBuilt. Les mer om Frydenhaug skole og andre forbildeprosjekter på www.futurebuilt.no.



Kilde: Drammen kommune.

ENEBOLIG TRONDHEIM

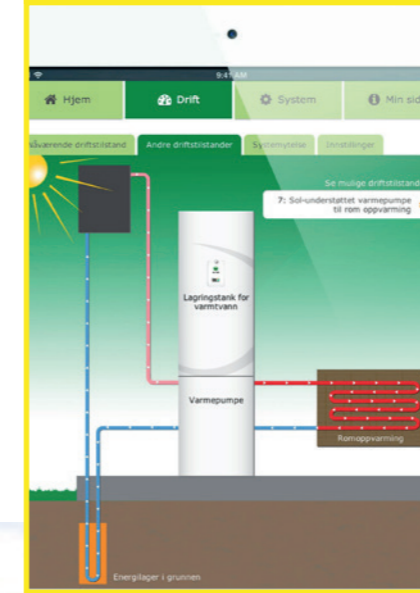
Paret Eskild og Line bor i en enebolig på Stubban i Trondheim med deres to barn. De har et boareal på til sammen 300 kvm som inkluderer en hybel på 20 kvm og en bileilighet på 65 kvm. Huset har totalt syv beboere.

Eneboligen har en kombinasjonsløsning med utnyttelse av både jord- og solvarme. Den turtallsregulerte varmepumpen er dimensjonert for 100 % energi- og effektdekning, og sørger for at sol- og jordvarmeanlegget kan dekke hele behovet for varme til oppvarming og varmt tappevann i løpet av året.

Solfangerarealet er på 16 kvm, mens borehullet er 150 meter. Anlegget har en el-kolbe som reserveløsning.

Siden oppstart mai 2015 frem til mars 2017 tilsvarer produksjonen av varmtvann et energiforbruk på 87 194 kWh, fra både varmepumpen og solfangerne. I samme periode er det tilført 13 714 kWh strøm til systemet. Det betyr at for hver tilførte kWh har man fått 6,4 ganger tilbake i form av varme og varmt vann fra kombinasjonsanlegget (SCOP = 6,4).

Les mer om anlegget på www.free-energy.com.



DET ER MULIG Å FØLGE MED PÅ ENERGIPRODUKSJONEN FRA SOLFANGERNE.

Kilde: Free Energy AS



SOLFANGERE FELT NED I TAKET PÅ ENEBOLIGEN I TRONDHEIM

7.5 PRAKTISKE TIPS

- ❶ Når solfangeranlegget produserer høy nok temperatur til at varmen kan benyttes direkte, så blir virkningsgraden høyere enn når varmen først lagres i en tank eller i grunnen. Systemet bør derfor designes slik at solvarmen har førsteprioritet i disse tilfellene.
- ❶ Styringssystemet bør også sørge for at varmepumpen ikke fyller opp akkumulatortanken med varmt vann rett før det er forventet god direkte leveranse av varme fra solfangerne.
- ❶ Både solfangeranlegget og varmepumpen er mest effektive dersom det kan benyttes lave temperaturer i hele varmesystemet.
- ❶ Dersom solfangeranlegget og varmepumpen deler akkumulatortank så bør den nedre delen av tanken reserveres til varme fra solfangeren, mens varmen fra varmepumpen leveres høyere opp. Varmevekslerne i tanken må tilpasses effekten til både varmepumpen og solfangerne.
- ❶ Et solfangeranlegg kan levere høye temperaturer, og alle komponenter må tåle disse temperaturnivåene.
- ❶ Det anbefales å måle hvor mye varme som produseres fra varmepumpen og fra solfangerne. Slike målinger gir økt kunnskap om produksjon og forbruk, samt at en kan oppdage feil. Den enkleste målemetoden er å måle varme levert til tappevann og oppvarming, samt elektrisitetsbehovet til systemet – for eksempel hver måned. Dette er et krav for å få støtte fra Enova.



8

KOMBINASJON AV SOLVARME OG FJERNVARME

8.1 INTRODUKSJON

Fjernvarme og nærvarme er betegnelser på at det er en større aktør som produserer og distribuerer varme via et varmedistribusjonsnett (fjernvarmenett/nærvarmenett). Fjernvarme brukes som regel om anlegg som dekker hele byer eller større tettsteder, og nærvarme brukes som regel om anlegg som leverer varme lokalt til et lite tettsted eller innenfor et begrenset område. Teknisk løsning med å kombinere fjernvarme eller nærvarme med solfangere er i utgangspunktet likt, så videre omtales begge som fjernvarme.

Solvarme og fjernvarme kan kombineres på to måter: Enten ved at fjernvarmeselskapet har et solfangeranlegg som en del av sin varmesentral, eller ved at fjernvarmekunden har et eget solfangeranlegg som leverer varme direkte til bygget. Det er også teknisk mulig at fjernvarmekunder med slike solfangeranlegg kan levere overskuddsvarme til fjernvarmenettet.

8.2 SOLVARMEANLEGGETS PÅVIRKNING PÅ FJERNVARMESYSTEMET

Et fjernvarmeanlegg kan ha ulike energikilder, som gjenvunnet varme fra avfallsforbrenning eller industri, bioenergi, varmepumper, elektrisitet, gass eller olje. Hvordan et solvarmeanlegg påvirker fjernvarmeanlegget avhenger derfor av varmekildene i fjernvarmesystemet, og også av temperaturnivåene i systemet.

Fjernvarmeanlegg som utnytter spillvarme fra avfallsforbrenning har rikelig tilgang til overskuddsvarme om sommeren, siden restavfall uansett må forbrennes. Det samme gjelder normalt også for anlegg som utnytter spillvarme fra for eksempel industri. Solfangere er dermed ikke så interessant for slike fjernvarmeanlegg. Dersom fjernvarmeanlegget benytter noen av de andre varmekildene, vil et solfangeranlegg

kunne være et godt supplement i sommerhalvåret.

Fordelen med å ha solfangere som en del av varmeproduksjonen i et fjernvarmeanlegg er at kundegrunnlaget samlet gir et jevnt høyt energibehov og god spredning over døgnet og året, noe som gjør at det ofte også er et varmebehov når solen skinner som mest. Mange fjernvarmeanlegg har allerede installert et stort varmelager i tillegg til at varmedistribusjonsnettet utgjør et stort akkumuleringsvolum.

Et solfangeranlegg vil kunne være spesielt godt egnet dersom fjernvarmeanlegget benytter en bioenergikjel som hovedvarmekilde, og spesielt dersom denne går mye på lav last eller erstattes med el-kjel eller oljekjel i lavlastperioder.

Solfangeranlegg tilknyttet fjernvarmesentraler er gjerne storskala, noe som krever mye areal. Det kan være utfordrende å finne dette i nærheten av byer og tettsteder. Noen steder kan det være et alternativ å benytte fasader og tak på større bygg i nærliggende områder, for eksempel næringsbygg eller lagerbygg. Det kan være ulike eierskaps- og driftsmodeller for slike solfangeranlegg, og både fjernvarmeleverandøren, byggherren, og andre aktører kan ha ulike roller.

Temperaturnivåene i fjernvarmesystemet er avgjørende for om en kombinasjon med solvarme blir vellykket. Det er en fordel at returtemperaturen i fjernvarmeanlegget er lav for å kunne hente ut varmen fra solen. Dette forutsetter at turtemperaturen ikke er for høy og at det legges til rette for at varmekundene har god avkjøling på fjernvarmen.

8.3 BESKRIVELSE AV TEKNISKE LØSNINGER

Solfangere i kombinasjon med fjernvarme kan som nevnt sees på fra to sider:

- 1) Solfangere på bygg som har fjernvarme (desentralisert produksjon)
- 2) Solfangere i fjernvarmeanlegg (sentralisert produksjon)

En trend som man med stor sannsynlighet vil se mer av fremover er smarte, fleksible varmesystemer der det er både sentralisert og desentralisert produksjon av solvarme.

8.3.1 SOLFANGERE PÅ BYGG SOM HAR FJERNVARME

Et bygg som får levert fjernvarme har en sikker og pålitelig varmekilde som dekker hele effekt- og energibehovet til bygget over året. Mange steder installerer fjernvarmeselskapet de tekniske installasjonene som kreves for å ta imot fjernvarmen mot at byggeier betaler en tilknytningsavgift. I områder med tilknytningsplikt har byggeier plikt til å koble

seg til, men ikke plikt til å bruke fjernvarmen. Fjernvarmekunden har derfor anledning til å installere et solfangeranlegg. Per i dag er det få norske bygg med fjernvarme som også har solfangere.

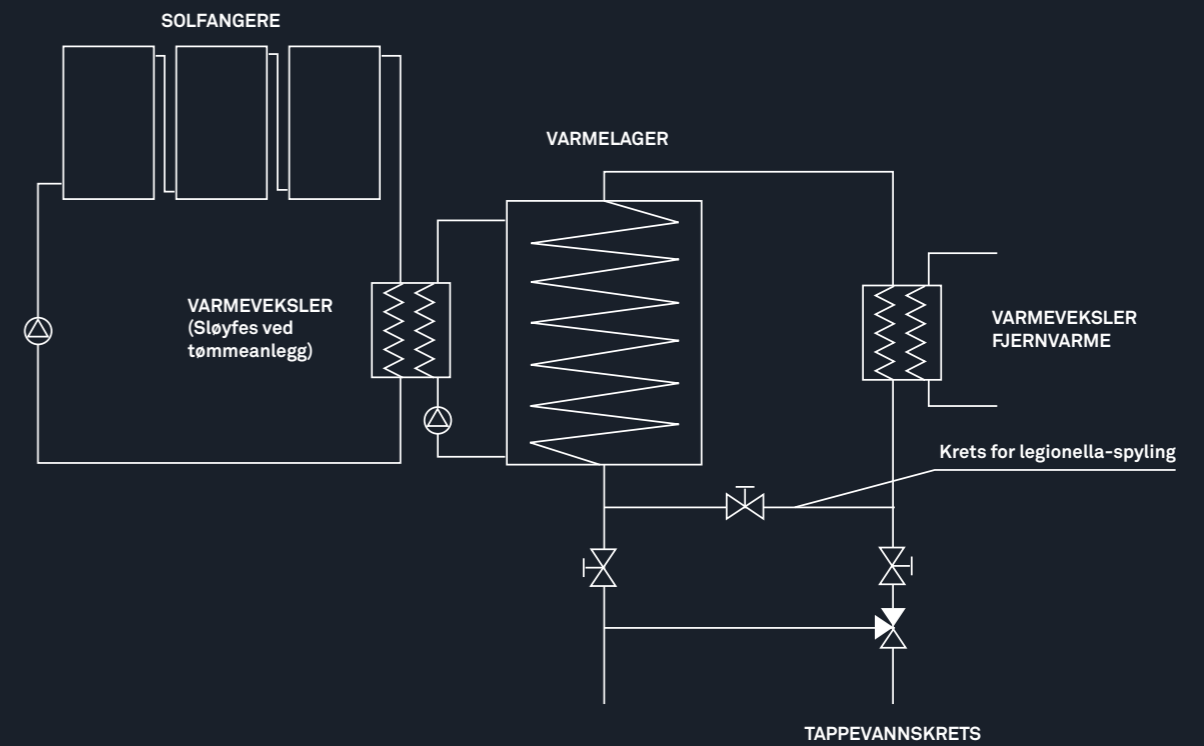
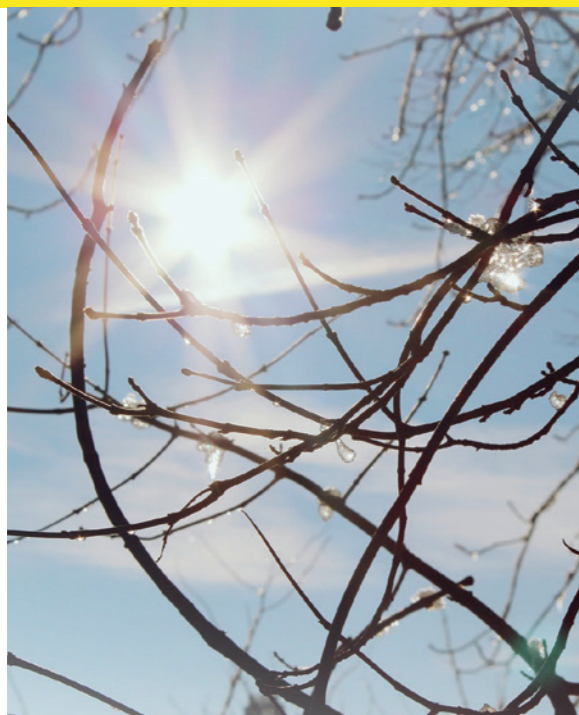
Dersom et bygg har et stort varmebehov på sommeren, for eksempel høyt forbruk av tappevann, kan det være lønnsomt å kombinere fjernvarmetilkoblingen med solvarme. Noen fjernvarmeselskaper har likevel prismodeller som gjør at prisen på fjernvarmen varierer med mengde energi som kjøpes. På samme måte som for elektrisitet kan prisene også baseres på effekt. Både varmebehov i sommerhalvåret og prisstruktur for fjernvarme bør derfor undersøkes før solfangere installeres.

Solfangere på et bygg med fjernvarme er teknisk enklere enn mange andre kombinasjoner sett fra byggeiers side, fordi fjernvarmen er enkel å regulere og har full kapasitet uavhengig av hvor mye varme solfangerne leverer. Solfangerne kan levere varme til kun tappevann eller til tappevann og rom- / ventilasjonsoppvarming.

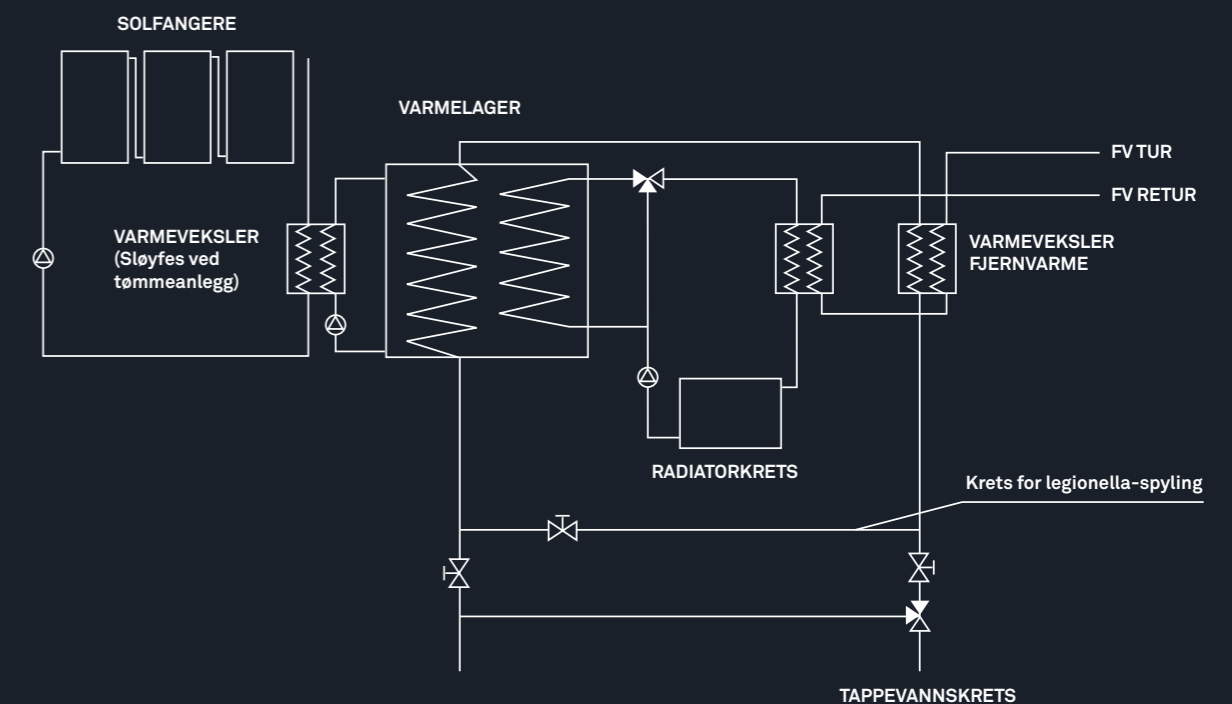
De største tekniske utfordringene med å installere solfangere på et bygg tilknyttet fjernvarme ligger i forhold til fjernvarmeleverandøren. Dette er fordi man i tillegg til å kjøpe mindre fjernvarme, vil redusere avkjølingen på fjernvarmen ved å forvarme systemet med solvarme. Med en mer kompleks installasjon kan reduksjon av avkjølingen unngås. Det kan derfor være nyttig å diskutere beste tekniske løsning med fjernvarmeselskapet. Dersom det er enighet om at tekniske løsninger er fornuftige for begge parter, så kan det også hende at fjernvarmeleverandøren kan bidra med løsninger som fungerer sammen – og slik sett bidra i finansieringen av solvarmeanlegget.

Det er vanskelig å gi konkrete anbefalinger for hvordan et solvarmeanlegg skal kobles inn i et varmesystem knyttet til fjernvarme, da løsningen vil være avhengig av hvordan det tekniske systemet i bygget er designet. Noen generelle råd om hva det bør tas hensyn til ved prosjektering kan likevel gis:

- ✓ Ved tilknytning til fjernvarme er det normalt at tappevannsberederen erstattes med en varmeveksler mot fjernvarmenettet. I mange tilfeller monteres det én veksler for rom- / ventilasjonsvarme og én for tappevann. Tappevannsveksleren har normalt høy kapasitet slik at ønsket mengde tappevann kan produseres momentant. For anlegg med spesielt høyt tappevannsbehov kan det fortsatt være aktuelt å ha tappevannsberedere.
- ✓ Selv om tappevannsberederen fjernes må solfangerne kobles til en akkumulatortank. Denne akkumulatortanken lagrer varme produsert av solfangerne ved det temperaturnivået solvarmen til enhver tid produserer og er hydraulisk adskilt fra tappevannet slik at legionella-oppblomstring i solvarmelageret ikke er noe problem.
- ✓ Ved systemoppkobling er det viktig at nett vannet (kaldt forbruksvann) veksles gjennom solvarmelageret slik at optimalt uttak fra solfangerne sikres. Dette fordi solfangerne har høyest virkningsgrad ved lave temperaturer inn i solfangerne.
- ✓ Varmeveksler mot fjernvarmen ettervarmer forbruksvannet etter at det er forvarmet i solvarmelageret, slik at ønsket temperatur oppnås.
- ✓ Varmeveksler for fjernvarme skal sikre høy nok temperatur på forbruksvannet uten å tilføre varme tilbake til solvarmelageret.
- ✓ Returnert sirkulasjonsledning for tappevann må kobles inn slik at den ikke øker temperaturen i solvarmelageret; typisk rett før varmeveksleren.
- ✓ Dersom solfangerne også skal produsere varme til romoppvarming er det viktig å sørge for at returledningen fra byggets varmesystem ikke tilfører varme til solfangerens varmelager i perioder med lavt varmeuttak.
- ✓ Potensiale for å kunne levere overskuddsvarme fra solfangeranlegget til fjernvarmenettet bør vurderes.



EKSEMPEL PÅ SYSTEMTEGNING FOR OPPKOBLING AV TAPPEVANNSYSTEM MED SOLVARME TILKNYTTET FJERNVARME



EKSEMPEL PÅ SYSTEMTEGNING FOR OPPKOBLING AV KOMBINERT VARME- OG TAPPEVANNSYSTEM MED SOLVARME TILKNYTTET FJERNVARME

8.3.2 SOLFANGERE I FJERN-VARMEANLEGG

Dersom et fjernvarmeanlegg har fleksible energikilder eller benytter dyre energikilder på sommeren pga. for eksempel for lav last til å kjøre hovedkilden, kan det være lønnsomt å installere solfangere som en del av produksjonssystemet. Dersom fjernvarmeanlegget allerede har installert et stort varmelager, kan lønnsomheten forsterkes. Norge har per i dag ett storskala-anlegg av denne typen hos Akershus Energi på Lillestrøm. Til sammenligning er det over 100 storskala solfangeranlegg tilknyttet fjernvarmenettet i Danmark.

Nettstedet solar-district-heating.eu gir nyttig informasjon og lenker til artikler og foredrag om solfangere i fjernvarmeanlegg. Informasjonen i dette delkapittelet er i hovedsak hentet herfra. Dokumentet «Solar district heating guidelines» (PlanEnergi 2012) gir en utvidet innføring i solvarme i fjernvarmesystemer.

Akkumulatortanken er nødvendig for å kunne lagre solvarmen, og for å kunne tilpasse temperaturnivået. Det er viktig med god sjikting i akkumulatortanken slik at temperaturnivåene deles opp med varmt i

toppen og kaldt nederst. Væsken som skal sirkulere inn på solfangerne kobles fra bunnen av akkumulatortanken der det er kaldest, og returneres til et temperaturnivå høyere opp i akkumulatortanken. Det kan være aktuelt med flere tilkoblingspunkter i akkumulatortanken for leveranse av solvarme ved ulike temperaturer.

I fjernvarmeskala er akkumulatortankene store og ikke nødvendigvis utformet som en typisk tank. Det er her mer vanlig å bruke ordlyden varmelager enn akkumulatortank. Varmelagrene kan dimensjoneres for å dekke alt fra døgnbehov til å kunne lagre varme fra sommer til vinter. Et mindre varmelager sett i fjernvarmeskala, dimensjonert for å lagre varme fra ett døgn til en uke, har typisk en lagringskapasitet som bidrar til at solvarmen kan dekke 5–15 prosent av fjernvarmeproduksjonen. I Danmark er det ikke uvanlig med store sesonglagre. Dette er forenklet sagt store groper i bakken som isoleres og tettes før de fylles med vann og dekkes med et isolerende lokk. Sesonglagrene har størrelse fra 10 000 m³ til 200 000 m³ og lagrer varmen fra sommeren til vinteren. De største lagrene bidrar til at solvarme kan dekke helt opp til 65 prosent av fjernvarmeproduksjonen i løpet av et år.

8.3.4 SOLFANGERE I SMARTE ENERGISYSTEMER FOR VARME

Fremtidens energiforsyning antas å være mer fleksibel, og man snakker i denne sammenheng om smarte energisystemer. Smarte energisystemer kjennetegnes ved at det er fleksible systemer der forbruk og produksjon sees i sammenheng og justeres med hverandre i motsetning til de tradisjonelle systemene der produksjonen styres etter forbruk. Kunder kan også være produsenter i slike systemer, og selge overskuddsenergi til nettet (desentralisert produksjon).

I smarte energisystemer er det fokus på styring med reduksjon av effekttopper, utnyttelse av lokale fornybare energikilder og lagring. For fjernvarme omtales dette som 4. generasjons fjernvarme der lave driftstemperaturer gjør det mulig å benytte flere energikilder, samt at sluttbrukere både kan forbruke og levere varme (distribuert produksjon). Innen elektrisitet så kalles slike kunder Plusskunder, og en kan tenke seg en slik Plusskundeordning også innen varme.

Fremtidens smarte fjernvarme-solvarmesystemer kan være en kombinasjon av de to nevnte kombinasjonene hvor det er mulig å utnytte fordelene fra begge. For solfangeranlegg på bygg vil behovet for varmelagring og utfordringer knyttet til overdimensjonering av anlegget reduseres fordi overskuddsvarme kan leveres til fjernvarmenettet. For fjernvarmeanlegget kan varmetap sommerstid reduseres ved at varmeproduksjonen skjer på byggene, samt at disponibelt areal blir større. I slike systemer vil det bli individuelle vurderinger i hvert tilfelle om det lønner seg å ha solfangere på bygget hos sluttbrukere eller integrert i fjernvarmeanlegget, eller en kombinasjon av begge.

Solvarmen i et system som dette kan leveres både til turledningen og til returledningen i fjernvarmenettet. Fjernvarmeselskapet vil som regel foretrekke leveranse til turledningen, noe som krever høyere produsert temperatur på solvarmen. For sluttbruker kan det være bedre å levere til returledningen, noe som gjør at det kan leveres solvarme ved lavere temperaturer.



8.4 EKSEMPLER

8.4.1 SOLVARME I BYGG TILKNYTTET FJERNVARME – BELLONAHUSET

Bellonahuset ligger langs Akerselva i Oslo og er en del av en større utbygging på Vulkanområdet. Bygget har en karakteristisk sørfasade med integrerte solfangere. Bygget er utformet på en slik måte at det bidrar til å utnytte solvarmen på en funksjonell måte: I sørfasaden vender glasspartiene nedover og skjermes mot overoppvarming ved hjelp av solfangerpaneler som danner en brem på oversiden. Det er montert til sammen 291 kvm solfangere.

Bellonahuset er tilkoblet den lokale energisentralen på Vulkan som forsyner alle byggene på området med varme, kjøling og varmtvann. På solrike dager leverer bygningen energi til nærvarmeanlegget. I tillegg til solvarme fra Bellonahuset får energisentralen energi fra en lokal grunnvannsvärmepumpe og fjernvarme fra Hafslund som spisslast.

Bellonahuset er et forbildeprosjekt i programmet FutureBuilt. Les mer om Bellonahuset og andre forbildeprosjekter på www.futurebuilt.no.



Foto: vulkanoslo.no

8.4.2 SOLVARME I FJERNVARMEANLEGG – AKERSHUS ENERGIPARK PÅ LILLESTRØM

Solfangeranlegget til Akershus Energipark på Lillestrøm dekker et område på 30 dekar og består av totalt 915 solfangere, hver på ca. 13,5 kvm, totalt 12 300 kvm med solfangere. Solfangerne står fastmontert og er orientert mot sør. De har en helningsgrad på 41°, og er plassert med 5 meters mellomrom.

Solfangeranlegget er koblet inn på produksjonssiden i fjernvarmeanlegget via en akkumulatortank (varmelager) og samspiller med varmpumpe, fliskjel, el-kjel og biooljekjel. Akkumulatortanken har et volum på 1200 m³. Tanken er godt isolert slik at det er lite varmetap. Varmen kan lagres over lengre tid, men tømmes for varme hver dag for å gjøre plass til ny solvarme. Den rommer nok energi til å dekke et døgn forbruk på sommeren.

Solfangeranlegget produserte i 2015 nesten 4 GWh varme, og dette utgjør rundt 5 prosent av årlig varmeproduksjon i fjernvarmeanlegget.



Foto: Norsk solenergiforening

8.5 PRAKTISKE TIPS

GENERELT:

- ❶ Bygget eller fjernvarmeanlegget bør ha så lave driftstemperaturer som mulig for å få høyest mulig virkningsgrad på solfangerne og størst mulig energiutbytte. Det er samtidig viktig med god avkjøling på fjernvarmen siden det er temperaturforskjellen frem og tilbake på fjernvarmen som avgjør hvor mye varme som lagres i akkumulatortanken.
- ❷ Alle komponenter i systemet må være dimensjonert for solvarme, både med tanke på trykk, temperaturer og sykluser (varmt/kaldt). Alle komponenter må dimensjoneres for maks trykk og temperatur.
- ❸ En må sørge for frostsikring ved bruk av frostvæske eller avtapping.

SOLVARME I BYGG MED FJERNVARME:

- ❶ Sørg for at solfangerne til enhver tid får tilført lavest mulig temperatur.
- ❷ Sørg for at varme fra fjernvarme ikke overføres til solvarmelageret.
- ❸ Plasser temperaturfølere i solfangerkretsen utvendig.
- ❹ Ikke bruk pex-rør i koblinger.
- ❺ Pumper med variabel massestrøm har vist seg å gi store reduksjoner i pumpeenergi.
- ❻ Det er viktig at solfangeranlegget dimensjoneres riktig slik at ikke solfangerareal eller varmelager blir overdimensjonert. For å få til dette er det viktig å gjøre et grundig forarbeid for å definere energi- og effektbehov og temperaturer på forbruk, samt gjøre en grundig vurdering av lokale klimadata. I eksisterende bygg bør det settes inn målere for å få faktiske forbruksverdier og i nye bygg bør det gjøres detaljerte beregninger basert på faktisk bruksmønster og type / antall brukere, og ikke standardverdier fra tabeller.
- ❼ Unngå overdimensjonering av solfangerareal. Overdimensjonering vil i første omgang føre til redusert produksjon, fordi driftstemperaturene

økes. Deretter kan anlegget koke, eller ha behov for å kjøle bort varme i løpet av natten.

- ❶ Man bør måle energiproduksjonen fra solfangerne og det totale varmesystemet, slik at en kan følge med på om dette fungerer som forventet.

STORSKALA SOLVARME I FJERNVARMEANLEGG:

- ❶ Det er viktig at klimadata, inkludert tall for solinnstråling, er gode slik at simuleringer baserer seg på så reelle data som mulig (målere bør settes opp med en gang planleggingen startes for store solfangeranlegg).
- ❷ Solfangerne skal aldri produsere mer varme på beste soldag enn det varmelageret kan lagre og forbrukerne i fjernvarmenettet kan forbruke det samme døgnet.
- ❸ Design anlegget slik at solvarmen prioriteres og at det legges inn styring for å forhindre at de andre varmekildene fyller opp lageret før en forventet solrik dag/periode.
- ❹ Design anlegget slik at temperaturene på solvarmen og varmen fra varmelageret er samstemt med temperaturen i fjernvarmeanlegget (litt høyere enn fjernvarmetur).
- ❺ Optimaliser bruk av varmelageret ved å justere for ulike temperaturnivåer på solvarmen.
- ❻ Antall temperatursykluser i et solfangeranlegg er opp mot 40 ganger flere enn i konvensjonelle fjernvarmesystemer. Det gir en betydelig større belastning både på stålet og plastkappen til fjernvarmerørene. Det er viktig at rønett mellom solfangere og veksler mot fjernvarmenett er konstruert for bruk i solfangeranlegg.
- ❼ For store anlegg må kontrollsystemet være spesialdesignet for hvert anlegg.
- ❽ For store solvarme – fjernvarmeanlegg må man ha tilstrekkelig areal for å plassere solfangerne med optimal helning uten at de skygger for hverandre og uten at det er nærliggende bygg eller vegetasjon som gir skygge. En sørhellende skråning er å foretrekke fremfor flatt terreng.

solenergi.no

finnsolenergi.no

solarkeymark.org

enova.no

REFERANSER

Energiråd Innlandet, VVS-foreningen og Regionrådet for Hadeland.
2015. «Veileder for kombinerte varmesystemer i boliger – solenergi og vedovn med vannkappe».

Enova, Lavenergiprogrammet, NoBio, NRL, Norsk Varmeteknisk Forening, Norsk Varmepumpeforening, Norsk Energi- og Miljøteknisk Forening, Norsk Fjernvarme og Norsk solenergiforening.
2011. «Kompetansekompedium for varmeanlegg».

Hadorn, Jean-Christophe.
2015. *Solar and Heat Pump Systems for Residential Buildings (IEA SHC)*.

Norsk solenergiforening.
2016. «Bruk av solenergi i det norske landbruket».

NVE.
2016. «Varmepumper i energisystemet: Status og muligheter».

Olje- og energidepartementet.
2016. «Meld. St. 25 (2015–2016): Kraft til endring – Energipolitikken mot 2030».

Pettersen, Jens Erik. Folkehelseinstituttet.
2015. «Vannrapport 123: Forebygging av legionellasmitte – en veiledning

PlanEnergi.
2012. «Solar district heating guidelines».

SERC.
2010. «Kombinerade bio- och solvärmesystem».

Zijdemans, David. Skarland Press AS.
2014. *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*.