

13. Vedvarende energi

13a. Solenergi

Solindstrålingen i Danmark er på ca. 1.000 kWh pr. m² pr. år målt på en vandret flade og ca. 1.200 kWh pr. m² pr. år målt på en flade med 45° hældning.

Solvarmeanlæg

Solvarmeanlæg omsætter solens strålingsenergi til varme. Strålingsenergien er både den direkte stråling fra solen og den diffuse stråling fra himmelrummet. På en grævejrsdag er der kun diffus stråling, men solvarmeanlægget producerer stadig energi.

Et solvarmeanlæg består af en solfanger forbundet til en lagertank med et rørsystem. I dette rørsystem cirkulerer frostsikret væske, som transporterer solvarmen til lagertanken, hvor varmen overføres til brugsvandet igennem en varmeveksler. Se figur 1.

Stort set alle anlæg er opbygget med plane solfangere, der har væske som varmemedie. Der findes dog også andre typer solfangere.

Ved opvarmning af brugsvand kan solvarmen dække næsten 100% af behovet i sommermånederne og typisk 50-70% af det årlige forbrug. Ved

rum- og brugsvandsopvarmning kan solvarmen dække behovet i sommermånederne og typisk op til 30-40% af det årlige varmebehov med et større solfangerareal. Begge anlægstyper suppleres derfor med andre energikilder.

Indtil nu er der installeret mere end 30.000 solvarmeanlæg i Danmark. Langt de fleste er små anlæg på 4-6 m² til enfamiliehuse, men der er også ca. 500 større anlæg (20-200 m²) til plejehjem, skoler, boligblokke o.l. Derudover er der ca. 5 store solvarmeanlæg på over 1.000 m² i forbindelse med fjernvarmecentraler. De største sol-fjernvarmeanlæg ligger på Ærø og er over 10.000 m².

Solfangeren

I princippet er solfangeren opbygget af en sort, væskekølet plade (absorberer), der er monteret i en beskyttende kasse. For at gøre varmetabet fra absorberer så lille som muligt kan den påføres en selektiv belægning, isoleres på undersiden og langs kanterne, samt beskyttes af et dæklag af glas, som lægges henover i en passende afstand.

Absorberer kan være udformet som en kanalplade eller en plade med fastgjorte rør, hvori den væske cirkulerer, som optager solenergien og overfører varmen til lagertanken. Rørene kan være metal- eller plastrør.

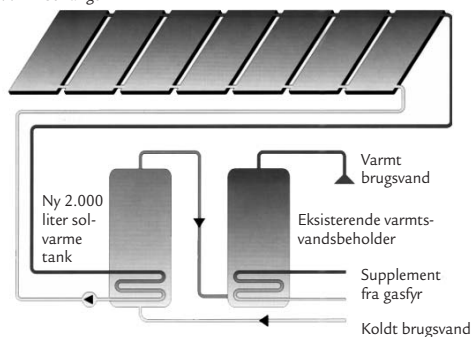
Varmelager

Som varmelagre benyttes almindeligvis vandfyldte beholdere. Størrelsen af lageret har betydning for udbyttet af et solvarmeanlæg. Beregninger og erfaringer har vist, at en lagerkapacitet på 40-60 liter/m² solfanger er en passende størrelse.

Lageret er normalt en høj, slank velisoleret tank af stål, hvor solenergien overføres til varmelageret via en varmeveksler. Varmeveksleren er enten en spiral, der er placeret i bunden af tanken eller en kappe placeret udvendigt på tanken. Der tilføres koldt vand til tanken i bunden, og det varme vand tages fra toppen af tanken, hvor det naturligt vil stige op. Dette system giver en naturlig temperatur-

Figur 1 Solvarmeanlæg

77 m² solfanger



Principdiagram for et større solvarmeanlæg til varmt brugsvand med supplement fra gasfyr (kan også være olie- eller fjernvarme)

lagdeling af vandet og dermed den bedste udnyttelse af solenergien.

Gennem en ekstra spiral i den øverste halvdel af lagertanken eller i en efterfølgende beholder kan der overføres supplerende varme fra olie-, gas-, brændefyr eller fjernvarme. Om sommeren er denne spiral ikke i brug, idet man normalt kan slukke for fyret og i stedet supplere med varme fra et el-varmelegeme i solfattige perioder.

Solfangerkredsen

For at undgå frostskafer i solfangerkredsen anvendes en blanding af frostvæske og vand. Typisk blandes vandet med propylenglykol tilsat farve, så eventuel indtrængning i brugsvandet kan opdages.

Væskestrømmen i anlæg med varmeveksleren placeret i bunden af lageret bør være omkring ½-1 liter/min pr. m² solfanger, mens der i anlæg med kappebeholdere normalt benyttes et mindre flow på ca. 0,2 liter/min pr. m² solfanger. Disse anlæg kaldes derfor også low-flow-anlæg.

Til start/stop af pumpen i solfangerkredsen anvendes et styresystem, der er udviklet til solvarmeanlæg.

Trykket i solfangerkredsen bør være så højt, at kogning ikke finder sted, hvis anlægget kommer ud af drift (stagnationstilstand).

Solfangerens placering

Den bedste orientering for solfangeren opnås, når den vendes mod syd, men orienteringer mod sydøst eller sydvest er acceptable, se tabel 1.

Ved et brugsvandsanlæg bør solfangeren installeres med en hældning i forhold til vandret på 45 grader ± 15 grader, anlæg til både brugsvand og rumopvarmning med en hældning på 60 grader ± 15 grader og anlæg til udendørs svømmebadsopvarmning med en hældning på 30 grader ± 15 grader.

Brugsvandsanlæg

Til brugsvandsanlæg bør solfangerarealet være 1-1 ½ m² pr. person, der skønnes at have et varmt-

vandsforbrug på 40-50 liter pr. dag. Det vil give en dækningsgrad på ca. 60% af det årlige energiforbrug til opvarmning af brugsvand. Lagertankens størrelse bør være på 40-60 liter/m² solfanger.

Et anlæg på 4-6 m² solfanger med en varmtvandsbeholder på 200-300 liter er i dag den mest solgte anlægstype og vil normalt være tilstrækkeligt til en familie på fire personer. For typiske anlæg til énfamiliehuse vil lagertank og pumpe være sammenbygget i en unit, og den kræver ikke mere plads end et almindeligt skab.

Den årlige energibesparelse er sammensat af den ydelse, der fås fra solvarmeanlægget og det sparede tomgangstab fra den eksisterende kedel i sommermånederne.

Tabel 1 Relativ energiproduktion fra solfanger

Hældning	Orientering		
	Syd	Sydøst/sydvest	Øst/vest
15°	0,91	0,89	0,82
30°	0,96	0,92	0,82
45°	1,00	0,95	0,81
60°	1,01	0,96	0,79
75°	0,98	0,93	0,75
90°	0,91	0,85	0,69

Solfangerens relative energiproduktion. Den angivne hældning er i f.t. vandret.

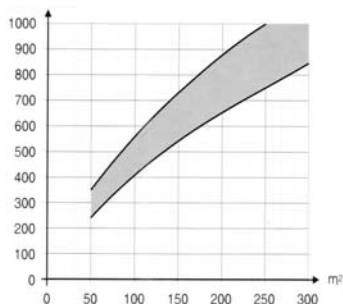
Økonomi

Et solvarmeanlæg til et enfamiliehus koster typisk 25.-30.000 kr. i anskaffelse (5.-7.000 kr. pr. m² solfanger). Den årlige energibesparelse udgør 1.500-2.000 kr. afhængig af hvilken form for energiforsyning, man har.

For mellemstore anlæg til institutioner og boligbebyggelse koster anlæggene noget mindre pr. m², og store anlæg kan etableres for 2.-3.000 kr. pr. m² solfanger, se figur 2.

Figur 2 Anlægsudgifter for solvarmeanlæg

Investering kr. x 1.000

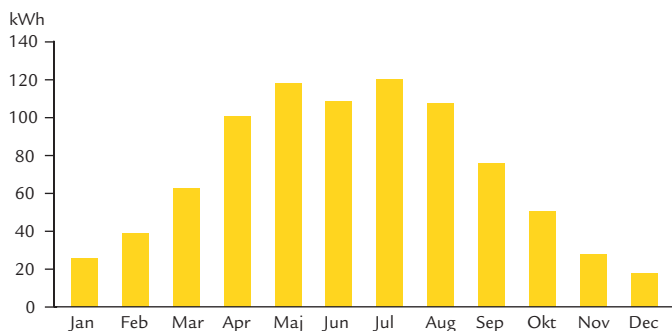


Kurve med anlægsudgifter for forskellige størrelser solvarmeanlæg til varmt brugsvand. Anlægsudgifterne er incl VVS, bygningsarbejder og projektering, excl. moms.

Solvarmeanlægs årlige ydelse ligger på 300-500 kWh pr. m² solfanger afhængig af anlæggets effektivitet og størrelse.

Solcelleanlæg

En solcelle er en halvleder, som omsætter lysstråling direkte til elektricitet ved hjælp af den såkaldte fotoelektriske effekt. Solceller producerer el helt uden bevægelige dele, og der er derfor tale om en meget robust og driftssikker teknologi.

Figur 3 Elproduktion fra et 1 kW_p solcelleanlæg

Elproduktion fra et 1 kW_p solcelleanlæg (kW_p: spidseffekt). Orienteret syd med en hældning på 45°.

Hidtil er solcelleanlæg mest benyttet til elforsyning i områder, hvor der ikke er adgang til den offentlige elforsyning. Anlægget er da forsynet med et batteri til energilagring. Anlæg af denne type er solgt igennem mange år og bruges bl.a. til drift af telekommunikation, lysbøjer, vejbelysning samt til decentral elforsyning af enkelthuse eller landsbyer.

I de seneste år er der specielt i Europa blevet bygget en lang række anlæg med direkte nettilslutning, hvor overskudsstrøm sendes ud på det offentlige elnet. Den stigende interesse for at anvende solceller, hvor der i forvejen findes et elnet, skyldes, at man forventer, at solcelleteknologiens tekniske og økonomiske udvikling vil gøre anlæggene rentable inden for en årrække. Blandt andet forventes nye muligheder for anvendelse i projekter med bygningsintegrerede solcelleanlæg.

Solcellerne placeres typisk på taget af den bygning, som skal forsynes, men det er også muligt at bruge facader eller stativer på jorden til fastgørelse. Et typisk anlæg til et énfamiliehus er på 2-5 kW solcelleeffekt svarende til 20-50 m² solceller.

Solcelletyper

De solceller som findes på markedet i dag, er næsten alle baseret på silicium i mono- eller polykrystallinsk tilstand. Monokrystallinske solceller er som standard sorte eller grå med ensartet overflade og er „født“ cirkulære. De enkelte celler er påført et metalgitter som kontaktnet og er monteret mellem to glaslag. Monokrystallinske celler har den bedste virkningsgrad.

Polykrystallinske siliciumceller findes ofte i blålige nuancer og i kvadratisk form. De enkelte krystaller tilbagekaster lyset forskelligt efter deres orientering. Det giver en „levende” overflade. Virkningsgraden er lidt dårligere end for monokrystaller, men pakningen i modulet er gerne tæt, hvad der delvis kompenserer for dette forhold.

Modultyper

Solcellemoduler findes i et stort udvalg af størrelser, udseende og kvaliteter. Standardmoduler leveres oftest i størrelser på ¼ - 1 m² og 30-100 W spids-effekt. Modulerne består gerne af 30-36 enkelte celler, som er serieforbundet til at give en arbejds-spænding på 14-18 volt.

Systemer med spændinger på op til 500 volt kan opnås ved at serieforbinde modulerne. Større strømstyrke opnås ved at parallelforbinde modulerne. Eftersom et moduls enkelte celler er serieforbundne, vil skygge på en enkelt celle betyde, at effekten falder i de dele af modulet, der er i samme serie. Det er derfor yderst vigtigt at undgå skygge på nogen del af anlægget.

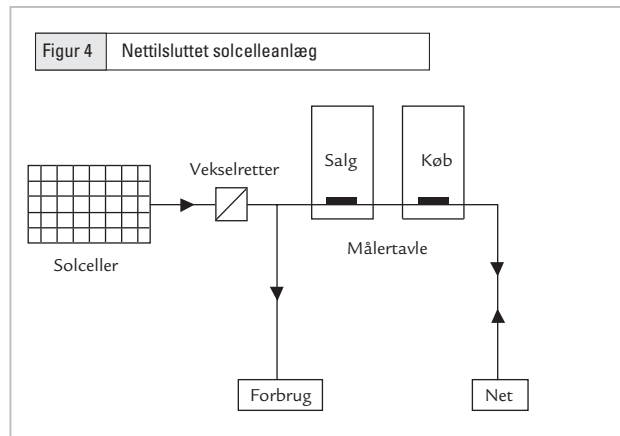
For montage på tagflader findes moduler som enten er indstøbt i glastegl eller er udformet som tagplader til erstatning for det traditionelle anlæg. Tilsvarende findes moduler for facadebeklædning, som fx kan erstatte glas- eller stenplader på kontorfacader m.v.

Nettilsluttede anlæg

Denne anlægstype består af en række solcellemoduler, som via en vekselretter er koblet direkte til det offentlige elnet. Anlæggene kan være centrale eller decentrale, og de kan være opbygget på stativ eller være bygningsintegreret. I Europa er det især de decentrale, bygningsintegrerede anlæg, som har vundet udbredelse.

Ved at integrere solceller i bygninger, kan stativer og kabler til en vis grad spares bort, men til gengæld er montageforholdene ofte mere kritiske.

Ved mindre anlæg kobles modulerne sammen så de giver en spænding på typisk 100-250 volt, som vekslerettes og transformeres op til netspændingen i en vekselretter. Foruden vekselretteren kræves en måler for køb/salg af el samt diverse afbrydere og sikringer, se figur 4.



Som en tommelfingerregel kan mindre nettilsluttede anlæg i dag opføres for 50-80 kr. pr. W installeret effekt. Der kan i praksis regnes med en årsproduktion på 0,9 kWh pr. installeret W ved optimal orientering under danske forhold.

Installerede solcelleanlæg koster således i størrelsesordenen 6.000 kr. pr. m² og yder ca. 90 kWh pr. m².

Ikke nettilsluttede anlæg

Den mest almindelige brug af solceller har hidtil været elforsyning uden for det offentlige elnet, hvor alternativ forsyning enten er for dyr eller for besværlig.

Kilder og yderligere oplysninger

Følgende pjecer kan rekvireres hos Energioplysningen tlf. 70 21 80 10 og hos SolEnergiCentret, Teknologisk Institut tlf. 72 20 24 60:

- Fokus på Solenergi
- Små Solvarmeanlæg
- Mellemstore Solvarmeanlæg
- Store Solvarmeanlæg
- Solenergi i kommunerne
- Solceller
- Solceller i Danmark – Enfamiliehuse
- Solcelleanlæg på Større Bygninger
- www.solenergi.dk
- www.sol1000.dk
- www.ises.org
- www.task7.or