

BEREGNING AF ET SOLVARMESYSTEM TIL

HERFØLGE TORP

AF

HENRIK LAWÆTZ
LABORATORIET FOR VARMEISOLERING
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE



SÆRTRYK AF VARME, JUNI 1977

MEDDELELSE NR. 61

1. Indledning

For boligselskabet Tæt-Lav, Herfølge Torp, er foretaget en række beregninger af forskellige solvarmesystemers ydeevne. Bebyggelsen består af huse placeret i grupper omkring fælleshuse. Ved de her foretagne beregninger er udvalgt en gruppe, D, bestående af 12 lejemål omkring et fælleshus placeret i sydsiden af gruppen. Fælleshuset har et grundareal på ca. 100 m², og med en hældning på 30 grader fra vandret for tagfladen er der her mulighed for at anbringe en solfanger med et absorberareal på ca. 100 m².

Analysen giver først og fremmest en række resultater for forventet nyttiggjort solenergi af et system alene til varmt brugsvand.

Som variable parametre er benyttet solfangerareal og -hældning samt tankstørrelse og -antal, hvorimod varmtvandsforbruget er fastholdt som konstant.

Endelig er givet en beregning af et system, der både dækker varmtvandsforbrug og rumopvarmning. Dette er kun undersøgt for forskellige størrelser af solfangerareal og -type, samt for forskellige varmefordelingssystemer.

2. Varmebehov

Bebyggelsen består som nævnt af 12 lejemål i kreds omkring fælleshuset. Det vil derfor kræve en nøje gennemgang af hver enkelt lejlighed og en vurdering af beboernes antal og alder, for at man med en vis sikkerhed kan forudsige det samlede varmtvandsforbrug og opvarmningsbehov. De i det følgende anførte værdier skal derfor tages med forbehold, da de mere eller mindre er skønnede.

Hver lejlighed har et gennemsnitligt beboerantal på 3, d.v.s. for gruppen som helhed ialt 36 personer, og etagearealet er ialt 985 m².

Varmtvandsforbruget er sat til 4000 kWh/år pr. lejlighed, hvilket svarer til 225 l/døgn opvarmet fra 8°C til brugstemperaturen på 50°C. Da varmeanlæggets kedel og varmtvandsbeholder er

placeret i fælleshuset, og fremføringen til de enkelte lejligheder sker i en kanal under husene, er der desuden et varmetab for vandet, der er skønnet til 600 W hele året. Derved fås det totale varmtvandsforbrug til $12 \cdot 4000 + 0,6 \cdot 8760 \approx 53.000 \text{ kWh/år}$.

Selve vandforbruget regnes at være konstant hver dag, og det har den på fig. 1 viste fordeling over døgnet.

Rumopvarmningen er beregnet med et edb-program BA4 (1) på grundlag af Referenceårets vejrdata (2). Dette er gjort på grundlag af det dimensionerende varmetab, der er opgivet til ialt 50,1 kW, hvoraf de 29,1 kW er ved transmission, og de 21,0 kW er ved ventilation og fugetab.

Ved beregningerne indgår bl.a. lejlighedernes varmekapacitet, som er skønnet til 4000 Wh/°C pr. lejlighed. Desuden indgår varmetilskud fra personer og elektriske installationer samt andre varmetilskud. Varmeafgivelsen fra personerne er skønnet til ca. 72 kWh/døgn med den på fig. 2 viste døgnvariation, medens de øvrige varmetilskuds døgnvariation er vist på fig. 3, idet de ialt udgør ca. 102 kWh/døgn. Det er her skønnet, at af de 600 W, der var varmetab ved varmtvandsledningerne, kommer de 500 W husene til gode.

Endelig er ventilationstabet delt op i infiltration, der er uønsket, og i tvungen ventilation i form af udsugning fra bad og køkken. Denne er sat til 140 m³/h pr. lejlighed om dagen og det halve om natten som vist på fig. 4.

Solindfaldet gennem vinduerne, der alle regnes som dobbelt-ruder, indgår også som varmetilskud, og ud fra et opgivet hul-areal og en glasarealandel på 0,55 er det gennemskinnelige areal skønnet til 42 m² mod øst, 34 m² mod vest, 3 m² mod nord og 6 m² mod syd.

Når rumtemperaturen er ønsket holdt på minimum 21°C og ved temperaturer over 25°C kølet til dette niveau ved åbning af døre og vinduer, fås opvarmningsbehovet i Referenceåret til 89.000 kWh/år.

For bebyggelsen som helhed fås altså et varmebehov på ialt $53.000 + 89.000 = 142.000 \text{ kWh/år}$, svarende til en oliemængde på ca. 16.500 l/år med et oliefyr med en årsvirkningsgrad på

0,8, og der ikke tages hensyn til fælleshusets varmebehov.

Det er noget af dette behov, et evt. solvarmesystem skal dække.

3. Solvarmesystemerne

Ved beregningerne er benyttet 3 forskellige systemer kaldet system 1, 2 og 3.

System 1 er kun til varmt brugsvand og består af en solfanger med 1 dæklag og 1 tank.

System 2 er også kun til varmt brugsvand, men har i modsætning til system 1 2 tanke.

System 3 er både til varmt brugsvand og til rumopvarmning og har kun 1 tank, men solfangeren er beregnet både med 1 og 2 dæklag.

Ved alle beregningerne og de anførte resultater gælder det, at tanken er en cirkulær-cylindrisk beholder med længde lig diameter og isoleret med 20 cm mineraluld overalt. Den er vandfyldt, og temperaturen antages at være den samme overalt, ligesom den tænkes placeret i et rum med en konstant temperatur på 17°C.

Alle de benyttede varmevekslere regnes at være uendelig store, således at væsken ved gennemstrømningen opnår tanktemperaturen.

For solfangeren gælder det, at de anførte arealer er absorbatorens areal, og der skal således ved en udførelse tages hensyn til, at der skal være plads til rammer, inddækning, samlinger o.lign., således at bruttoarealet i praksis vil være 10-20% større end absorlatorarealet.

Som absorlator er i beregningerne benyttet en kølekanalplade, og den nyttiggjorte solenergi pr. arealenhed, Q , kan beregnes af formelen:

$$Q = F_R (S - U \cdot (t_i - t_u)) ,$$

hvor S er den absorberede solenergi.

$U(t_i - t_u)$ er varmetabet fra absorbatoren med indløbstemperaturen t_i til udelufttemperaturen t_u .

F_R er en faktor, der viser, hvor godt den absorberede solenergi borttransporteres med den gennemstrømmende væske.

Den afhænger således både af absorbatorgeometrien, væskegennemstrømningen og varmetabskoefficienter U , der igen afhænger af vejrforholdene og absorbatortemperaturen.

Med følgende data:

udelufttemperatur	10°C
vindhastighed	5 m/s
absorbatortemperatur	40°C
solfangerhældning	30 grader

fås, at for solfangeren med 1 dæklag af glas er $F_R = 0,92$, medens man med 2 dæklag af glas finder $F_R = 0,96$.

De valgte data er ca. gennemsnitsværdier i solfangerens driftstid, så selv om der er nogen variation af disse igennem året, kan de anførte F_R -værdier betragtes som nogenlunde konstante og derfor som et rimelig godt udtryk for "godheden" af den benyttede absorbatorgeometri og væskegennemstrømning, der iøvrigt konstant er sat til 1 liter vand pr. min. pr. m^2 .

4. Beregningsresultater

De fundne resultater skal i det følgende kort omtales, ligesom de benyttede driftsstrategier kort forklares.

4.1 System_1

På fig. 5 er systemet skitseret, og der benyttes den simpleste driftsform, der kan tænkes, idet solfangeren starter, så snart der er mulighed for at tilføre energi til tanken.

Med et absorbatoreareal varierende fra 0 til 200 m^2 og et tankvolumen, dels konstant = 10 m^3 og dels svarende til 100 l/m^2 absorlator, er den årlige dækningsgrad vist på fig. 6.

Det ses, at der ikke er nogen nævneværdig forskel på resultaterne med de 2 tankvolumener, således at udbyttet er ret ufølsomt over for ændringer i tankstørrelsen. Dette er yderligere vist på fig. 7, hvor der for fastholdt solfangerareal er vist dækningsgradens afhængighed af tankvolumen. Desuden er der anført de maksimale og minimale temperaturer i tanken.

Man kan heraf slutte, at der (beregningsmæssigt) ikke er nogen særlig fordel ved at vælge en tank større end ca. 100 l/m^2 absorlator. Dette er også bekræftet af tidligere beregninger (3), så i det følgende er tankvolumenet fastsat til 100 l/m^2 absorlator.

På fig. 8 er dækningsgraden vist som funktion af hældningen på solfangeren. Det fremgår heraf, at en større hældning giver et større udbytte. Optegnes dækningsgraden for de enkelte måneder igennem året, finder man på fig. 9, at det er om vinteren, at denne forøgelse finder sted, idet der ikke er særlig stor forskel på udbyttet om sommeren, hvad enten hældningen er 15 grader eller 45 grader.

4.2 System_2

System 2 er skitseret på fig. 10 og adskiller sig kun fra system 1 ved at have 2 tanke. Det kolde vand (8°C) løber således først igennem tank 1 og får dennes temperatur, og derefter over i tank 2. Hvis der ikke tilføres solenergi til tankene, vil man i almindelighed finde, at temperaturen i tank 1 er lavere end i tank 2. Dette betyder, at man her får mulighed for at få en lavere fremløbstemperatur til solfangeren og dermed et større udbytte. Styresystemet tænkes således at fungere på følgende måde: Når der er mulighed for at nyttiggøre solindfaldet med indløbstemperaturen lig temperaturen i tank 1, "fyldes" denne op, til den får samme temperatur som tank 2. Herefter fordeles solenergien således, at begge tanke får samme temperaturstigning og dermed "fyldes" lige hurtigt op.

Resultaterne af beregninger med et samlet tankvolumen på 10 m^3 for en solfanger på 100 m^2 er vist på fig. 11. Det ses her, at man i forhold til kun een tank får en lidt højere dækningsgrad, og at denne er størst, når tank 1 er mindre end tank 2. Forskellen mellem systemet med een tank og systemet med to tanke er dog ikke særlig stor, så det er spørgsmålet, om den ekstra solenergi kan "betale" de evt. større omkostninger ved to tanke og et mere udviklet styresystem. Løsningen kan dog komme i betragtning på steder, hvor det er umuligt at anbringe en stor tank, men derimod muligvis to mindre.

4.3 System 3

Systemet er skitseret på fig. 12 og er udformet således, at det både kan dække en del af varmtvandsforbruget og en del af rumopvarmningsbehøvet. Det er nødvendigt at forudsætte den nødvendige fremløbstemperatur til varmepladerne, idet systemet tænkes styret således, at når tanktemperaturen er større end den nødvendige fremløbstemperatur, kan opvarmningsbehøvet dækkes 100%. I modsat tilfælde dækkes det helt af kedlen, og solvarmesystemet giver så kun et tilskud til det varme brugsvand. Med de samme forudsætninger og antagelser som i (4) er på fig. 13 skitseret den teoretisk nødvendige fremløbstemperatur som funktion af udelufttemperaturen i to tilfælde. Det ene a) hvor varmfordelingssystemet er dimensioneret ud fra fremløbs/returtemperatur på 90/70°C, og det andet b) dimensioneret med temperaturerne 60/50°C. Yderligere er det forenklet således, at der i de to tilfælde i stedet for en variabel fremløbstemperatur t_F som funktion af udelufttemperaturen t_U er foretaget en intervalinddeling, således som det også er vist på fig. 13, at der gælder følgende:

$$t_U \leq 4 \Rightarrow t_F = 90^\circ\text{C}$$

$$\text{a) } 4 < t_U \leq 9 \Rightarrow t_F = 60^\circ\text{C}$$

$$9 < t_U \Rightarrow t_F = 50^\circ\text{C}$$

$$t_U \leq -2 \Rightarrow t_F = 60^\circ\text{C}$$

$$\text{b) } -2 < t_U \leq 7 \Rightarrow t_F = 50^\circ\text{C}$$

$$7 < t_U \Rightarrow t_F = 40^\circ\text{C}$$

Det skal bemærkes, at i det tilfælde, hvor t_F er 40°C, kan opvarmningen dækkes 100%, medens varmtvandsforbruget ikke kan dækkes helt, således at kedlen alligevel ikke kan stoppes.

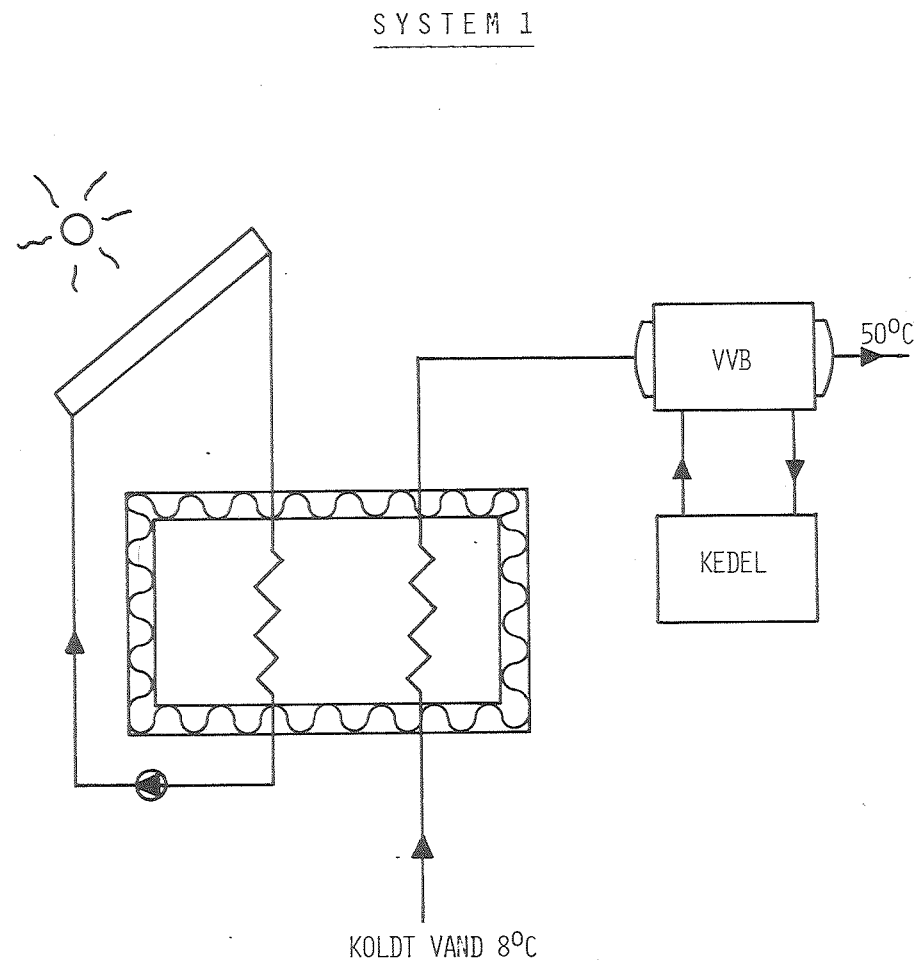
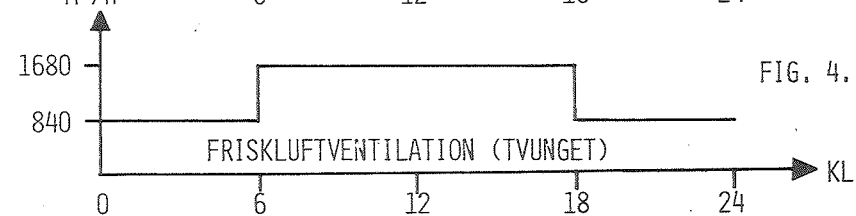
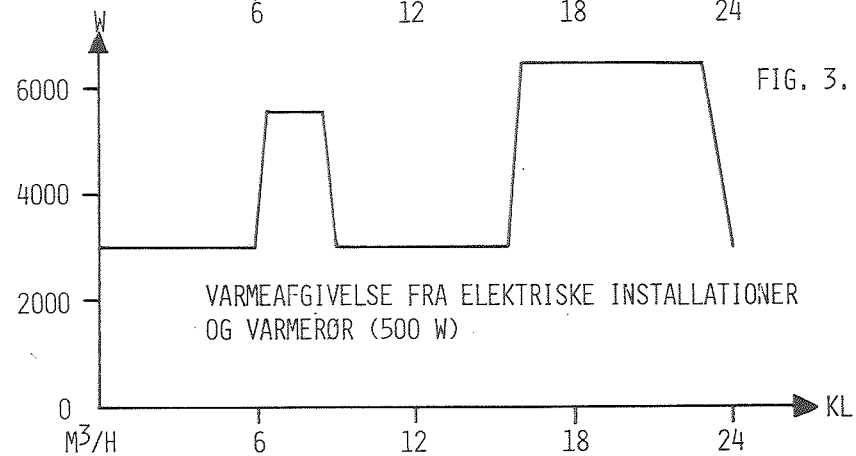
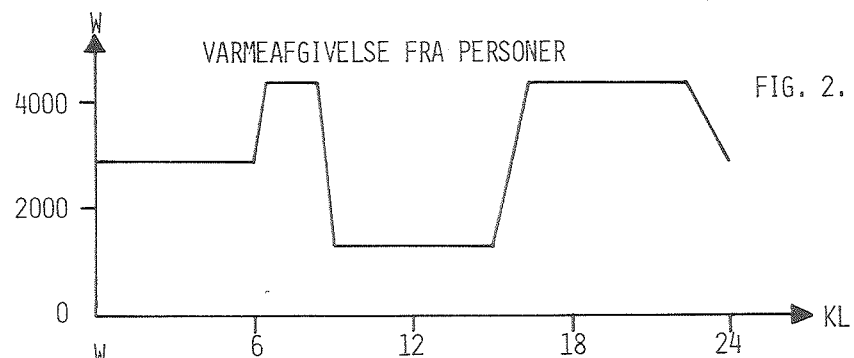
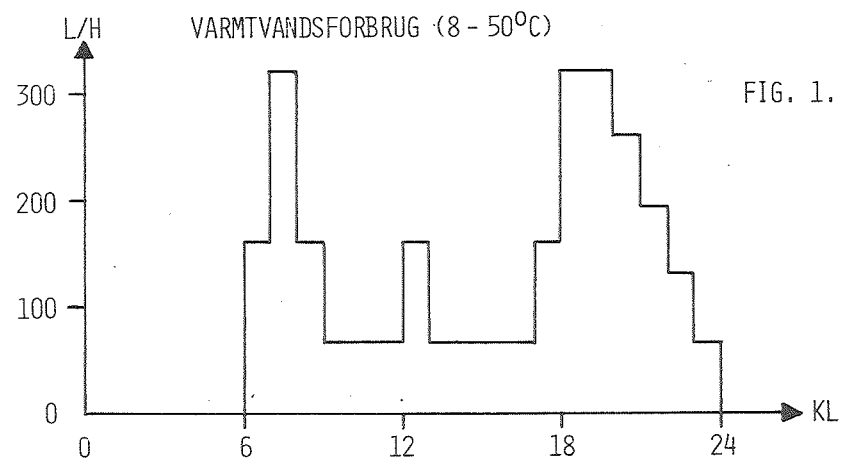
Med de 2 varmfordelingssystemer og med en solfanger med et og to dæklag af glas er den totale dækningsgrad som funktion af arealet vist på fig. 14, og på fig. 15 er de delt op i dækningsgrader for henholdsvis varmt brugsvand og rumopvarmning.

Det ses, at med et varmfordelingssystem, der kan benytte lavere fremløbstemperaturer, fås - alt andet lige - en større dækningsgrad. Det skyldes, at en større del af opvarmningsbehøvet kan dækkes, men samtidig ses også, at dækningsgraden for varmtvandsforbruget herved bliver reduceret lidt.

Sammenlignes det rene varmtvandssystem, system 1, med system 3, fås f.eks. af fig. 6, at 100 m² giver en dækningsgrad på 59% svarende til 31.200 kWh, medens de samme 100 m² af fig. 14 giver en total dækningsgrad på 23% svarende til 32.200 kWh. Energibesparelsen ved at lade solvarmeanlægget yde tilskud til rumopvarmningen er altså minimal, i hvert fald så længe anlægget er så lille i forhold til varmebehøvene, som der her er tale om.

Referencer

- (1) Lund, Hans: Program BA4, Users Guide, Report n^o. 44, Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole.
- (2) Referenceåret, Vejrdata for VVS-tekniske beregninger. Statens Byggeforskningsinstitut, rapport nr. 89, 1974.
- (3) Lawaetz, H.: Et solvarmesystem med varierende størrelse af akkumuleringstank. VARME, juni 1976.
- (4) Korsgaard, A. et al.: Varmepumpeanlæg: Varmefordelingssystemer. Teknologisk Instituts Forlag 1976.



SOLFANGERHÆLDNING = 30° FRA VANDRET
 VARMTVANDSFORBRUG = 53.000 KWH/AR

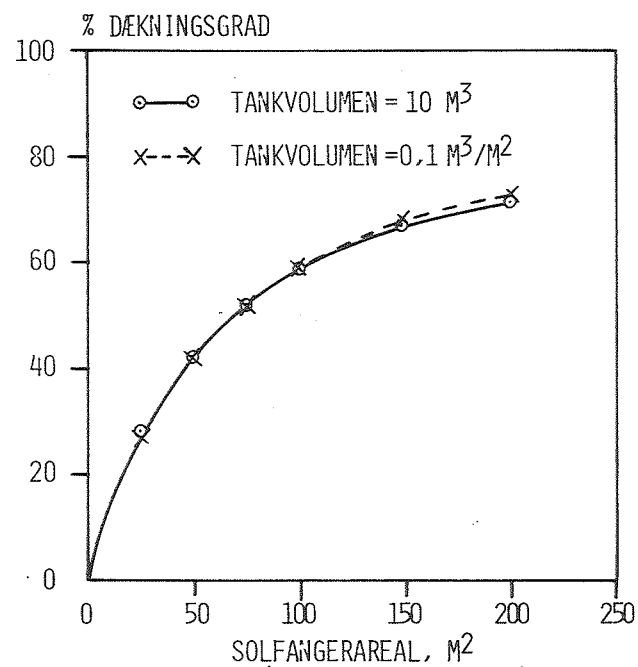


FIG. 6.

SOLFANGERAREAL = 100 M²
 SOLFANGERHÆLDNING = 30° FRA VANDRET
 VARMTVANDSFORBRUG = 53.000 KWH/AR

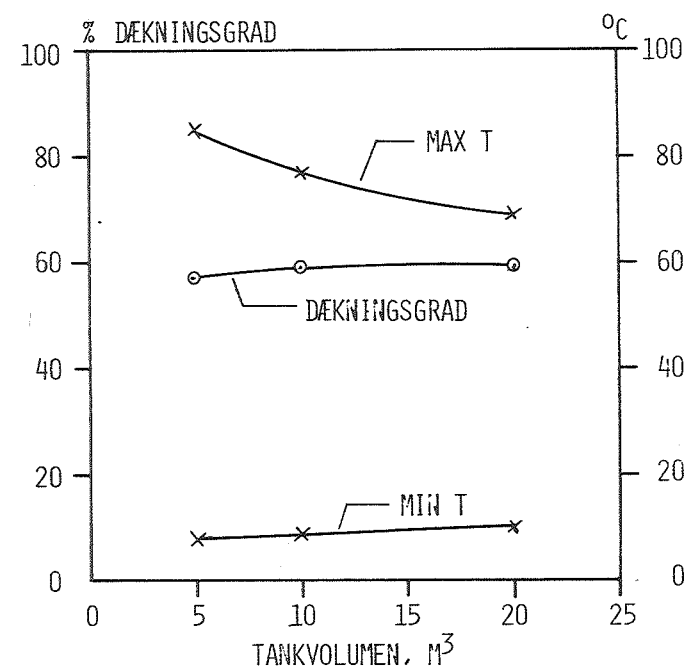


FIG. 7.

SOLFANGERAREAL = 100 M²
TANKVOLUMEN = 10 M³

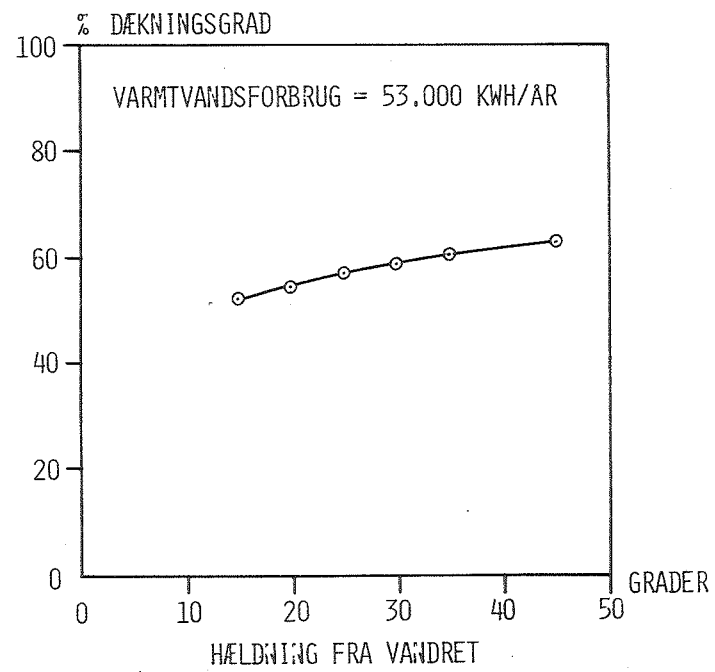


FIG. 8.

SOLFANGERAREAL = 100 M²
TANKVOLUMEN = 10 M³
VARMTVANDSFORBRUG = 53.000 KWH

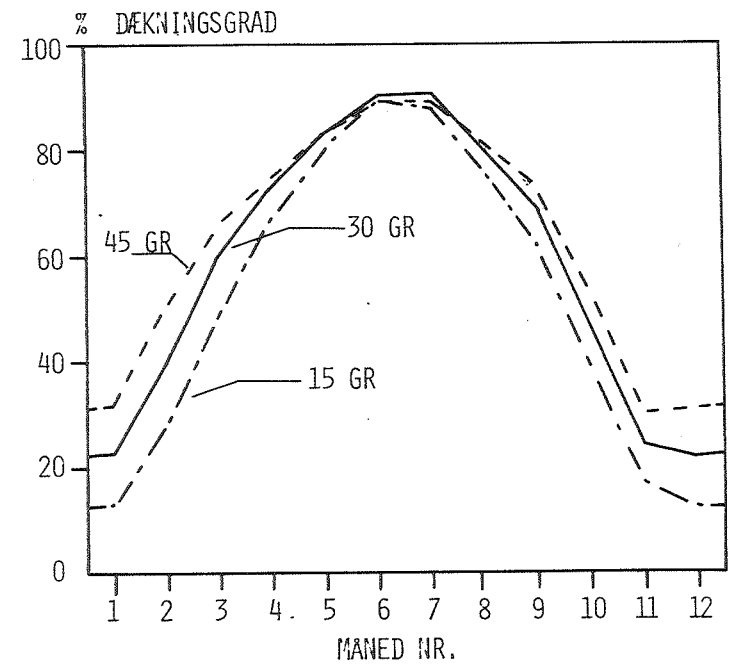


FIG. 9.

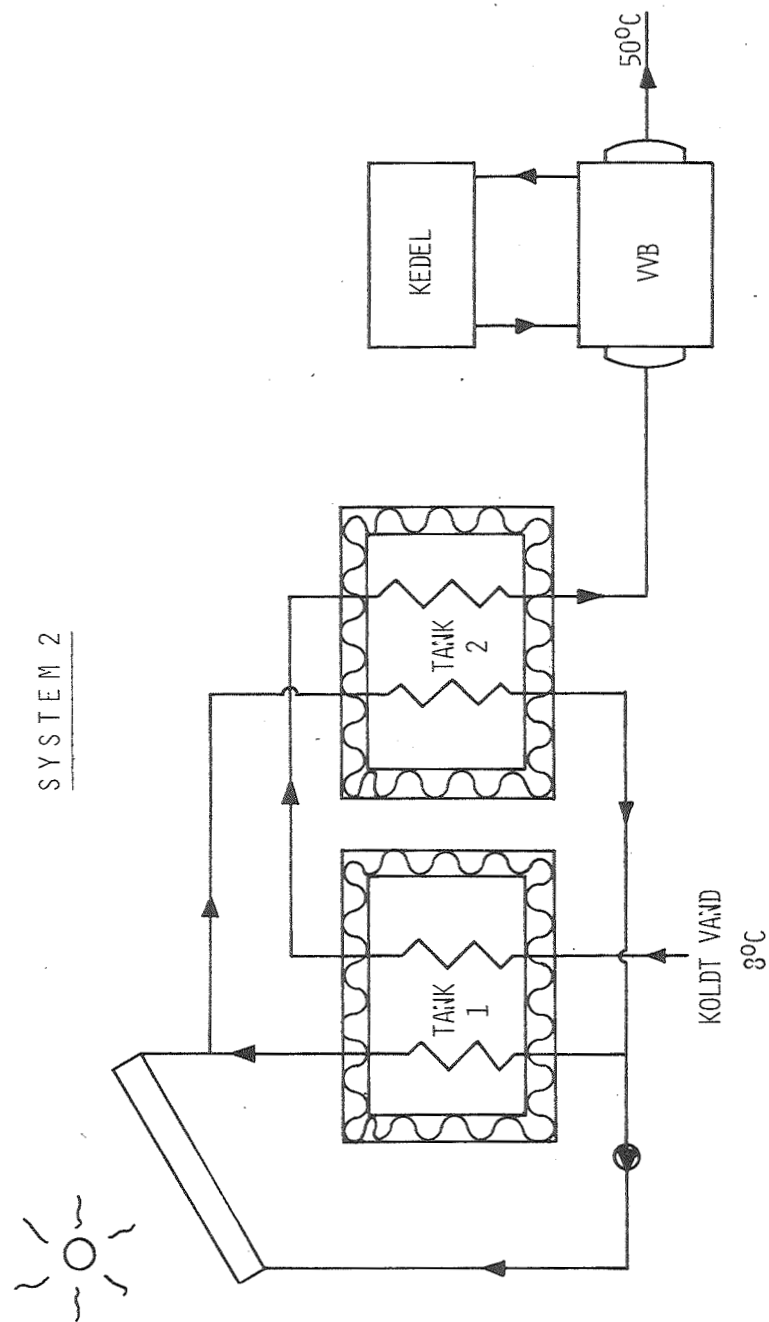


FIG. 10.

SOLFANGER = 100 M²
 HÆLDNING = 30 GR FRA VANDRET
 VARMTVANDSFORBRUG = 53.000 KWH/AR

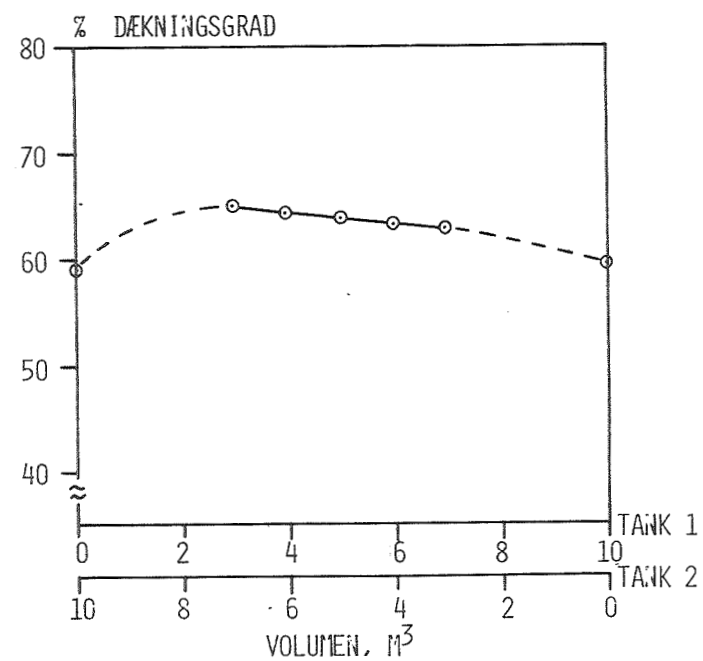
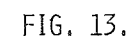
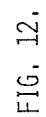


FIG. 11.



SOLFANGERHÆLDNING = 30° FRA VÆNDRET
 AKKUMULERINGSTANK = $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ SOLFANG
 VARMEBEHOV = 142.000 KWH/AR

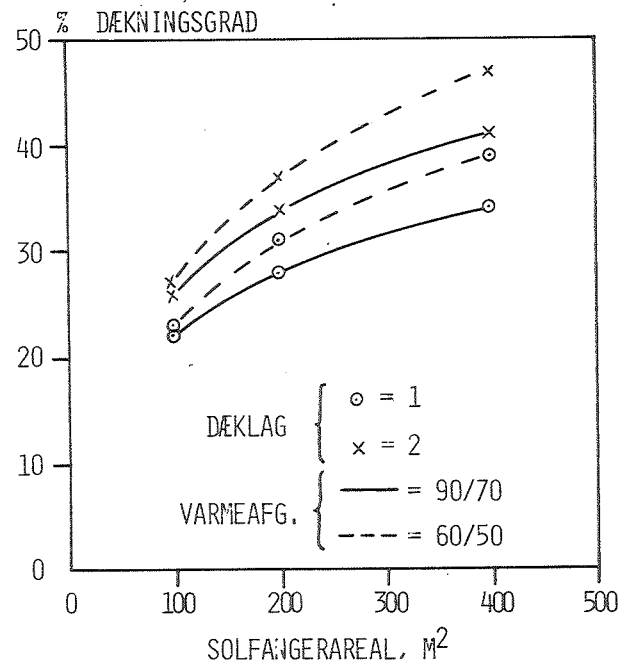


FIG. 14.

SOLFANGERHÆLDNING = 30° GR. FRA VÆNDRET
 AKKUMULERINGSTANK = $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ SOLFANG
 OPVARMNINGSBEHOV = 89.000 KWH/AR
 VÆRMT BRUGSVÆND = 53.000 KWH/AR

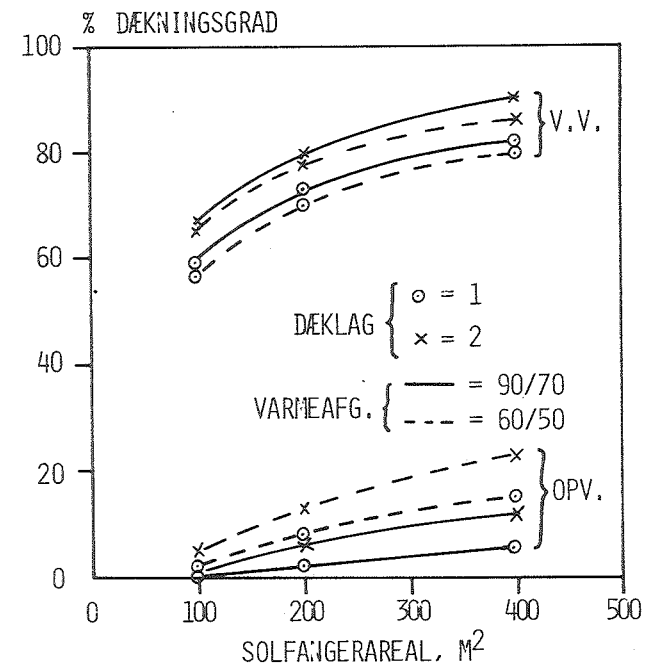


FIG. 15.