

Termisk Solvarmeanlæg

Forklaring til programmet SolE11.fpr

Ni¹

Billedet til højre viser displayet, hvor nogle driftstemperaturer udlæses. Billedet er taget 210408 kl. 15. Anlægget har et absorberareal på cirka 7 m² og en lagertank på 284 L. Absorberen vender mod vest, og taghældningen er 30 grader. Kølervæsken cirkulerer mellem solpanelet på taget og en kappe-varmeveksler nederst i vandbeholderen. Øverst i beholderen findes en varmespiral med forbindelse til gasfyret. På en gråvejrsdag kan man således nøjes med at opvarme de øverste ca. 100 L med gas. Overskudsvarme ledes ud i radiatorsystemet. Nederst kan man indstille maximumtemperaturen i tanken.

Absorbentemperaturen er mere end syv grader højere end temperaturen i bunden af tanken, så cirkulationspumpen kører.

Varmeveksleren overfører energi fra solfanger væsken til radiatorvandet.

Brugsvand tappes i toppen af tanken og erstattes af koldt vand, der ledes ind i beholderens bund.

Nedenfor forklares de vigtigste principper bag beregningerne og de centrale programlinjer.

Indstråling:

$$I := \text{Satm} * \text{Aabs} * \text{costeta} * (1 - \text{sky})$$

I:	Indstrålet effekt.
Satm:	Solindstrålingen gennem atmosfæren (ca. 1 kW/m ²)
Aabs:	Absorberens areal
Costeta:	Cosinus til vinklen mellem solstrålerne og absorbernormalen.
Sky:	Andelen af strålingen, der absorberes af skydækket.



Den indstrålede effekt afhænger af solens deklination: Delta, der igen afhænger af datoen. Desuden afhænger den af tiden på dagen: t og af breddegraden: Fi. Indstrålingen beregnes i de første linjer af LØKKE-delen og følger Duffie og Beckman².

Varmetab:

$$P_{\text{tab}} = k_2 * (T_{\text{abs}} - T_{\text{omg}})$$

Der tabes en effekt til omgivelserne, der er proportional med temperaturforskellen mellem absorber og omgivelser.

¹Datadrev\Fysik\Termodynamik\Termisk solvarme 110511.wpd

²J.A.Duffie & W.A.Beckman, "Solar Engineering of Thermal Processes", Wiley, 1980.

Absorbertemperaturen

Energiregnskabet for absorberen er opstillet nedenfor. Den del af indstrålingen, der ikke går til tab og opvarmning af vand, går til opvarmning af selve absorbereren.

$$\begin{aligned}\Delta E_{abs} &= C_{abs} \cdot \Delta T_{abs} \Leftrightarrow \\ P_{abs} \cdot \Delta t &= C_{abs} \cdot \Delta T_{abs} \Leftrightarrow \\ (I - I_{tank} - I_{tab}) \cdot \Delta t &= C_{abs} \cdot \Delta T_{abs}\end{aligned}$$

Programlinjen i FPRO er: $T_{abs} := T_{abs} + ((I - P_{tank} - P_{tab}) * 60 * dt / C_{abs})$

Tallet 60 er omregningsfaktor mellem minutter og sekunder.

Styring

Cirkulationspumpen går igang, når temperaturforskellen mellem absorbereren og vandet i bunden af tanken er større end syv grader.

Tapning af brugsvand

Først i klardelen fastsættes de tidspunkter, hvor der tappes og de tappede energimængder. Bemærk, at aftapningen ikke kan angives i Litter. Når vandet i tanken er varmt tappes der en mindre mængde, som så blandes op med koldt vand.

Beregning af tanktemperaturen

Nedenfor ses udvalgte programlinjer, der har med fremskrivning af tanktemperaturen at gøre.

Først omregnes de tappede energimængder til masser:

$$m := E / (4.186 * (T_{top} - T_{bund}))$$

Når der tappes en vandmængde m_{tap} foroven svarer det til at der blandes en tilsvarende masse af bundvand op i den øverste vandmasse:

$$T_{top} := T_{top} - (m_{tap} * (T_{top} - T_{bund}) / m_{top})$$

Og der blandes lige så meget ledningsvand i bundvandet:

$$T_{bund} := T_{bund} - (m_{tap} * (T_{bund} - T_{kold}) / m_{bund})$$

Bundvandet tilføres energi fra solfangeren:

$$T_{bund} := T_{bund} + (P_{tank} * 60 * dt) / (m_{bund} * 4.186)$$

Hvis bundvandet bliver varmere end vandet i toppen, sker der en opblanding:

```
IF Tbund > Ttop THEN
  Ttop := (mtop * Ttop + mbund * Tbund) / (mtop + mbund)
  Tbund := Ttop
```

Opgaver

1. Lagertanken

a)

Beregn lagertankens varmekapacitet.

b)

Hvor stor en energi skal der til at opvarme vandet i tanken fra grundvandstemperaturen på 8 °C til 65 °C. Angiv resultatet i kWh.

2. Brugsvand

a)

Beregn hvor meget energi din familie dagligt bruger til opvarmning af brugsvand.

b)

Hvor mange liters aftapning giver det, hvis temperaturen i toppen af tanken er 50 °C og grundvandstemperaturen er 8 °C?

3. Varmetab gennem dækglasset.

a)

Slå en værdi for varmeledningsevnen for glas op. Undersøg eventuelt varmeledningsevnen for forskellige typer glas.

b)

Beregn varmetabet³ pr. kvadratmeter, når temperaturen inde i absorberer er 70 °C og temperaturen udenfor er 10 °C. Glastykkelsen sættes til 6 mm.

Når temperaturen i lagertanken når sit maximum, skal effekten ledes væk. Det kan f.eks. ske via radiatorsystemet. Maximumtemperaturen kan være 60-70 °C, hvis der ikke er skoldningssikring på brugsvandssystemet eller 90 °C, hvis der er en sikring.

c)

Beregn den effekt, der skal ledes væk fra et solvarmeanlæg på 7 m², hvis indstrålingen er 700 W/m², når temperaturmaximum nås.

³Se eventuelt vejledningen til eksperimentet: "Varmeledningsevne".

4. Energiudbytte fra anlæget.

Hvis man tegner en kurve over indstrålingen som funktion af tiden er den indstrålede energi givet som arealet under kurven, idet der gælder:

$$P \equiv \frac{\Delta E}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta E = P \cdot \Delta t$$

Arealet under kurven kan med god tilnærmelse bestemmes, ved at konstruere et rektangel med samme areal.

a)

Beregn den indstrålede energi på en række dage jævnt fordelt over sæsonen. Vi sætter igen absorberarealet til 7 m².

b)

Beregn det samlede årsudbytte.

c)

Omregn udbyttet til kroner ved hjælp af dagens energipris.

d)

Hvad må anlæget koste, hvis det skal kunne forrente sig?

5. Optimering af solvarmeanlæg

Det er forholdsvis kompliceret at beregne den optimale hældning af absorbereren. Men, hvis absorberarealet er stort som på dette anlæg ville det være en fordel med en større hældning for at hæve nyttevirkningen om vinteren, når solen står lavt.

a)

Brug programmet til at undersøge absorberhældningens betydning.

b)

Undersøg også betydningen af en orientering mod vest istedet for mod syd.