
Solvarmeanlæg til varmt brugsvand

En udredning baseret på et års
målinger på to anlæg

Klaus Ellehauge
Leif Sønderkov Jørgensen
Mads Lange
Svend Erik Mikkelsen
Carsten Nielsen

Laboratoriet for varmeisolering
Danmarks Tekniske Højskole
Meddelelse nr. 114

Teknologisk Institut
Varme- og Installationsteknik

Energiministeriets Solvarmeprogram-rapport nr.16
September 1981
ISBN 87-7511-110-1

Forord

Energiministeriets (tidligere Handelsministeriets) udviklings- og demonstrationsprogram for solvarme skal medvirke til udviklingen af solvarmeanlæg i Danmark.

Det er solvarmeprogrammets formål:

- at medvirke til at solvarmeanlæg udformes således, at der opnås størst muligt termisk udbytte, stor driftssikkerhed og lang levetid.
- for herigennem at bidrage til en udvikling inden for solvarmeområdet, der medfører, at solvarmeanlæg kan blive konkurrencedygtige og på længere sigt give et væsentligt bidrag til dækning af energiforbruget til opvarmning i Danmark.

Projektet ledes af Teknologisk Institut, Varmeteknik og udføres i samarbejde med Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks Tekniske Højskole.

Indholdsfortegnelse

Forord	1
Figurer	iii
Tabeller	iv
Konklusion	v
1 Indledning	1
1.1 Projektets formål og start	2
1.2 Projektets hidtidige resultater	3
2 Beskrivelse af anlæggene	5
2.1 Anlæggenes dimensionering og systemudformning	5
2.2 Anlæggenes komponenter	8
2.2.1 Solfangeren	8
2.2.2 Lagerbeholderen	10
2.2.3 Varmeveksleren	13
2.2.4 Solfangerkredsen	14
2.2.5 Isolering	15
2.3 Styring af solfanger	15
2.4 Tapning af varmt brugsvand	17
3 Anlæggenes holdbarhed	19
4 Målinger	21
4.1 Målesystem og måleprogram	21

4.2	Måleresultater	24
5	Beregninger med EDB-model	29
5.1	Opbygning af EDB-model	29
5.2	EDB-model, beregninger af årsværdier m.m.	29
5.3	Ændringer i anlægsparametre	35
5.3.1	Solfangerareal	35
5.3.2	Lagervolumen	35
5.3.3	Varmeveksleren	38
5.3.4	Forbrug	38
5.3.5	Forbrugsfordeling	41
5.3.6	Temperaturforhold	41
5.3.7	Elopvarmning af lagerbeholderen	42
5.3.8	Ikke selektiv solfanger	43
5.3.9	Temperaturgradient i lagerbeholderen	45
5.3.10	Beregninger med vejrdato for andre lokaliteter	47
6	Anlæggenes økonomi og energibesparende virkning	48
6.1	Anlæggenes anskaffelsespris	48
6.2	Anlæggenes energibesparelse og oliefortrængning	49
7	Udnyttelse af erfaringerne	52
7.1	Systemløsning	52
7.2	Solfangeren	53
7.3	Lagerbeholder og varmeveksler	56
7.4	Solfangerkredsen	57
7.5	Styring	58
8	English summary	59
	Bilag 1 Anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering	61

Bilag 2	Anlægget ved Teknologisk Institut	64
Bilag 3	Energiministeriets solvarmeprogram	67

5-8	Anlægsydelse ved varierende indløbstemperaturer for brugsvandet	43
5-9	Elopvarmning af lagerbeholderens øverste trediedel . .	44
5-10	Ydelse med og uden selektiv belægning på solfangerens absorber	46
7-1	Principdiagram: Tilkobling til eksisterende varmtvands- system	53
7-2	Solfangerareal - dækningsgrad - varmtvandsforbrug . . .	55

Figurer

2-1	Principdiagram: Anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering	6
2-2	Principdiagram: Anlægget ved Teknologisk Institut . . .	7
2-3	Solfangerens effektivitetskurve	10
2-4	Lagerbeholderen ved Laboratoriet for Varmeisolering . .	11
4-1	Måleudstyret ved Laboratoriet for Varmeisolering . . .	22
4-2	Målte solindfald og ydelser	27
4-3	Fordelingen af tappetemperaturer for anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering	28
5-1	Sammenligning mellem målt og beregnet tappetemperatur - juli, oktober	30
5-2	Simulerede og målte månedlige ydelser	31
5-3	Beregninger af årlige ydelser	33
5-4	Solindfald og ydelser i referenceår og måleår	34
5-5	Anlægsydelse og dækningsgrad ved varierende solfangerareal	36
5-6	Anlægsydelse ved varierende varmevekslerstørrelse . . .	39
5-7	Anlægsydelse ved varierende varmtvandsforbrug	40

Tabeller

Tabel 4-1:	Målte ydelser for anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering	25
Tabel 4-2:	Målte ydelser for anlægget ved Teknologisk Institut	26
Tabel 5-1:	Årlige ydelser beregnet for forskellige vejrdato-år	32
Tabel 5-2:	Anlægsydelse med vejrdato for andre lokaliteter	47

Konklusion

Erfaringerne fra solvarmeanlæg, der indtil sommeren 1980 var udført under Energiministeriets solvarmeprogram viste, at anlæggenes ydelser var mindre end forventet ud fra beregningerne. Det kunne imidlertid også - ud fra disse beregninger - konkluderes, at der var en række tekniske forhold, der kunne forbedres med henblik på at opnå en højere ydelse.

Ovennævnte erfaringer er anvendt som grundlag for projektering og udførelse af to solvarmeanlæg til brugsvand, der i sommeren 1980 er udført på henholdsvis Laboratoriet for Varmeisolering, DTH og Teknologisk Institut.

Anlæggene, der er beregnet til opvarmning af brugsvand til en "normal-familie" på fire personer, består af en 5,4 m² solfanger med selektiv overflade samt en 300 l lagertank med varmeveksler i bunden. Rørføringen svarer til et typisk parcelhus.

Ved anlæggenes udformning er der især lagt vægt på følgende:

- anlæggets størrelse er afpasset efter forbruget
- solfanger med høj ydelse (selektiv absorber)
- minimering af varmetab fra lagertank og rørinstallationer
- god lagdeling i lagertank
- effektiv styring, herunder følerplacering, der sikrer maksimal driftstid.

Der er blevet målt i et år på hvert anlæg.

På grundlag af målingerne er der opbygget en EDB-model, der med god nøjagtighed kan simulere anlæggenes ydelse ved andre vejrforhold end de målte.

I det følgende er angivet den målte årsydelse:

Ydelse	380 kWh/m ² ·år
Dækningsgrad	66 %
Energibesparelse	
Nyt oliefyr	62 l olie/m ² ·år
Eldre oliefyr	86 l olie/m ² ·år

Ved simuleringen af anlæggets ydelse ved andre vejrforhold er det fundet at måleåret har været repræsentativt for vejrforholdene i Danmark. Med referenceårets vejrdato er således fundet en ydelse på 391 kWh/m² år, hvilket ligger tæt op af det målte.

Ydelserne er klart bedre end ydelserne for andre anlæg, der hidtil er blevet målt i Danmark. Ydelserne er iøvrigt en del højere end de, der indgår i Varmeplanudvalgets tredje delbetænkning som grundlag for en vurdering af solvarmeanlægs økonomi og muligheder i Danmark.

De konstruktive løsninger, der er benyttet i anlæggene er ikke væsentlig dyrere end normal praksis, og de anvendte komponenter findes i det væsentlige på markedet. Ligeledes forventes anlæggenes holdbarhed, når der ses bort fra et enkelt mindre problem med den benyttede solfanger, at være som ved andre anlæg af normal god standard.

Det må forventes, at de væsentligste af de forbedringer, der gælder for de rapporterede solvarmeanlæg, også vil kunne overføres til anlæg, der både benyttes til rumopvarmning og varmt brugsvand, således at udbyttet fra disse anlæg vil kunne forventes forbedret tilsvarende i forhold til de anlæg, der hidtil er blevet målt på. Dette vil blive søgt dokumenteret gennem udførelse af og måling på demonstrationsanlæg for rumopvarmning og varmt brugsvand i det fortsatte projektforsøg.

1 Indledning

Nærværende rapport beskriver to solvarmeanlæg til opvarmning af brugsvand, som er opført ved henholdsvis Laboratoriet for Varmeisolering, DTH, og Teknologisk Institut i maj til juni 1980.

De to anlæg er funktionsmæssigt identiske. Med hensyn til opbygning af styresystem og lagerbeholder er der dog forskelle, som der er nærmere redegjort for senere i rapporten. De to anlægs ydelser er meget ens, og det kan derfor antages, at rapportens konklusioner er gældende for begge anlæg, selvom sammenligninger mellem målte ydelser og beregnede værdier kun er anført for anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering. Dette skyldes, at der foretages mere detaljerede målinger på sidstnævnte anlæg.

Rapporten omfatter endvidere de målinger, der er foretaget juli 1980 til august 1981, samt en vurdering af disse målinger.

Der vil ikke blive målt yderligere på anlæggene, og denne rapport er derfor den endelige rapportering af anlæggene.

Anlæggene er tidligere rapporteret i rapport nr. 12 under Energiministeriets solvarmeprogram "To solvarmeanlæg til varmt brugsvand", hvori de første 4 måneders drift er beskrevet.

Denne rapport er en udbygning af rapport nr. 12, men iøvrigt for en stor del identisk med denne.

1.1 Projektets formål og start

Under Energiministeriets forskningsprogram vedrørende solvarme er der i en årrække bl.a. ved demonstrationsanlæggene gjort en række erfaringer vedrørende solvarmeanlæg.

Disse erfaringer har vist, at det er muligt at udføre solvarmeanlæg med et gunstigere forhold mellem pris og ydelse end de anlæg, der hidtil var blevet målt på.

Interessen samlede sig i første omgang om et enkelt opbygget mindre brugsvandsanlæg dimensioneret til et eenfamiliehus. I foråret 1980 blev der derfor formuleret et projekt med det formål, ved opførelse og målinger på anlæg af denne type at efterprøve eller demonstrere ovennævnte erfaringer.

Det blev besluttet, at der skulle bygges to anlæg, et på Teknologisk Institut og et på Laboratoriet for Varmeisolering.

De to anlæg skulle bygges med samme solfangerareal og lagervolumen, og endvidere skulle der tappes den samme vandmængde fra de to anlæg. Derudover var udformningen fri, idet anlæggene dog skulle udformes således, at de var realistiske for anlæg indbygget i et eenfamiliehus.

Anlæggene blev bygget i maj-juni 1980, og anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering blev sat i drift 1. juli 1980. Anlægget ved Teknologisk Institut blev startet ca. 14 dage senere.

Anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering er opsat på og i en skurbygning, som tillige bruges til andre solvarmeforsøg, og som er beliggende på Laboratoriets forsøgsareal.

Anlægget ved Teknologisk Institut er opsat i et "demonstrationshus", der er opført i anledning af dette projekt. Huset er beliggende umiddelbart øst for Afdelingen for Varmeteknik.

1.2 Projektets hidtidige resultater

For anlægget på Laboratoriet for Varmeisolering foreligger der et års måledata fra 1. juli 1980 og for anlægget ved Teknologisk Institut et års måledata fra 1. august 1980. Målingerne viser, at anlæggene har haft høje ydelser som forventet, og at disse høje ydelser er opnået ved forbedringer af anlægsudformninger, som i sig selv ikke er væsentligt dyrere end løsninger, som ellers anvendes i praksis i dag.

De anvendte solfangere samt lagerbeholderen anvendt ved Laboratoriet for Varmeisolering er således komponenter, der allerede findes/fandtes på det danske solvarmemarked.

Det skal også bemærkes, at samtlige de anvendte løsninger vil kunne overføres på et anlæg installeret i et eenfamiliehus.

Bestemmende for det gode resultat kan anføres følgende forhold:

- Solvarmeanlæggenes dimensioner er passende i forhold til forbrug og under hensyntagen til god dækningsgrad.
- Der anvendes en god selektiv solfanger.
- Der anvendes en lagerbeholder med en god lagdeling og et lille varmetab.
- Der er lille varmekapacitet i solfangerkredsen.

- Anlæggene er enkle, hvorved muligheden for fejlfunktion reduceres.
- Der anvendes styringer, hvor muligheden for fejlagtig stop og igangsætning af pumpen er reduceret mest muligt.

For anlæggene er der valgt en tapning på 200 liter/døgn ved 45°C og med en indløbstemperatur på 8°C. En tapning på 200 liter/døgn ved 45°C skønnes ud fra målingerne på demonstrationsprojekterne at være realistisk. Ved større eller mindre tapninger vil samme ydelser kunne opnås ved større eller mindre anlæg.

En vurdering af forbrugets og indløbstemperaturens indflydelse er angivet senere i rapporten.

Ved opførelsen af anlæggene er der især lagt vægt på at vise, at det er muligt under danske klimaforhold at bygge solvarmeanlæg til varmt brugsvand med høje ydelser.

For en køber af et solvarmeanlæg er det imidlertid ikke tilstrækkeligt at vurdere anlæggets termiske ydeevne og anlægsprisen. Skal det være økonomisk må anlægget endvidere have en god langtidsholdbarhed samt være driftsikkert.

Det kan om anlæggene siges, at de anvendte løsninger ikke vil medføre mindre holdbarhed eller driftsikkerhed end normal praksis. Dette forventes også at gælde for solfangerens selektive overflade, som er et nyt produkt herhjemme, men hvor prøvninger i England og ved Afdelingen for Overfladebehandling på Teknologisk Institut har givet udmærkede resultater.

2 Beskrivelse af anlæggene

2.1 Anlæggenes dimensionering og systemudformning

Ved anlæggenes dimensionering er der lagt vægt på at tilpasse anlæggenes størrelse til forbruget. Forbruget er som nævnt sat til 200 liter vand opvarmet til 45°C ækvivalent med 8,56 kWh/døgn. Dette forbrug er fundet som repræsentativt for de målte forbrug fra demonstrationsprojekterne.

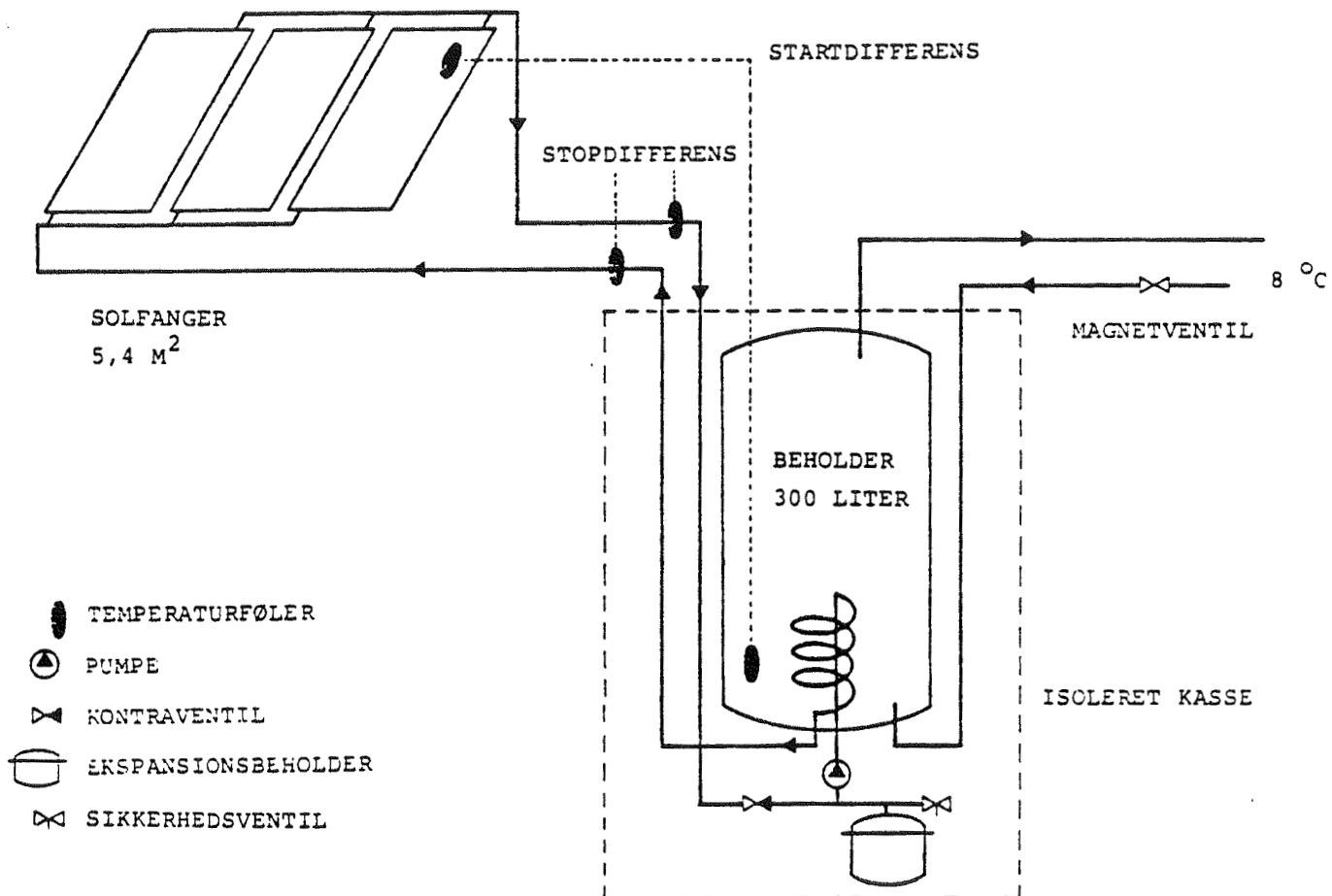
Det er forsøgt at give anlægget de bedste økonomiske betingelser ved at afstemme solfangerarealet efter dette forbrug. Der benyttes et solfangerareal på 5,4 m², og beholderstørrelsen er sat til 300 liter.

Det ses, at solfangerarealet er lille i forhold til, hvad der normalt bliver bygget, hvilket umiddelbart medfører en økonomisk fordel.

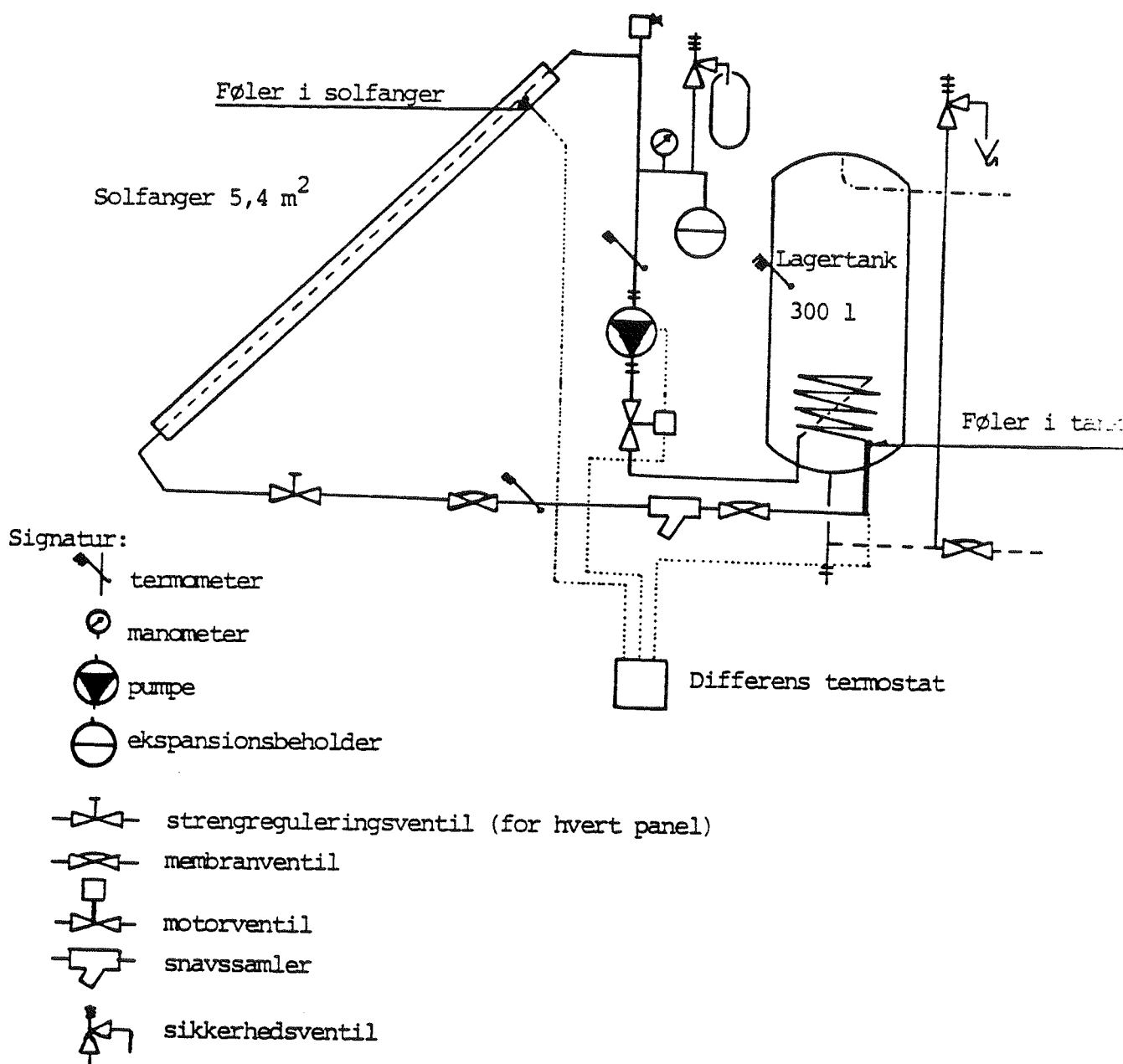
Med et større eller mindre forbrug af varmt brugsvand, kan anlæggene tilpasses herefter og stadigvæk give de samme økonomiske betingelser.

Ved projekteringen af anlægget er der overvejende benyttet komponenter, der er på markedet.

Anlæggene, hvis udformning fremgår af figurene 2-1 og 2-2, har enkeltadskillelse mellem solfangervæske og brugsvand. Efter regler fremsat af miljøministeriet er dette tilladt, såfremt den i solfangerkredsen benyttede frostsikringsvæske er godkendt hertil af Miljøministeriet, samt at varmeveksleren er udført efter nærmere, af VA-godkendelsesudvalget, givne anvisninger.



Figur 2-1: Principdiagram: Anlægget ved Laboratoriet for Varmesolering



Bemærk placeringen af differenstermostatens føler i bunden af lagerbeholderen. Således måles beholdertemperatur, når anlægget ikke er i drift og udløbstemperaturen fra beholderen, når anlægget er i drift. Føleren i solfangeren er anbragt med god termisk kontakt til absorberen i toppen af solfangeren.

Figur 2-2: Principdiagram: Anlægget ved Teknologisk Institut

2.2 Anlæggenes komponenter

I det følgende beskrives anlæggenes komponenter hver for sig. I bilag 1 og bilag 2 er angivet lister over komponentdata for de to anlæg.

2.2.1 Solfangeren

Solfangeren valgtes ud fra de målinger, der er foretaget på solfangere i forbindelse med tilskudsordningen. Her var der afprøvet ca. 30 solfangere med meget varierende termisk effektivitet.

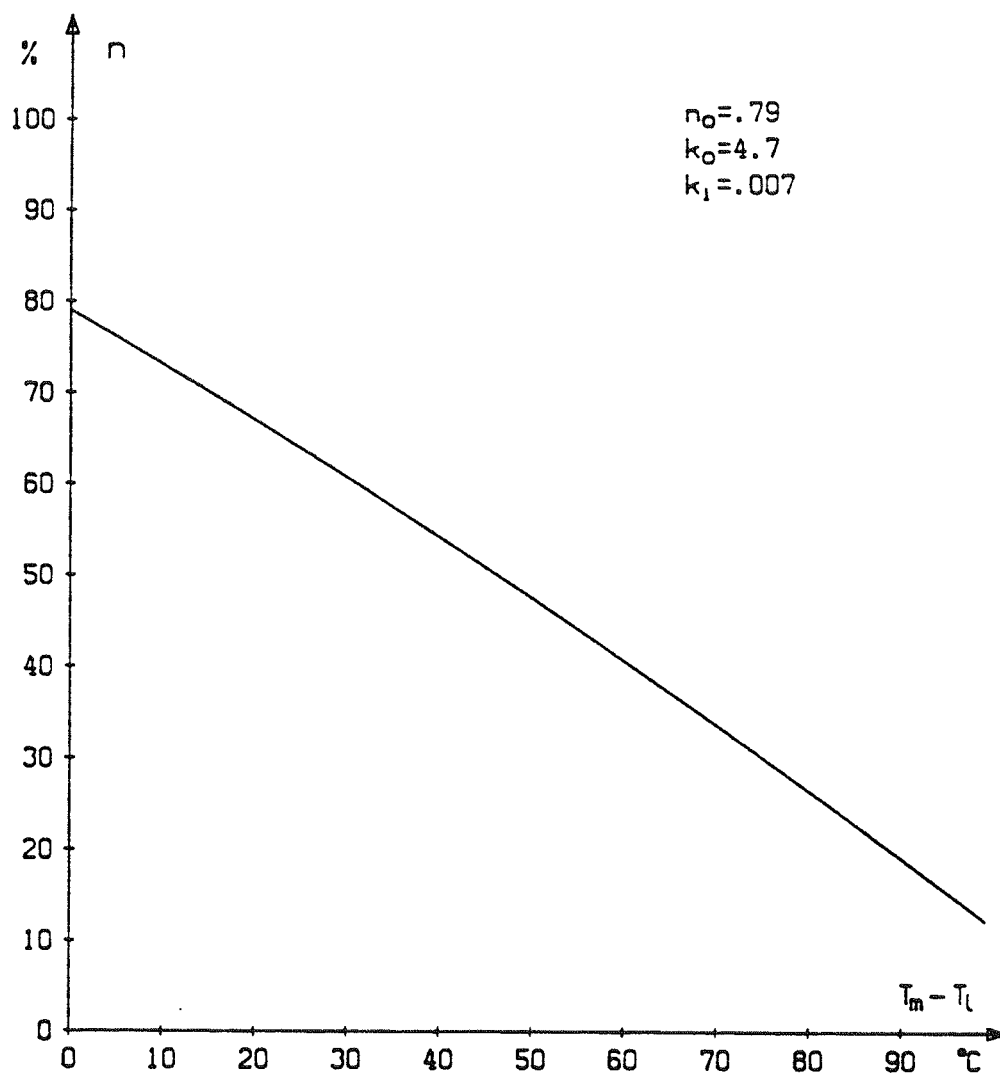
Solfangeren har eet dæklag af glas, og absorberen er en kanalplade, som er udført af aluminium med en roll-bond teknik.

Solfangeren udmærker sig ved at være påført en selektiv belægning på absorberen. Den selektive belægning består af en selvklebende folie af nikkel med påført kromoxid og af mærket "maxorb solar foil". Den selektive belægning har ved solfangerprøvningen vist sig at have udmærkede optiske/termiske egenskaber. En diskussion af belægningens holdbarhed er angivet i afsnit 3.

I øvrigt har solfangeren en let og velisoleret kasse.

Solfangerens effektivitetskurve er vist på figur 2-3

For solfangeren henvises i øvrigt til rapporten "Effektivitetsprøvning af solfanger foretaget for HS-Kedler", rapport nr. 80-25, Laboratoriet for Varmeisolering, august 1980.



Effektiviteten ved følgende forhold:

Hældning 45° . Intensitet 800 W/m^2 . Indfaldsvinkel mindre end 30° . Lufthastighed mindst 5 m/s . Væske PKL 300. Væskestrøm 0.035 kg/s . Benyttet areal 1.81 m^2 .

T_m : Middeltemperatur af væsken

T_l : Lufttemperatur

(kurven fra: "Effektivitetsprøvning af solfanger foretaget for HS-kedler". Rapport nr 80-25. S.Svendsen. Lab. f. Varmeisolering. aug. 1980)

Figur 2-3: Solfangerens effektivitetskurve

Hvert panel er på $1,8 \text{ m}^2$, og der er således benyttet 3 paneler på ialt $5,4 \text{ m}^2$.

Solfangeren er orienteret mod syd og har en hældning på 45 grader.

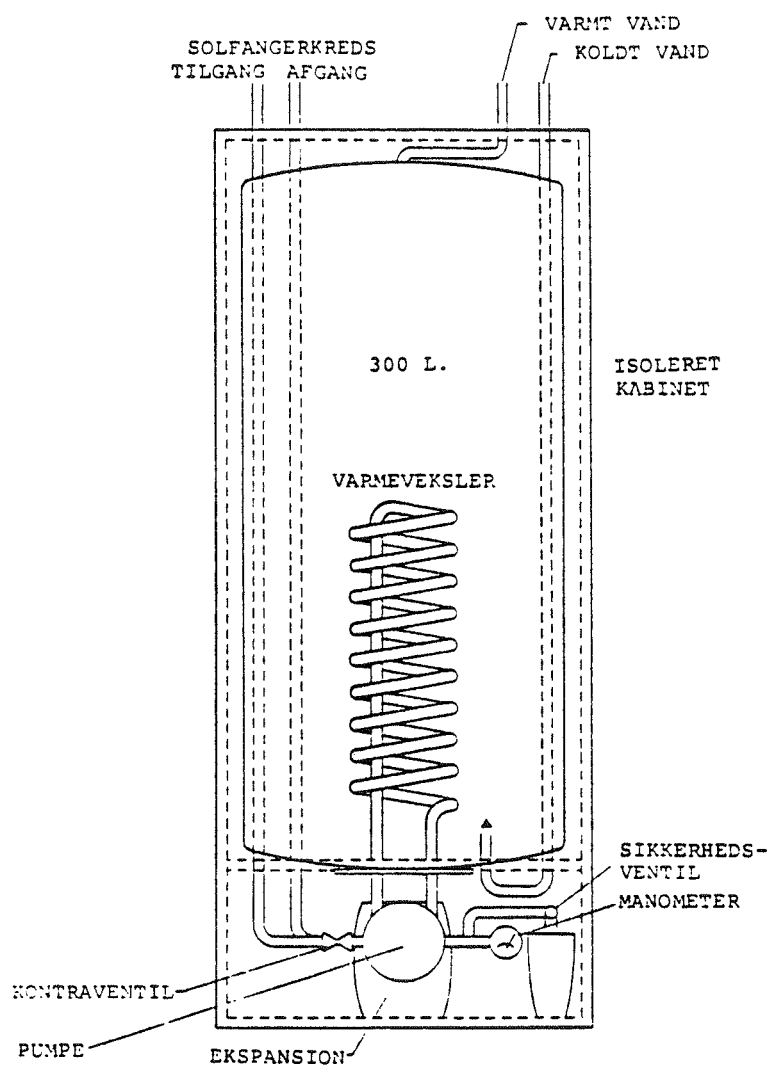
2.2.2 Lagerbeholderen

Anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering:

Lagerbeholderen valgtes ud fra de målinger, der er foretaget på lagerbeholdere under Energiministeriets projekt vedrørende mindre varmelagre.

Beholderen som er vist på figur 2-4 er på 300 liter og udmærker sig ved følgende forhold:

1. Varmetabet er reduceret ved at kuldebroer, d.v.s. rørgennemføringer og understøtninger, er anbragt i bunden af beholderen. Dette har ved beholderafprøvningsne vist sig at være et forhold, der har stor betydning for varmetabet fra beholderen. Ved den beholder, der blev leveret, er der dog gjort en undtagelse, idet udtaget af det varme vand er placeret i toppen af beholderen. Ved en effektiv isolering af røret og ved straks efter udtaget at føre røret nedad, så selvcirkulation undgås, er der dog søgt at råde bod på denne ulempe.
2. Der er god lagdeling i beholderen. Som en ekstra sikkerhed for at opnå lagdeling er der dog påsat en prelplade ved indløbet af det kolde vand i bunden af



Figur 2-4: Lagerbeholderen ved Laboratoriet for Varmeisolering

beholderen, som er større end den, beholderen var leveret med.

3. Varmevexleren for solfangerkredsen er placeret i bunden af beholderen, således at solfangeren "kører" på den koldeste del af beholderen. Selve varmeveksleren er dog

temmelig høj (ca. $1/2$ af beholderens højde) og kunne måske med fordel have været lavere og bredere.

4. Pumpe, ekspansionsbeholder, ventiler m.m. er placeret i et rum under beholderen. Herved nyttiggøres varmen fra pumpen, og isoleringen af ventiler, ekspansion m.m. lettes, idet det hele blot er indesluttet i kabinettets isolering.

For at være helt sikker på et lille varmetab er beholderen endvidere efterisoleret uden på kabinettet.

For at placere føleren til solfangerstyringen er der, ved den leverede beholder påsvejst en indføringsbøsning i dækslet i bunden af beholderen. På samme måde er der også anbragt følere til måling af beholderens temperatur i forskellige højder.

Anlægget ved Teknologisk Institut:

Lagerbeholderen er her udformet efter de samme principper, som anført for anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering. Det er dog her valgt at lade beholderen udføre af en beholderfabrikant. Der er således ikke tale om en "standardbeholder", der allerede nu er på markedet.

Ved udformningen af beholderen er der lagt vægt på følgende forhold:

- Beholderen skal være relativ høj og slank, således at der er god mulighed for lagdeling.
- Alle rørtilslutninger, på nær varmtvandsafgangen, er tilsluttet i bunden af beholderen, således at de kuldebroer, der kan opstå ved rørtilslutninger får mindst mulig indflydelse på varmetabet, da beholderen er koldest i bunden.

- Beholderoverfladerne skal være nemme at isolere effektivt.
- Varmefloden er placeret i den nederste del af beholderen.

Den styrende føler for solfangerkredsen er placeret, med et dykrør, i afgangsstutzen fra beholder til solfanger og således at føleren, når solfangerpumpen ikke er i drift, måler temperaturen i bunden af lageret, og når pumpen er i drift måler temperaturen på væsken, der forlader varmeveksleren og løber tilbage til solfangeren.

For at foretage en nærmere vurdering af lagdelingen i lagerbeholderen er der anbragt temperaturfølere med god termisk kontakt til beholderoverfladen og med en afstand på ca. 10 cm i hele beholderens højde.

Lagerbeholderen er isoleret med 100 mm mineraluld afsluttet med pap og lærred, og der er ikke udført kabinet omkring beholderen.

2.2.3 Varmeveksleren

Anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering:

Varmeveksleren, som er leveret sammen med lagerbeholderen, er udført af 9 m kobberribberør, som er bukket i en spiral.

Der er en vis usikkerhed om, hvormeget kalkafsætning vil kunne nedsætte kobberribberørets effektivitet. Der kunne i stedet være valgt en glat kobberspiral. Ifølge erfaringerne vil der afsættes kalk på spiralen, men denne vil til en vis grad være selvrensende som følge af temperaturbevægelser. Varmeveksleren bør dog i alle tilfælde være dimensioneret med en vis sikkerhed mod tilkalkning.

Anlægget ved Teknologisk Institut:

Varmeveksleren er udformet med to spiraler, der har en samlet længde på ca. 28 m. og er udført i 16/18 kobberrør. Varmeveksleren er ligeledes her anbragt i bunden af lagerbeholderen.

Varmeveksleren er noget overdimensioneret i forhold til et solfangerareal på 5.4 m^2 , men er valgt under hensyntagen til, at solfanger arealet kan udvides i en senere fase af projektet.

2.2.4 Solfangerkredsen

Der er lagt vægt på, at varmekapaciteten i solfangerkredsen er så lille som mulig, og at flowet gennem de enkelte elementer er tilfredsstillende. Derfor er dimensionerne små. For at lette installationerne er der benyttet bløde kobberrør.

Cirkulationspumperne er specielt beregnet til brug i anlæg med varierende temperaturforhold, og med mulighed for drift med flere hastigheder. Flowene har i perioden været:

Anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering: $1.3 \text{ l/minut} \cdot \text{m}^2$

Anlægget ved Teknologisk Institut: før 1. oktober 1980

$1.7 \text{ l/minut} \cdot \text{m}^2$

efter 1. oktober 1980

$1.0 \text{ l/minut} \cdot \text{m}^2$

Ved anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering kunne flowet formentlig med fordel være nedsat til det halve for at reducere pumpens el-forbrug.

Væsken i solfangerkredsen er leveret af samme firma som solfangeren. Den kaldes PKL 300 og er frostsikret med propylenglukol. Væsken er godkendt til brug i solvarmeanlæg med enkeltadskillelse.

2.2.5 Isolering

Erfaringerne fra demonstrationsanlæggene og fra beholderafprøvningerne under projektet "Mindre Varmelagre" peger på, at den effektive isolering, d.v.s. isoleringstykkelsen på den perfekt udførte isolering, som beregningsmæssigt vil give det målte varmetab, generelt er under halvdelen af, hvad den burde være. Det skyldes ofte, at detaljerne glemmes ved udførelsen af isoleringen.

Der er her lagt vægt på en omhyggelig udført isolering. I nogen udstrækning er isoleringstykkelsen gjort større end, det der normalt anses for tilstrækkeligt, idet merudgiften hertil er ringe.

2.3 Styring af solfanger

Erfaringer fra andre demonstrationsprojekter inden for Energiministeriets solvarmeprogram har vist, at placeringen af føleren i en kraftigt lagdelt beholder kan volde problemer.

Der er derfor ved disse to anlæg lagt stor vægt på at finde løsninger, der sikrer en præcis styring uanset lagdeling i beholderen. Problemet optræder ved, at der efter aftapning af varmt brugsvand fra toppen af beholderen dannes et lag af

"friskt" koldt vand i bunden af beholderen. Der kan så for eksempel være varmere omkring størstedelen af varmeveksleren, end der hvor føleren er placeret. Solfangeren vil herefter i en periode muligvis have negativt udbytte, idet føleren ikke kan registrere om væsken, der forlader varmeveksleren, er varmere eller koldere end udløbstemperaturen fra solfangeren.

Anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering:

På anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering er udført en styring, som benytter 4 temperaturfølere. Følernes placering er vist på figur 2-1. Styringen virker således, at pumpen startes, når føleren på absorberpladen i solfangeren er varmere end føleren i beholderen. En startdifferens på 1°C er fundet passende, men skal eventuelt ved andre anlæg være større. Efter en temperaturstabiliseringsperiode, som er sat til ca. 30 sekunder, slås over på stopdifferensen, som er differensen mellem temperaturfølerne ved ind- og udløb fra varmeveksleren. Der benyttes en stopdifferens på $0,3^{\circ}\text{C}$. D.v.s. når indløb til varmeveksleren er mindre end $0,3^{\circ}\text{C}$ varmere end udløb fra varmeveksleren, stoppes pumpen. Differenserne behøver dog ikke være nøjagtigere end $0 - 1,0^{\circ}\text{C}$.

Styringen er foregået ved hjælp af en mikrocomputer, som også forestod målingerne, men der er bygget en differenstermostat, som virker efter ovennævnte princip, og som ville kunne installeres i anlægget.

Anlægget ved Teknologisk Institut:

Der er her benyttet en styring med to følere, hvor føleren i beholderen er anbragt således, at den både kan måle temperaturen i bunden af beholderen samt i udløbet fra varmeveksleren afhængigt af, om systemet er i drift eller ej.

Der er således her anvendt en differenstermostat, der markedsføres i dag. Der må lægges vægt på, at styringen, når denne følerplacering anvendes, kan arbejde med meget små stopdifferenser, således at anlægget kan holdes i drift ved et relativt lavt solindfald. Indtil nu har anlægget haft en drift med en startdifferens på ca. 1.5°C og en stopdifferens på ca. 0.5°C .

Styringen har ved begge anlæggene fungeret tilfredsstillende, men hvilken betydning den har for ydelsen af anlægget, kan ikke angives.

En nærmere udredning om styringens indflydelse påregnes i et senere delprojekt under 3. fase.

2.4 Tapning af varmt brugsvand

Det kan diskuteres, hvor meget varmt vand en "standardfamilie" bruger pr. dag. Det er fuldstændigt afhængigt af familiens vaner. Forbrugets størrelse har betydning for solvarmeanlæggets ydelse. Forbruges der intet varmt vand, vil solvarmeanlæggets ydelse være 0. Forbruges meget i forhold til solfangerens størrelse, vil dens ydelse være stor.

Tappeprogrammet er valgt ud fra den erfaring om en families varmtvandsforbrug, som haves fra demonstrationsprojekterne.

Der er foretaget 4 tapninger pr. dag til tidspunkterne kl. 7, kl. 12, kl. 18 og kl. 20. Ved hver tapning tappes en varmemængde på 2.14 kWh svarende til 50 liter vand opvarmet fra 8°C til 45°C , hvis temperaturen er større end 45°C . Er vandets temperatur mindre end 45°C tappes der 50 liter pr. gang, og der regnes derefter med en eftervarmning af vandet til 45°C med en anden varmekilde. Det daglige varmtvandsforbrug bliver således 200 liter ved 45°C .

Fordelingen på 4 tapninger har beregningsmæssigt næsten ikke indflydelse på anlæggets virkemåde.

Der er senere i rapporten foretaget beregninger, der viser tap-
petemperaturernes samt forbrugets indflydelse på anlæggets
ydelse.

Selve tapningen af det varme vand er ved Laboratoriet for Var-
meisolering forestået af microcomputeren, som styrer en
magnetventil anbragt på en vandkreds. Denne står i forbindelse
med en vandbeholder, som køles til 8°C.

Ved Teknologisk Institut er tapningen ligeledes sket ved hjælp
af det anvendte måleudstyr.

3 Anlæggenes holdbarhed

Anlæggene er af en enkel konstruktion, og der er benyttet normalt anvendte komponenter. For solfangeren gælder dog, at den har en selektiv belægning, som ikke havde været prøvet i en længere periode herhjemme.

Den selektive folie er udviklet af et engelsk firma MPD Technology Limited. Den er gennemprøvet både m.h.t. vedhæftning samt bevarelse af de optiske/termiske egenskaber ved fugt- og varmepåvirkninger. Disse prøvninger er udført af firmaet selv, og viser gode resultater.

Der er herhjemme på Teknologisk Instituts Afdeling for Overfladebehandling i efteråret 1980 foretaget supplerende prøver. Prøvningerne er af samme art som de, der benyttes til vurdering af malede overfladers holdbarhed, og hvor der haves erfaring til ud fra prøveresultaterne at kunne forudsige den samlede holdbarhed.

Ifølge disse prøver ændrer folien ikke egenskaber selv ved meget hårde påvirkninger af fugt og varme. Det må derfor antages at foliens levetid er lang og vil være på højde med levetiden for resten af solfangerkonstruktionen.

Endvidere er solfangeren efter måleperiodens udløb påny blevet vurderet ved Afdelingen for Overfladebehandling. Det har ved denne vurdering vist sig, at den selektive folie har beholdt sin vedhæftning, og at der ikke har været nedbrydning af den ubehandlede aluminium under folien.

Selve foliens nikkellag har fået nogle punktformige nedbrydninger. En nærmere analyse af disse nedbrydninger har vist, at de består af nikkel-svovl forbindelser, som formentlig er

opstået ved afgivelse af svovl fra solfangerens isolering jævnfør nedenstående. De punktformige nedbrydninger har dog efter et år ikke et omfang, der forventes at nedsætte solfangerens effektivitet.

For solfangeren i øvrigt, der er af roll-bond typen og med polyurethanskum som isolering, har der vist sig at være problemer med nedbrydning af polyurethanskummen. Ved drift af solfangeren med en normal ikke-selektiv belægning er der ikke problemer, men med den selektive belægning opnås stagnationstemperaturer, som er så høje, at isoleringen nedbrydes.

Det må anbefales, at der med de selektive belægninger benyttes solfangere med mineraluldsisolering, eller at der benyttes en speciel skum som kan tåle de høje temperaturer.

Ses der bort fra problemet med solfangerens isolering og dets indvirkning på den selektive folie, må det antages, at anlæggenes holdbarhed er helt på niveau med de bedste af de systemer, der i dag er på markedet. På grund af den enkle opbygning af anlæggene kan driftsikkerheden endvidere siges at være god. Generelt kan altså siges, at anlæggenes holdbarhed og driftsikkerhed ikke forventes at være ringere end andre anlæg, der bygges i dag, og med hensyn til solfangerens selektive overflade må denne foreløbig vurderes at være af en udmærket holdbarhed.

4 Målinger

4.1 Målesystem og måleprogram

Målesystemet ved de to anlæg er opbygget på forskellig måde, idet der ved anlægget på Laboratoriet for Varmeisolering er anvendt et målesystem, der giver gode muligheder for en efterfølgende detaljeret analyse af resultaterne med henblik på opbygning og verifikation af en EDB-model.

For anlægget ved Teknologisk Institut måles energistrømme på en måde, hvor denne efterfølgende analyse er vanskeligere at gennemføre.

Ved anlægget på Laboratoriet for Varmeisolering er anvendt følgende målesystem:

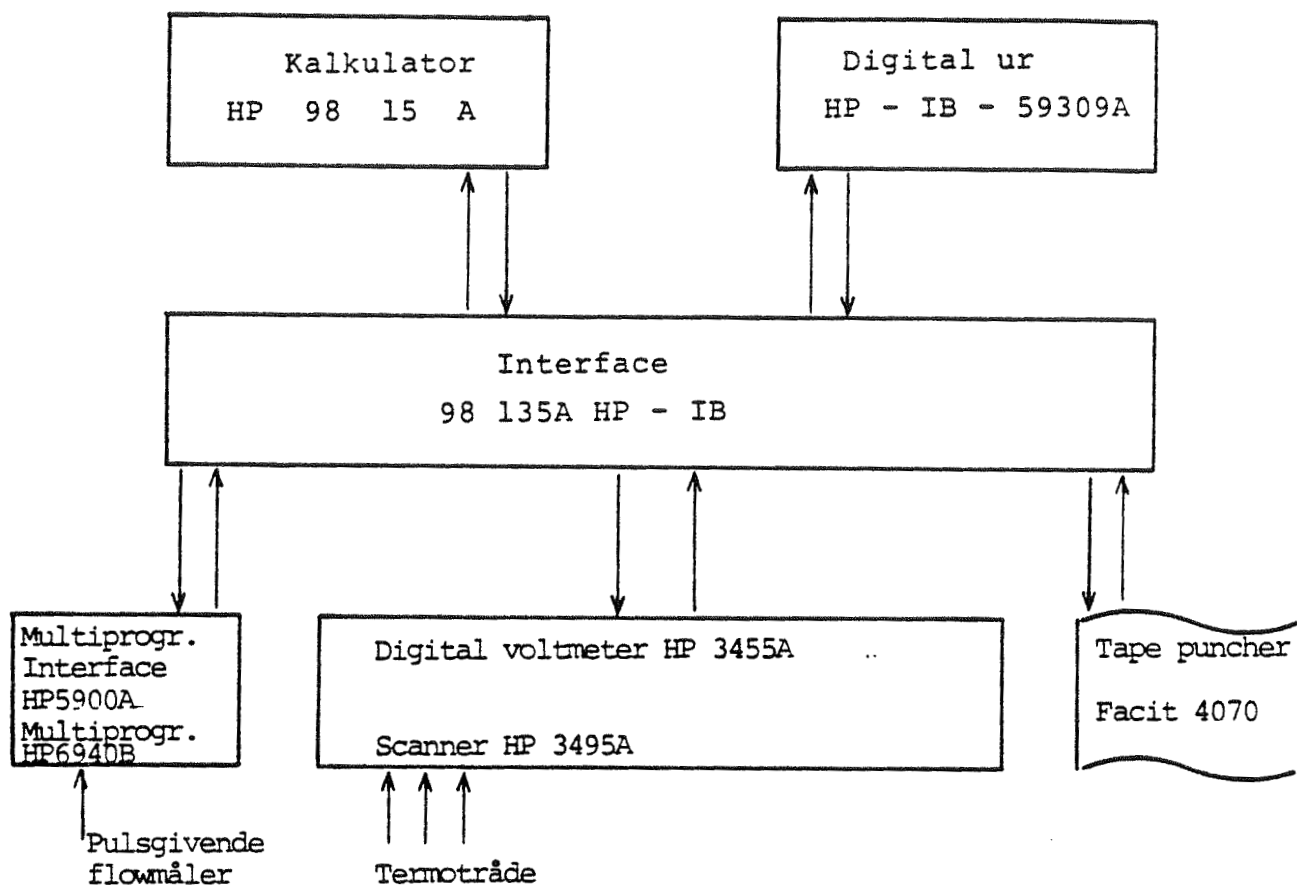
Målingerne styres af et dataloggersystem HP3051 A, hvis opbygning fremgår af figur 4-1.

Dataloggersystemet bruges samtidig til måling på andre forsøgsanlæg opstillet i bygningen.

Endvidere er det dataloggersystemet, som styrer tapningen af vand fra lagerbeholderen samt styrer anlægget.

Temperaturerne måles med termoelementtråd, som i forbindelse med præcisionsvoltmetret giver en nøjagtig temperaturbestemmelse.

Den aftappede vandmængde måles med en Aqua Metro ringstempelmåler, ligeledes med god nøjagtighed.



Figur 4-1: Måleudstyret ved Laboratoriet for Varmeisolering

For målingen af den aftappede varmemængde kan regnes med en nøjagtighed bedre end 2% for de temperaturforhold, anlægget arbejder under.

Efter hver tapning (4 gange i døgnet) er udskrevet følgende måledata:

- Den aftappede varmemængde
- Indløbsvandets middeltemperatur under tapningen

- Udløbsvandets middeltemperatur under tapningen
- Den aftappede vandmængde

Det er her den aftappede varmemængde, der har den primære interesse, medens de øvrige værdier er med af kontrolhensyn.

Der er således målt ganske få parametre, men der er installeret yderligere målepunkter rundt omkring i systemet, som kan udtages på en skriver til en nærmere bedømmelse af systemets virkemåde.

Måleresultaterne er indlæst på NEUCC, DTH's EDB-center, til en videre behandling sammen med vejrdata, som er opsamlet ved andre af laboratoriets projekter.

Ved anlægget på Teknologisk Institut er anvendt to varmemængdemålere til måling af henholdsvis brutto- og nettoydelsen for anlægget. Måleresultatet angives på tælleværker for dels varmemængde og dels vandmængde. Målesystemet anvender flerstrålevandmålere til måling af vandmængde og PT100 følere til måling af temperaturer. Systemet er opbygget således, at der kan foretages en afprøvning af temperaturmålingen og vandmængdemålingen hver for sig, og der kan korrigeres for målefejl. Det kan påregnes, at energimålingen af nettoydelsen udføres med en nøjagtighed på ca. 2%.

Der er herudover foretaget en måling af globalstrålingen ved solfangeren.

For at kunne sammenligne driften af de to anlæg er tappetemperaturen aflæst 2 gange daglig.

4.2 Måleresultater

Der er blevet målt i perioden fra 1. juli 1980 til 1. august 1981.

Anlæggene har kørt uden problemer i måleperioden. Af årsager, som er selve anlægget uvedkommende, bl.a. på grund af fejl i en anden forsøgsopstilling, har der ved anlægget på Laboratoriet for Varmeisolering dog været udfald af måledata i 17 døgn af de 365 døgn, anlægget har været i drift (5% af tiden) (se senere). Ved Teknologisk Institut har der været driftsforstyrrelser ved tappesystemet i 13 døgn.

Ved anlægget på Teknologisk Institut er tappeprogrammet udført således, at der i en del af perioden er blevet tappet en vandmængde, der er større end det tilsigtede, når tappetemperaturen overstiger 45°C. Årsagen til den forøgede aftapning hænger sammen med opløsningsevnen i pulsgiveren. Dette er dog blevet rettet i foråret 1981.

Måleresultaterne for de to anlæg fremgår af tabel 4-1 og tabel 4-2.

På grund af problemet med aftapning af vandmængden er ydelserne for de to anlæg ikke umiddelbart sammenlignelige. Begge anlæg har dog for et år haft en ydelse på 2050 kWh svarende til 380 kWh/år pr. m² solfangerareal. I tabellerne er endvidere angivet målte solindfald. For Teknologisk Institut er angivet solindfaldet fra demonstrationshuset i Tåstrup og for Laboratoriet for Varmeisolering er angivet data fra demonstrationsprojektet i Gentofte og fra forsøgsarealet ved Laboratoriet for Varmeisolering.

Tabel 4-1: Målte ydelser for anlægget ved Laboratoriet for Var-
meisolering

Måned	målt sol- indfald 45° syd (5,4 m ²) kWh	Aftappet vandmængde i liter pr. måned	Ydelse kWh	Ydelse kWh/m ²	Dækningsgrad %
Juli 1980	712	5360	233	43	88
August	525	5496	232	43	87
September	620	4483	229	42	89
Oktober	287	6193	147	27	55
November	170	6226	91	17	36
December	90	6467	52	10	20
Januar 1981	153	6775	70	13	26
Februar	258	5932	115	21	48
Marts	303	6318	133	25	50
April	780	4296	254	47	98
Maj	892	-	260	48	98
Juni	602	5099	239	44	93
Året ialt	5392	-	2052	380	66

Det bemærkes at for månederne april til september har dækningsgraden ved de to anlæg været omkring eller over 90%.

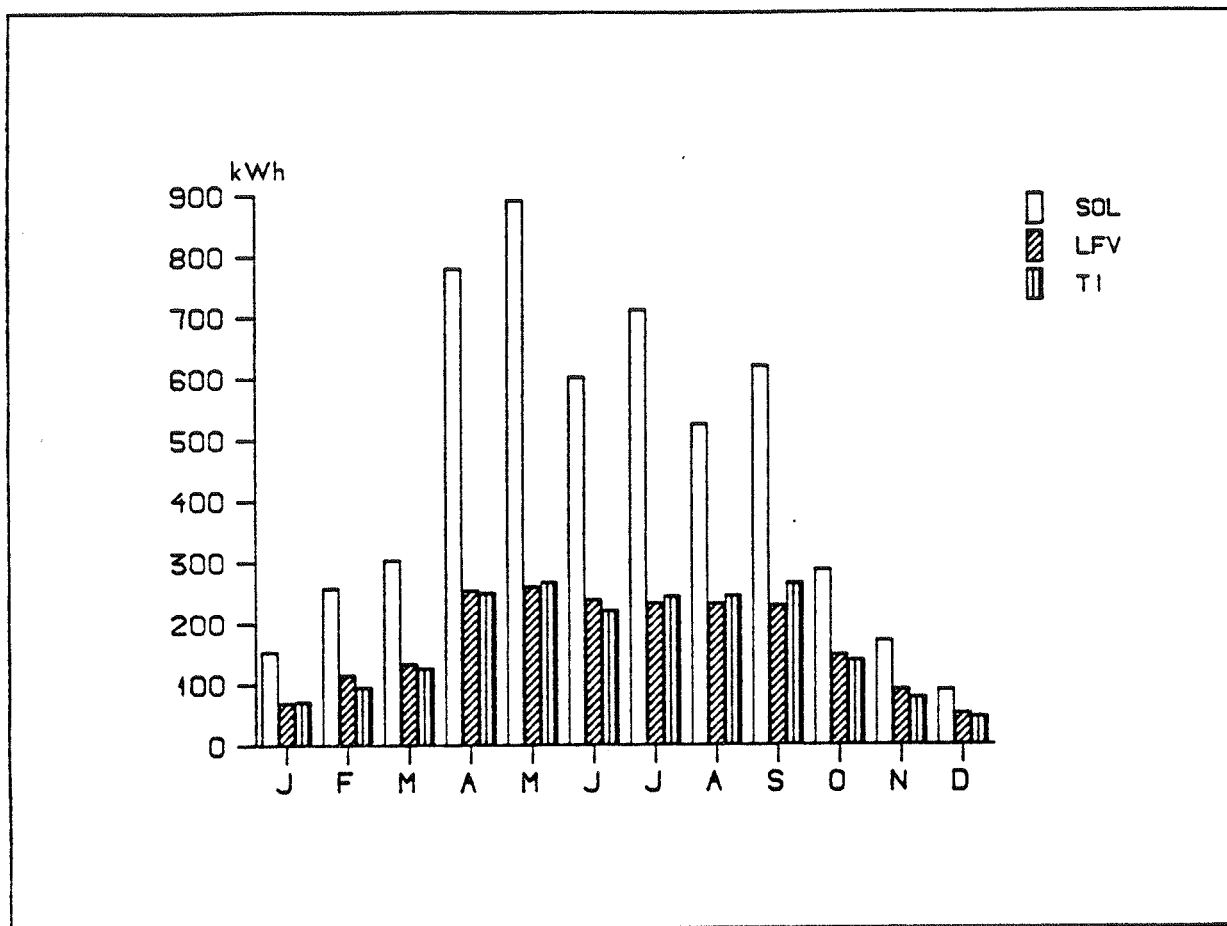
På figur 4-2 er det målte solindfald og ydelsen for de to anlæg optegnet.

Af figur 4-3 fremgår, hvorledes tappetemperaturerne har fordelt sig i måleperioden.

Tabel 4-2: Målte ydelser for anlægget ved Teknologisk Institut

Måned	Målt sol- indfald 45 ° syd (5,4 m ²) kWh	Aftappet vandmængde i liter pr. måned	Ydelse kWh	Ydelse kWh/m ²	Dækningsgrad %
August 1980	524	5988	245	45	84
September	583	5380	265	49	85
Oktober	313	6090	138	26	53
November	178	6090	78	14	30
December	130	6293	46	9	17
Januar 1981	194	6293	72	13	27
Februar	243	5657	95	18	39
Marts	340	6095	126	23	47
April	793	4402	250	46	97
Maj	869	-	267	49	98
Juni	567	5874	221	41	86
Juli	680	-	244	45	91
Året ialt	5414	-	2047	378	64

Der er udarbejdet en EDB-model, som med god nøjagtighed er i stand til at beregne anlæggets ydelse. Der er i de for anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering anførte ydelser i de tilfælde, hvor der har været udfald af målinger (5% af tiden), indsat værdier beregnet med EDB-modellen.

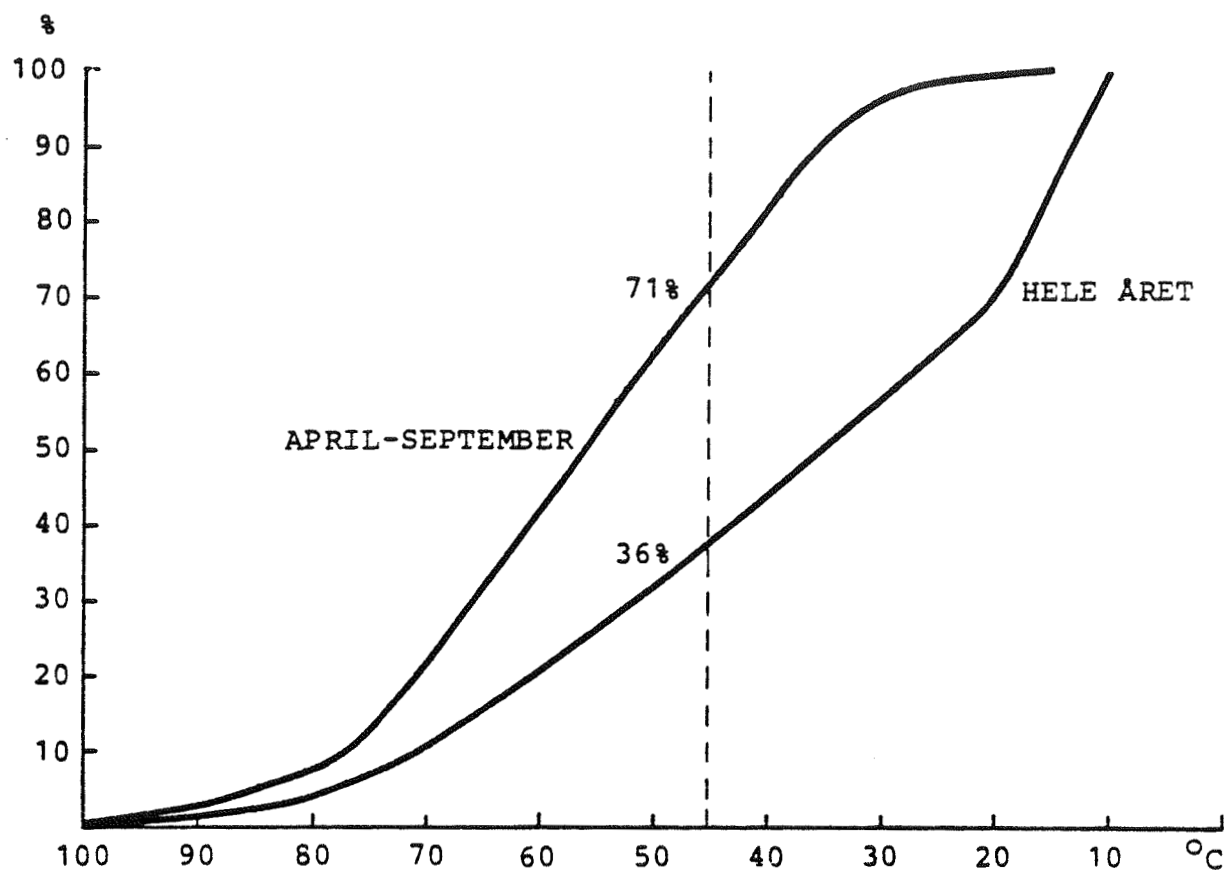


SOL: solindfald målt ved Lab. f. Varmeisolering

LFV: ydelse ved Lab. f. Varmeisolering

TI: ydelse ved Teknologisk Institut

Figur 4-2: Målte solindfald og ydelser



FORDELING AF TAPPETEMPERATURER.

Eksempel: I sommerperioden har tappetemperaturen været større end 45°C i 71% af tiden. For hele året har tappetemperaturen været større end 45°C i 36% af tiden.

Figur 4-3: Fordelingen af tappetemperaturen for anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering

5 Beregninger med EDB-model

5.1 Opbygning af EDB-model

Ud fra det ved Laboratoriet for Varmeisolering eksisterende SVS-program er der udarbejdet en EDB-model, som ud fra målte vejrdata (timeværdier) simulerer anlægget hver halve time. Som det fremgår af figur 5-1, hvor den målte samt den beregnede tappetemperatur er angivet for juli og oktober 1980, er der god overensstemmelse mellem målte og beregnede værdier.

Månedsværdierne fremgår af figur 5-2.

Endvidere er der på figur 5-2 angivet referenceårets månedsværdier i henhold til næste afsnit.

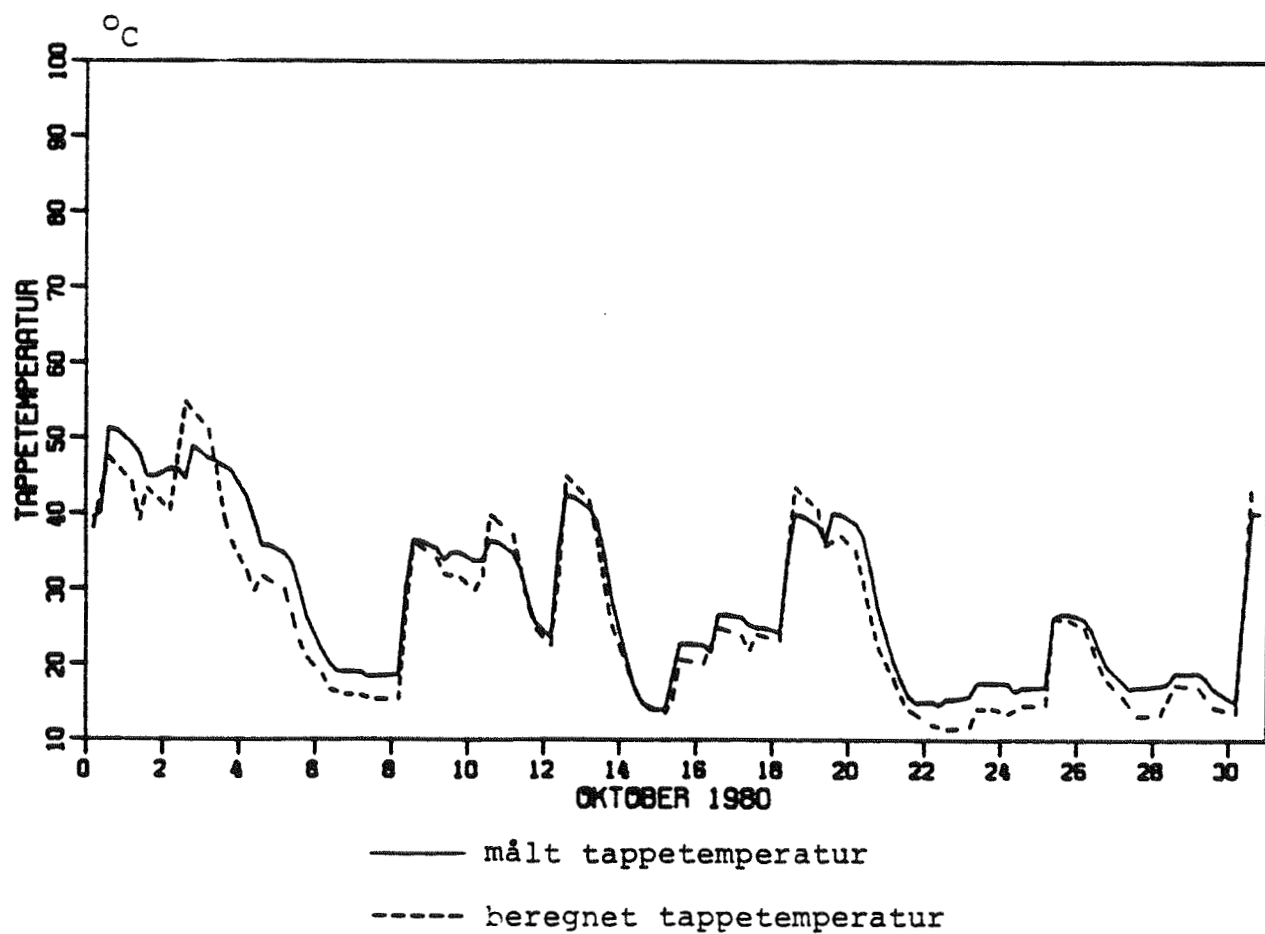
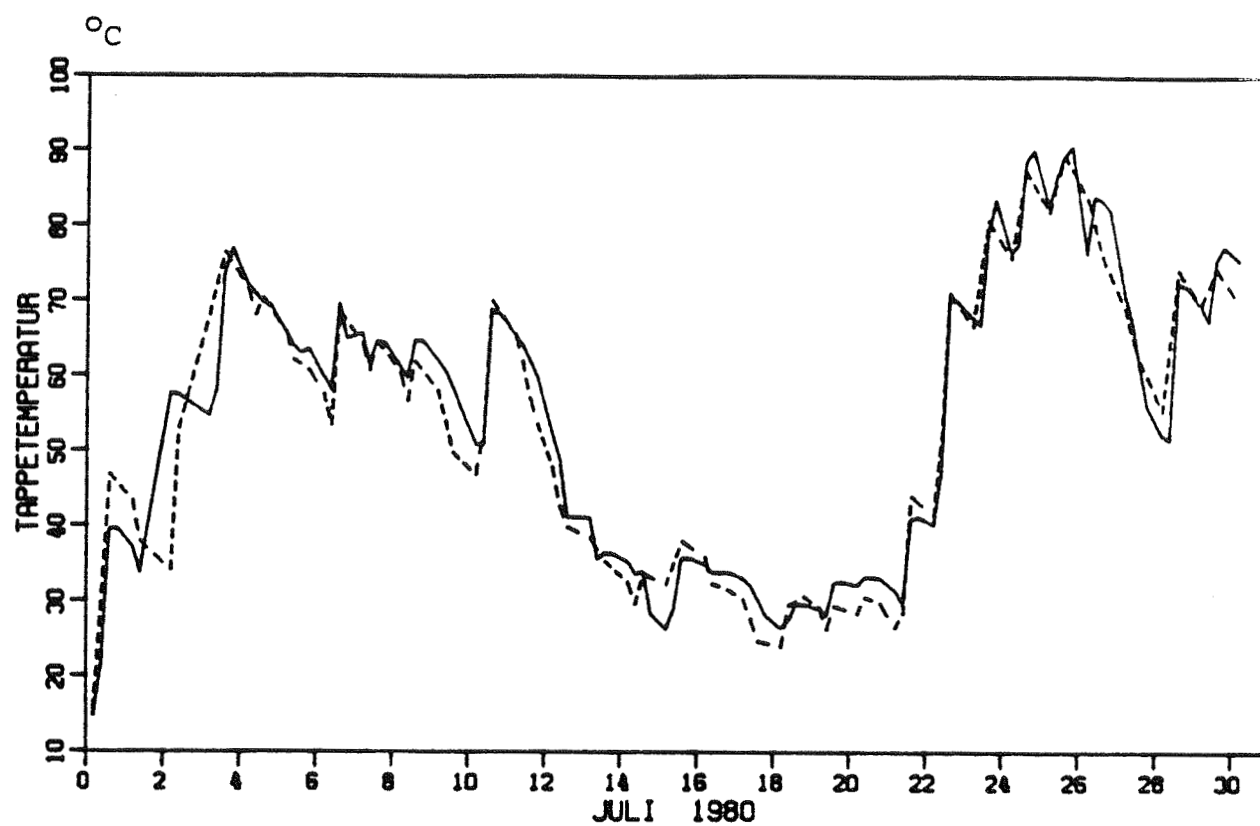
På årsbasis fås:

	Ydelse	Dækningsgrad
Målt	2052 kWh	66%
Beregnet	2011 kWh	64%

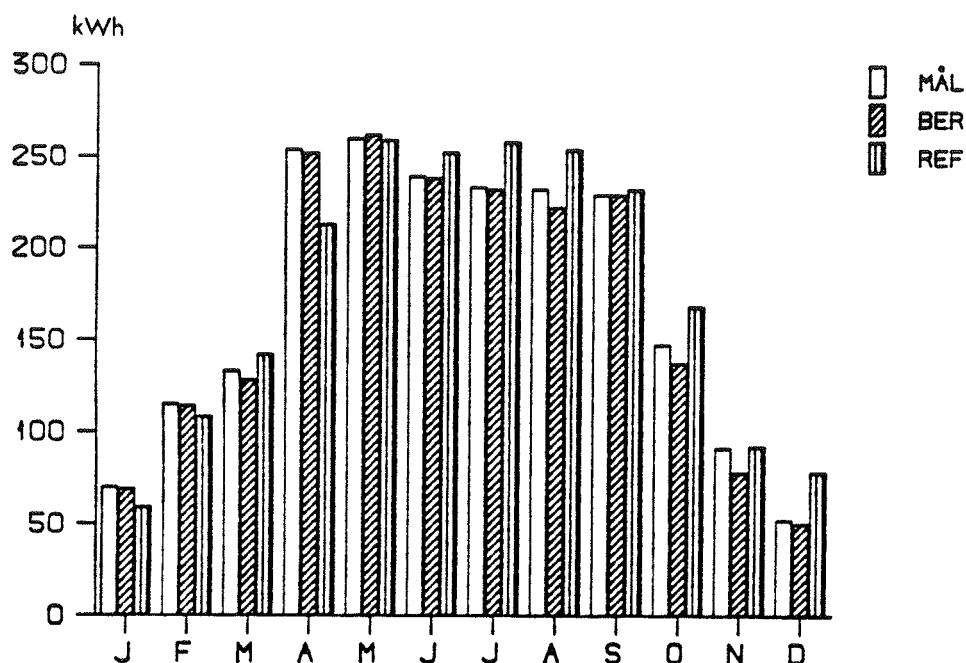
5.2 EDB-model, beregninger af årsværdier m.m.

EDB-modellen kan benyttes til en vurdering af anlæggets årlige ydelse ved andre vejrforhold end det der har været gældende i måleperioden.

De årlige ydelser er udregnet med EDB-modellen for 15 års vejrdata fra Højbakkegård, Tåstrup, for perioden 1959 - 1973 samt for Referenceåret.



Figur 5-1: Sammenligning mellem målt og beregnet tappettemperatur
- juli, oktober



MÅL: målte ydelser

BER: Simulerede ydelser ud fra målte vejrdato

REF: Simulerede ydelser ud fra referenceårets vejrdato

Figur 5-2: Simulerede og målte månedlige ydelser

I tabel 5-1 er angivet ydelserne for henholdsvis det år, der gav lavest udbytte, 1966, det år, der gav højest udbytte, 1973, samt et år med udbytte midt imellem, 1967. Endvidere er angivet ydelserne for Referenceåret, "Danish Test Referenceyear" samt for et år "månedsmidelværdi", som er sammensat af den med hensyn til solindfaldet dårligste januar, den dårligste februar o.s.v. af de 15 års vejrdato.

Tabel 5-1: Arlige ydelser beregnet for forskellige vejrdato-år

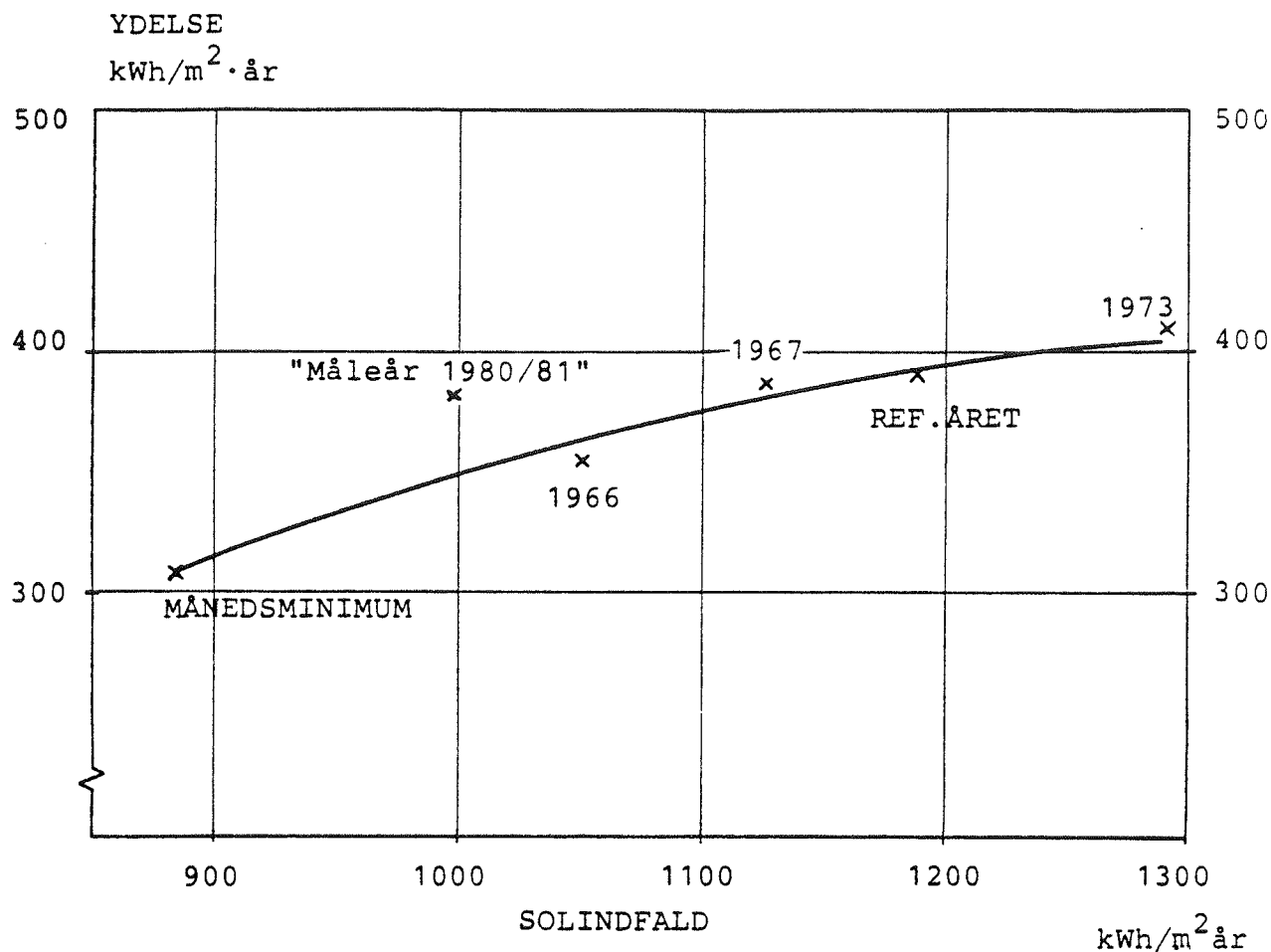
År	Solindfald kWh/m ²	Ydelse kWh/m ²	Dækningsgrad %
1973	1293	410	71
Referenceåret	1189	391	68
1967	1127	387	67
Måleår 1980/81	999	380	66
1966	1051	355	61
"Månedsmín."	884	309	53

Solindfald på 45° hældning, sydvendt, 5.4m².

Værdierne i tabel 5-1 er vist på figur 5-3, hvor yderligere en tilnærmet kurve er indtegnet.

Det ses af tabel 5-1 at der er store forskelle i de forskellige års solindfald og dermed i anlæggets ydelse. Det aktuelle måleårs ydelse ligger nær referenceårets ydelse og ydelsen i 1967. Det konstruerede år "månedsmínimum" er medtaget, da år med ekstremt lave solindfald kan forekomme.

F. eks. er der således for demonstrationsprojektet i Gentofte i året 1. november 1978 - 1. november 1979 målt et solindfald på 947 kWh/m², altså et solindfald der er ca. 100 kWh/m² mindre end solindfaldet i det af de 15 år (1959 - 1973), som er dårligst.

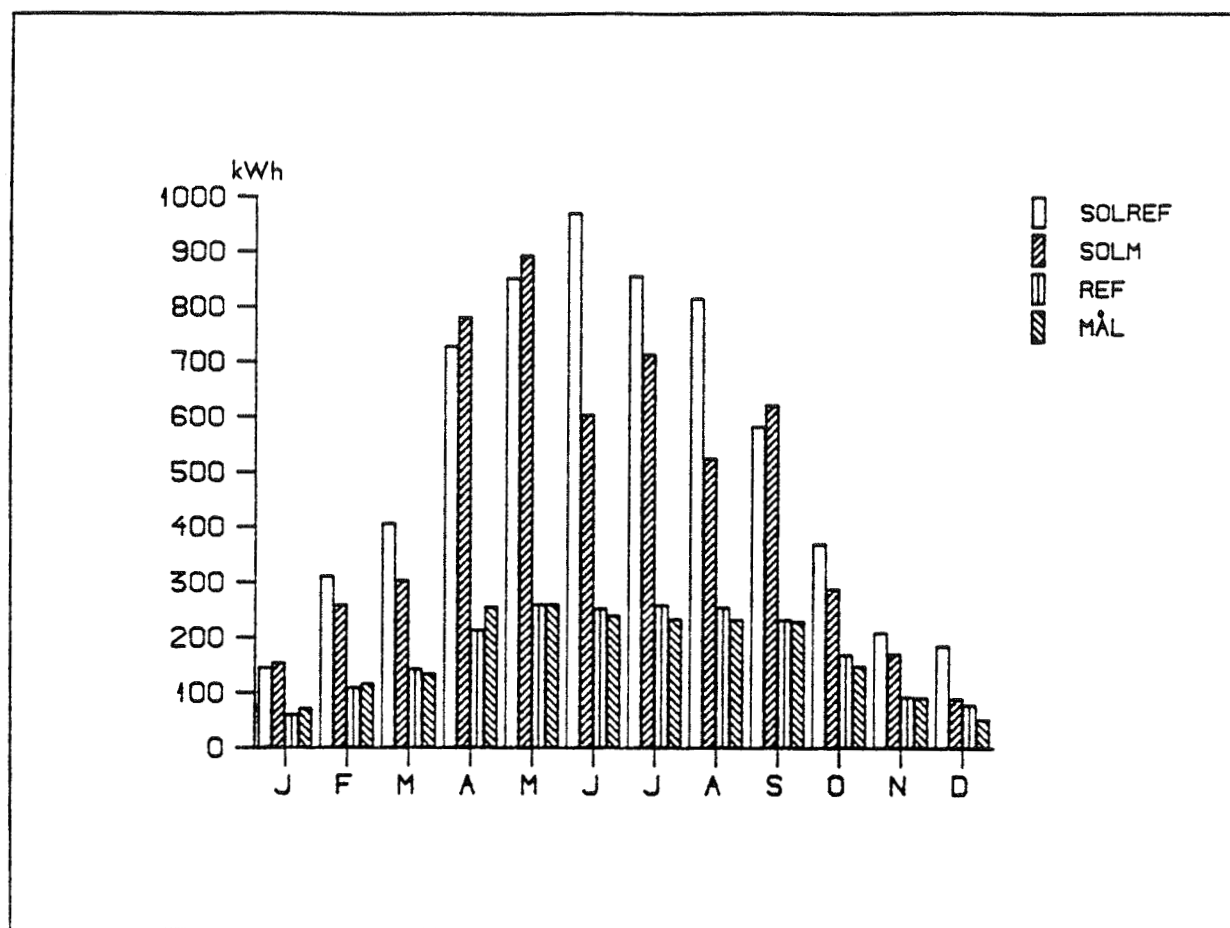


Solvarmeanlæggets ydelse i kWh/år pr. m² solfanger
beregnet for forskellige "vejrdata-år".
Værdierne findes endvidere i tabel 5-1

Figur 5-3: Beregninger af årlige ydelser

Aflæses på kurven i figur 5-3 med dette solindfald fås en ydelse på ca. 330 kWh/m²·år.

På figur 5-4 er måleåret sammenlignet med referenceåret. Det ses, at måleårets solindfald specielt har været lavt i sommermånederne, hvilket ikke har haft stor indflydelse på ydelserne.



SOLREF: solindfald i referenceår

SOLM: solindfald i måleår

REF: referenceårets ydelser

MÅL: måleårets ydelser

Figur 5-4: Solindfald og ydelser i referenceår og måleår

Det ses på figur 5-2 at ydelserne i månederne april-september er specielt høje.

For disse måneder kan der således med Referenceårets vejrdato beregnes en gennemsnitlig dækningsgrad på 94%.

Med en så høj dækningsgrad om sommeren vil det være relevant at forestille sig husets oliefyr slukket i den periode, hvor der ikke er rumopvarmningsbehov, og den sidste del af varmtvandsbehovet kan da eventuelt dækkes med et el-varmelegeme.

5.3 Ændringer i anlægsparametre

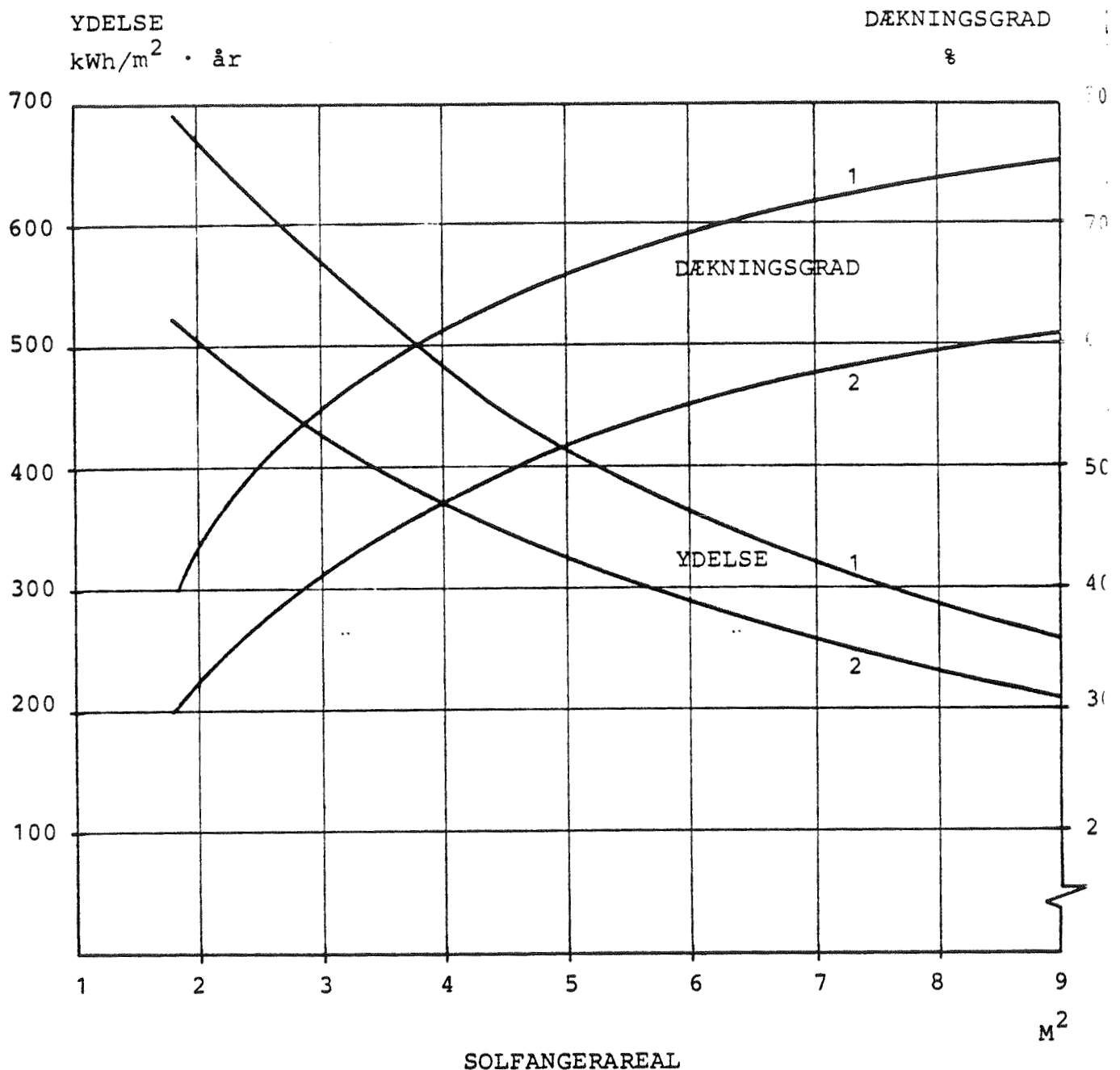
Ved hjælp af EDB-modellen er betydningen af ændringer i en del af anlæggets parametre undersøgt.

5.3.1 Solfangerareal

På figur 5-5 er vist anlæggets ydelse som funktion af solfangerarealet. Som minimum- og maximumareal er benyttet 1,8 m² og 9,0 m² svarende til henholdsvis eet og fem solfangerelementer. Kurverne er vist både for Referenceåret og for det omtalte "månedsmimum" af solindfaldet. Af kurverne fremgår det, at ydelsen med Referenceårets vejrdato varierer mellem 290-690 kWh/m²·år, mens dækningsgraden falder fra 75% til 40%. For "månedsmimum" fås 210-520 kWh/m²·år - dækningsgraden er her 10-15% mindre end for Referenceåret.

5.3.2 Lagervolumen

En ændring af lagervolumenet (med fastholdt solfangerareal) har næsten ingen indflydelse på anlæggets ydelse - et lager på 150 liter giver således en ydelse på 379 kWh/m²·år svarende til et fald på kun 3%. Dette gælder uanset hvilke vejrdato, der benyttes.



Kurve 1. Referenceåret, Solindfald = 1189 kWh/m² · år

Kurve 2. "Månedminimum", Solindfald = 884 kWh/m² · år

Der er som minimum- og maximumareal benyttet 1.8 m² og 9 m² svarende til henholdsvis et og fem solfangerpaneler.

Beregningerne er udført med Referenceåret og "månedminimum" som vejrdata (se afsnit 5.2).

Figur 5-5: Anlægsydelse og dækningsgrad ved varierende solfangerareal

Lagervolumenet er dog ikke bestemt ud fra ydelsen alene. Anlægget skal sikres mod for høje temperaturer ved enten at tappe varmt vand, når temperaturen når en given maksimalværdi, eller ved at køle tanken ned om natten ved cirkulation gennem solfangeren. Sidstnævnte løsning er dog kun af begrænset anvendelighed ved anlæg der som her har varmeveksleren placeret i bunden af tanken. Det vil da kun være muligt at køle volumenet omkring varmeveksleren.

I den førstnævnte løsning, som ikke alle kommuner vil tillade, sættes lagerbeholderens maksimale temperatur til 95°C . I EDB-beregningerne nås denne temperatur kun 4 dage om året med et lagervolumen på 300 liter mod 25 gange med et volumen på 150 liter. De tilsvarende værdier med "månedsmimum" er 0 og 12 dage om året.

Holdes anlægget nede i temperatur ved at køle om natten, sættes den tilladelige lagertemperatur til differensen mellem solfangervæskens kogepunkt og temperaturstigningen i lageret på en klar dag uden forbrug. Med et kogepunkt på ca. 120°C ved et overtryk på 1 bar og en temperaturstigning på ca. 25°C bliver maksimumtemperaturen for en 300-liters beholder som før 95°C . Benyttes en 150-liters beholder, må den køles ned til 70°C - en værdi, der i EDB-beregningerne nås 95 dage om året med Referenceårets vejrdato og 45 gange med "månedsmimum". Det er her forudsat at hele lagervolumenet kan nedkøles.

Som det fremgår af ovenstående, giver det valgte lagervolumen på 300 liter en sikkerhed mod alt for ofte at komme op på den maksimalt tilladelige temperatur. Afhængigt af hvorledes anlægget er sikret mod for høje temperaturer, kunne beholderen dog gøres noget mindre.

5.3.3 Varmeveksleren

For varmeveksleren ved anlægget på Laboratoriet for Varmeisolering er beregnet en varmeovergangskoefficient $\times$ hedefladeareal som funktion af lagertemperaturen t :

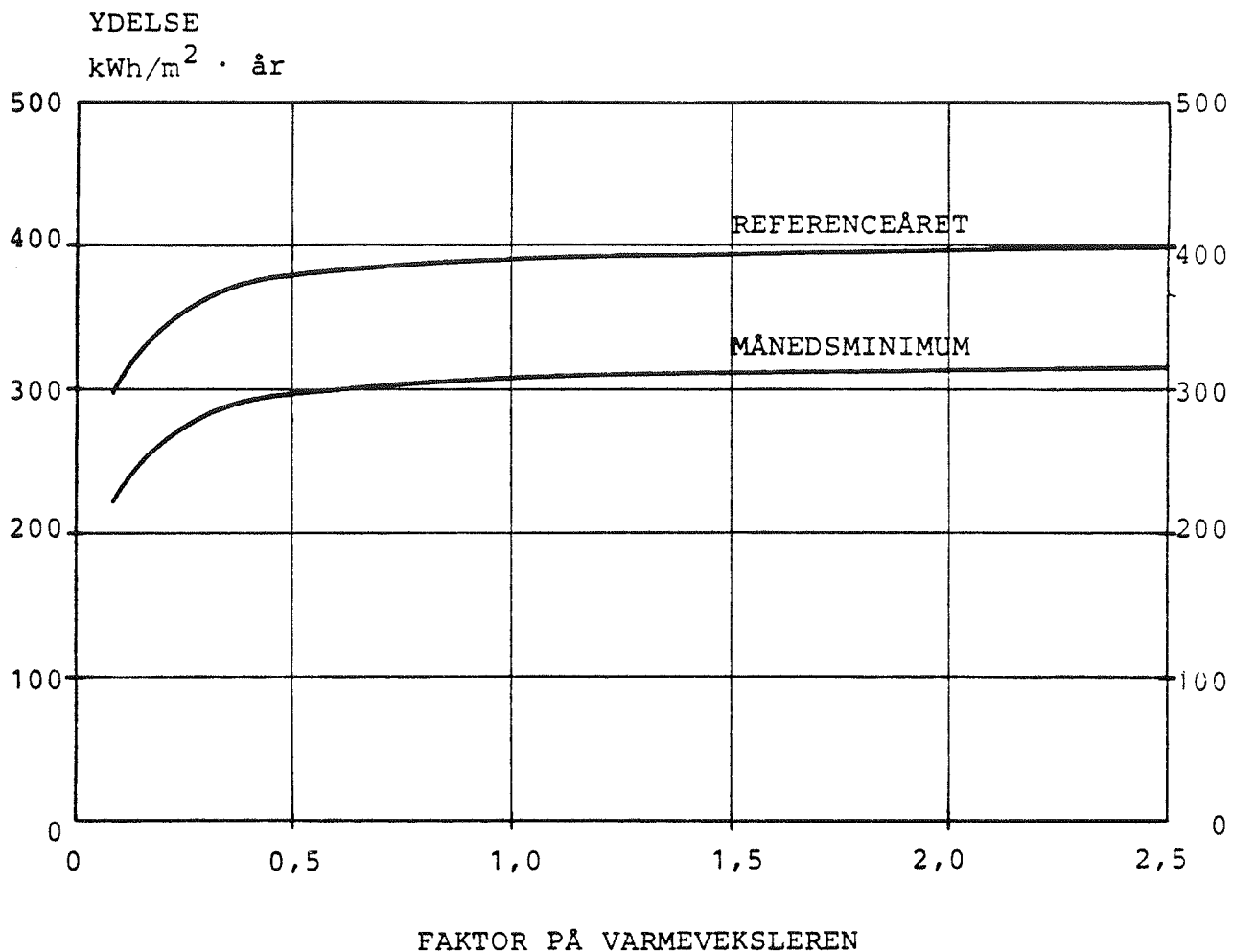
$$k \cdot A = 3,0 \cdot t + 115 \quad (W/^{\circ}C)$$

Før opførelse af anlægget blev der regnet en del på varmeveksleren, som er leveret sammen med lagerbeholderen. Dette blev gjort, fordi varmeveksleren først ved en lagertemperatur på $52^{\circ}C$, når de $50 W/^{\circ}C$ pr. m^2 solfanger, der ofte benyttes som standardværdi. I følge EDB-beregningerne får en ændring af varmevekslerstørrelsen - se figur 5-6 - dog først betydning, når der benyttes en varmeveksler, der er $1/4$ af den aktuelle.

5.3.4 Forbrug

Varmtvandsforbruget er sat til 200 liter/døgn opvarmet $8-45^{\circ}C$. En ændring af forbruget har stor betydning for anlæggets ydelse - med et forbrug på 50 liter/døgn fås således en ydelse på kun $124 kWh/m^2 \cdot \text{år}$, mens et forbrug på 400 liter/døgn giver en ydelse på $600 kWh/m^2 \cdot \text{år}$ (se figur 5-7, fuldt optrukne linier). I dette tilfælde har et mindre årligt solindfald størst betydning ved et stort forbrug, hvor anlægsydelsen reduceres med 25%, mens reduktionen ved 50 liter/døgn kun er 15%.

De store ændringer i ydelsen ved forskellige forbrug udjævnes dog noget, hvis man i betragtningerne medregner, at fordelene ved at slukke oliefyret går tabt ved de store forbrug og små dækningsgrader. På figur 5-7 er dette anskueliggjort ved de stiplede linier. Oliefyrets tomgangstab er her medregnet ydelsen

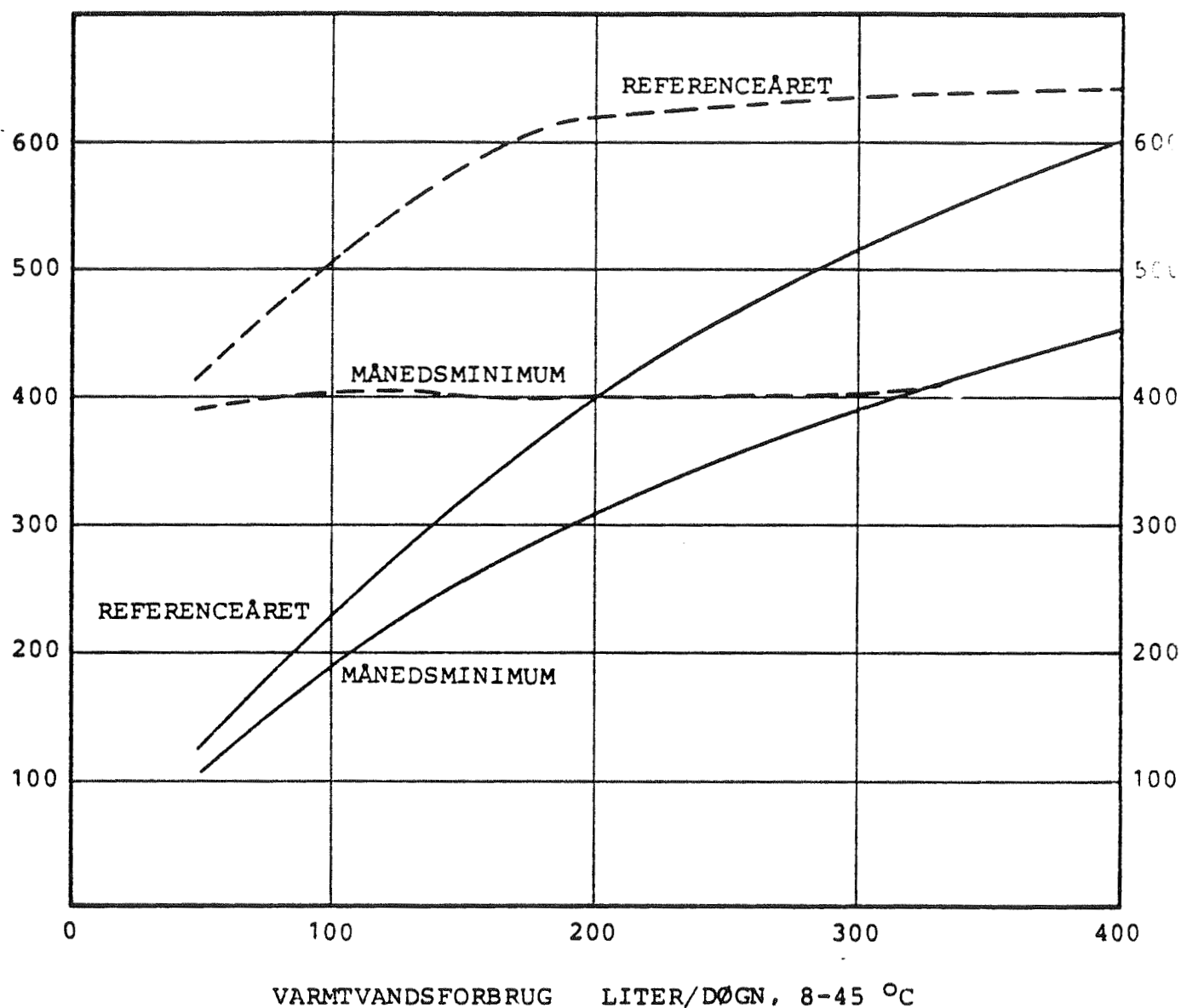


Beregningerne er udført ved at multiplicere varmevekslerens hedebladeareal med en faktor=abcisseværdien (1.0 svarer således til den på Laboratoriet for Var-meisolering benyttede varmeveksler).

Figur 5-6: Anlægsydelse ved varierende varmevekslerstørrelse

på den måde, at hvis dækningsgraden er under 80% i en måned regnes ikke med sparet tomgangstab i denne måned. Hvis dækningsgraden i en måned er mellem 80 og 85% regnes med sparet tomgangstab i 0.25 måned. Hvis dækningsgraden er mellem 85 og 90% regnes med sparet tomgangstab i 0.5 måned. For dækningsgrader mellem 90 og 95% regnes med sparet tomgangstab i

YDELSE

kWh/m² · år

Figur 5-7: Anlægssydelse ved varierende varmtvandsforbrug

0.75 måned og for dækningsgrader over 95% regnes med fuldt sparet tomgangstab. Tomgangstabet er sat til 350 W.

5.3.5 Forbrugsfordeling

Af hensyn til målesystemet er antallet af tapninger begrænset til fire pr. døgn, hvor der hver gang tappes 25% af døgnforbruget. Beregninger med EDB-modellen viser, at dette giver en merydelse på godt 2% i forhold til et "standard-tappe-program", hvor den maximale tapning er 6% af døgnforbruget. Denne forenkling er således uden betydning for måleresultatet.

Det betyder langt mere, at forbruget regnes konstant hver dag - sættes forbruget til nul hver 6. og 7. dag svarende til, at familien ikke er hjemme i weekenderne, bliver ydelsen af anlægget reduceret med 22%. Denne reduktion skyldes dog udelukkende, at forbruget er reduceret med $2/7$. Sættes forbruget op til 280 liter/døgn i de 5 dage der tappes, således at det samlede ugeforbrug er det samme som ved 7 dages tapning, er ydelsen uændret $391 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$. Dette må skyldes, at den lavere drifttemperatur i de 5 dage, hvor der tappes, opvejer de to dage uden forbrug. Ved konstant ugentligt forbrug er fordelingen over ugen altså ved dette anlæg uden betydning for ydelsen.

To ugers ferie i en periode med stort solindfald reducerer udbyttet med 6-7 %, hvilket stort set svarer til det mindre forbrug.

5.3.6 Temperaturforhold

Indløbs- og brugstemperatur er sat til 8°C og 45°C . På figur 5-8 er ydelsen beregnet ved varierende indløbstemperatur. Forbruget i kWh samt enten brugstemperaturen (45°C) eller temperaturforskellen (37°C) er fastholdt. Kurverne er næsten lineære. Ved fastholdt brugstemperatur reduceres anlægsydelsen med ca. 3% for

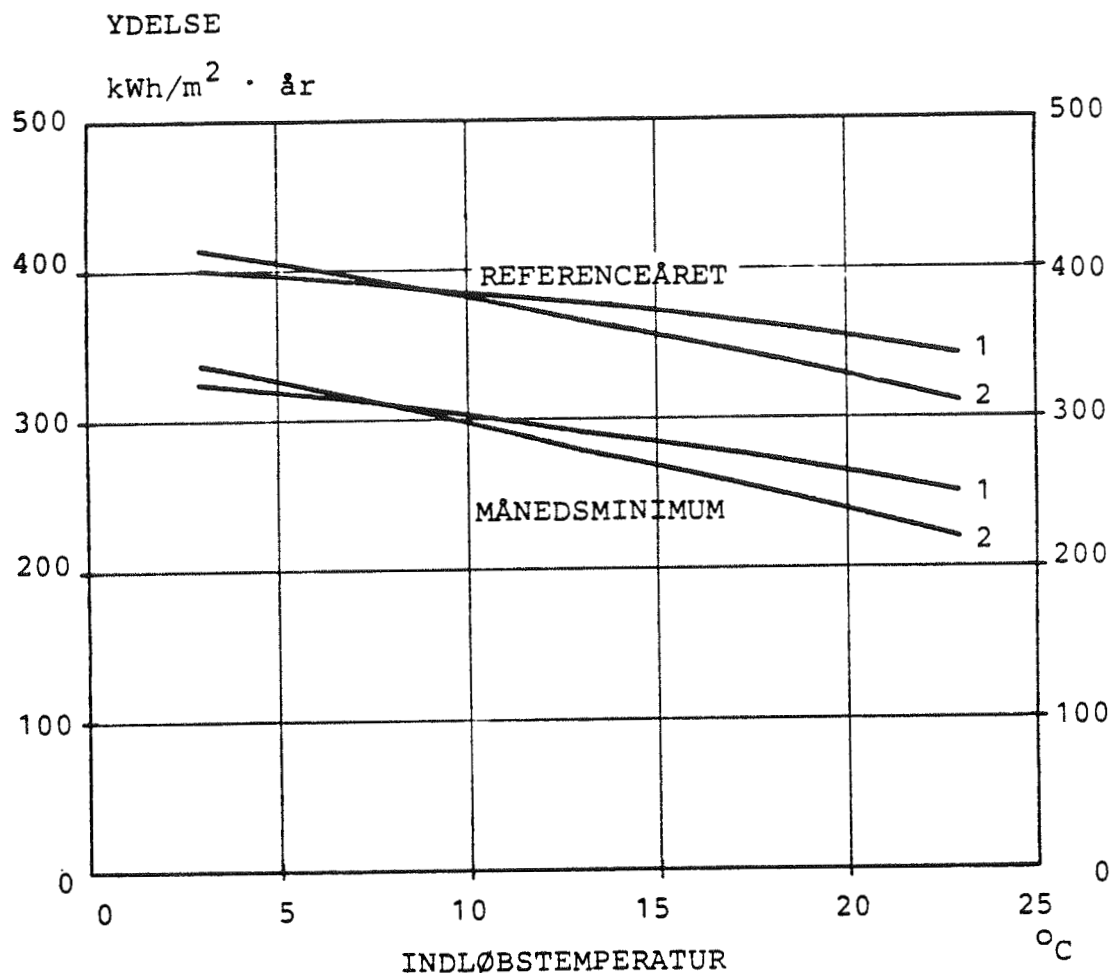
hver 5°C højere indløbstemperatur. Ved konstant temperaturforskell bliver udbyttet ca. 5% mindre for hver 5°C højere temperaturniveau.

5.3.7 Elopvarmning af lagerbeholderen

I perioden april-september leverer solvarmeanlægget med henholdsvis Referenceåret og "månedsmimum" som vejrdato 94% og 83% af forbruget. De resterende 6-17% kunne dækkes ved at opvarme beholderen i toppen med et elvarmelegeme. Antages dette at kunne ske uden opblanding af beholderen, fås ved opvarmning af beholderens øverste trediedel de på figur 5-9 viste ydelser. For anlægget med de 5,4 m² falder udbyttet med 5-6% afhængigt af solindfaldet.

På figur 5-9 er desuden indtegnet elforbruget til elvarmelegemet. På grund af varmeledning til resten af lagerbeholderen og øget varmetab skal der tilføres mere energi end svarende til de manglende 6-17% af varmtvandsforbruget - for anlægget med de 5,4 m² solfanger skal der således tilføres 140 kWh med Referenceårets vejrdato og 360 kWh med "månedsmimum".

Udvides de 6 måneder til hele året, så forbruget dækkes 100%, bliver elforbruget til elvarmelegemet 1180-1650 kWh/år afhængigt af solindfaldet. Ydelsen reduceres med 8-12%.



Ydelsen er vist både for fastholdt brugstemperatur (45°C) og fastholdt temperaturdifferens (37°C).

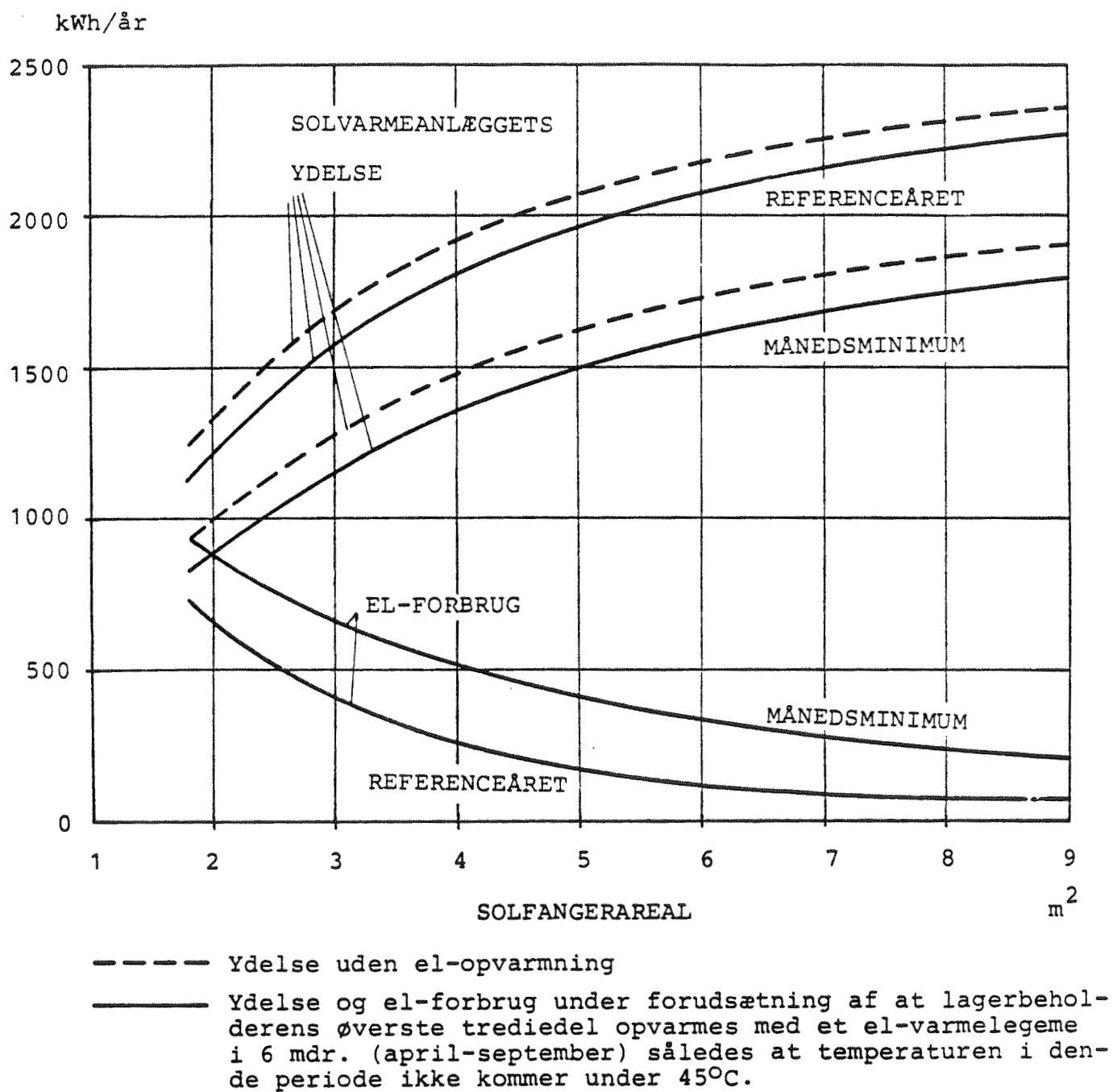
Kurve 1. Brugstemperatur = 45°C

Kurve 2. Temperaturforskel = 37°C

Figur 5-8: Anlægsydelse ved varierende indløbstemperaturer for brugsvandet

5.3.8 Ikke selektiv solfanger

Med den selektive solfanger på 5,4 m² øges anlægsydelsen 11% med Referenceårets vejrdato og 15% med "månedsmimum" i forhold til anlæg med ikke selektiv solfanger. For andre anlægsstørrelser er den procentvise forøgelse noget mindre.



Figur 5-9: Elopvarmning af lagerbeholderens øverste trediedel

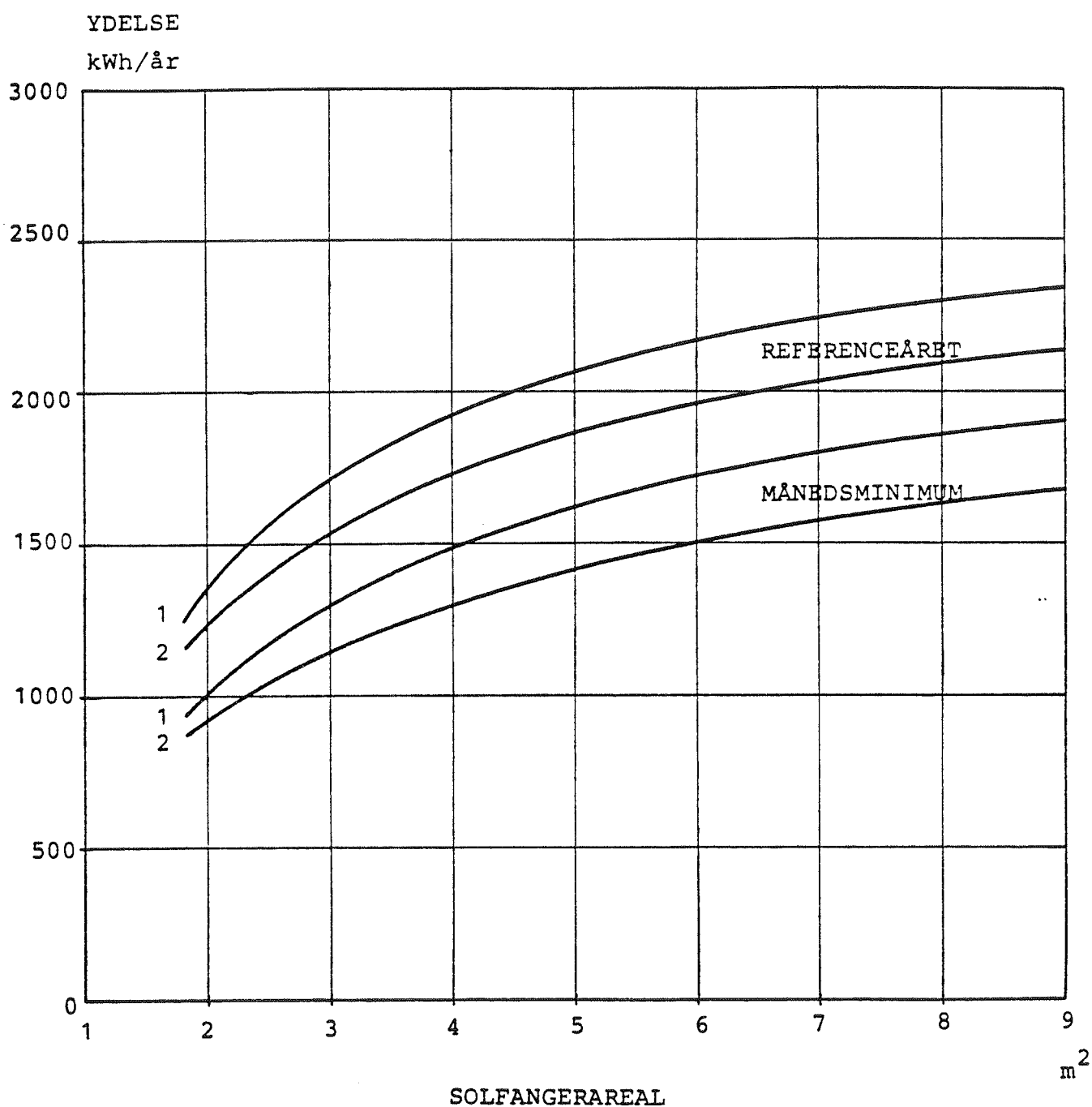
En anden måde at vurdere virkningen af den selektive belægning på er at finde det areal ikke selektive solfangere, der er nødvendigt for at opnå samme ydelse som med de $5,4 \text{ m}^2$ selektive. Af figur 5-10 aflæses dette areal til ca. $8,4 \text{ m}^2$ og $8,8 \text{ m}^2$ - størst areal med "månedsmimum" som vejrdato.

Yderligere opnås med den selektive solfanger større sikkerhed for en høj dækningsgrad om sommeren, hvor et evt. oliefyr ønskes slukket. Dækningsgraden for april-september er med en ikke selektiv solfanger således kun 87% mod de 94% med den selektive. De tilsvarende værdier med "månedsmimum" som vejrdato er 73% og 83%.

5.3.9 Temperaturgradient i lagerbeholderen

EDB-modellen regner lagerbeholderen opdelt i tre lige store lag, hvor solfangeren leverer varme til det nederste lag, og der tappes fra det øverste. Modellen tillader ikke et lag at have højere temperatur end det ovenfor liggende - de to lag regnes i så fald opblandet.

Med denne forenklede model af lagerbeholderens temperaturgradient opnås i mange tilfælde en højere tappetemperatur og en lavere driftstemperatur for solfangeren, end hvis der var regnet med en fuldt opblandet lagerbeholder. Til vurdering af hvor meget større udbytte, der opnås ved på denne måde at udnytte temperaturgradienten, er anlægget beregnet med opblandet lagerbeholder. Beregningerne viser, at ydelsen ved udnyttelse af temperaturgradienten øges med 6-10% afhængig af solfangerarealet - størst forøgelse opnås ved små anlæg.



Kurve 1. Med selektiv belægning på absorberen
 Kurve 2. Uden selektiv belægning på absorberen

Figur 5-10: Ydelse med og uden selektiv belægning på solfangerens absorber

5.3.10 Beregninger med vejrdata for andre lokaliteter

I forbindelse med andre projekter er benyttet vejrdata for andre europæiske lokaliteter. For fire sæt vejrdata er anlæggets ydelse beregnet og sammenlignet med ydelsen i referenceåret. Resultatet af denne beregning, hvor der er benyttet 1-5 elementer a $1,8 \text{ m}^2$, er vist i tabel 5-2.

Med vejrdata for Carpentras i Sydfrankrig, hvor solindfaldet er ca. 50% højere end i referenceåret, fås betydeligt højere ydelser end for de fire andre lokaliteter. Kun to elementer giver en dækningsgrad på 85% - og mere end tre elementer giver kun et ringe merudbytte. De andre fire sæt vejrdata giver næsten samme ydelse, kun Hamborg ligger lidt under - ca. 6% mindre end ydelsen beregnet med referenceåret.

Tabel 5-2: Anlægsydelse med vejrdata for andre lokaliteter

Lokalitet	Nordlig bredde Grader	Arligt solindfald 45°C sydvendt kWh/m ² ·år
1. Carpentras, Sydfrankrig	44,03	1758
2. Trappes, Nordfrankrig	48,48	1209
3. Irland	51,57	1198
4. København	55,41	1189
5. Hamborg	53,30	1101

solfangerareal, m ²	Lokalitet:									
	1		2		3		4		5	
	Y	f	Y	f	Y	f	Y	f	Y	f
1,8	1062	61	726	42	708	41	692	40	651	38
3,6	735	85	543	63	545	63	512	59	481	55
5,4	531	92	416	72	427	74	391	68	368	64
7,2	411	95	333	77	345	80	313	72	297	68
9,0	334	96	275	79	288	83	261	75	248	71

Y = ydelse, kWh/m²·år

f = dækningsgrad, %

6 Anlæggenes økonomi og energibesparende virkning

Ved en økonomisk vurdering må anlæggenes anskaffelsespriser samt deres forventede holdbarhed sammenholdes med den årlige energibesparelse og den årlige driftsudgift.

6.1 Anlæggenes anskaffelsespris

Med baggrund i det forhold at begge anlæg er opført med demonstration af ydelse som formål, samt at der ikke forinden er indhentet tilbud, er det vanskeligt at fastslå anlæggenes opførelsespris. Specielt er det vanskeligt at vurdere hvad håndværkerudgiften (arbejds løn) ville have været under "normale" omstændigheder. Udgifter til lignende anlægs etablering afhænger endvidere af solfangerens placering, rørføring, placering af lagertank samt tilkobling til det øvrige varmeanlæg.

For de to anlæg opført i dette projekt kan siges, at de konstruktive løsninger, der er benyttet, er af samme pris eller kun uvæsentligt dyrere end andre løsninger af normal praksis. Eventuelt medfører den enkle systemløsning samt det ringe solfangerareal endog en samlet billiggørelse for anlægget som helhed i forhold til normal praksis for anlæg af denne type.

Et tilsvarende anlæg er i august 1981 under opførelse på et parcelhus i Gl. Holte, hvor den samlede pris bliver 26.000 kr. inklusiv moms. Heraf andrager de 16.000 kr. udgifter til komponenter, medens resten er arbejds løn.

Den selektive folie, der er benyttet til solfangeren, har en materialepris på ca. kr. 100 til kr. 150 pr. m² ved indkøb af større partier, ved det nuværende prisniveau. Ved anvendelse af

folien på aluminiumsabsorbere er malerbehandling af absorberpladen til dels overflødig.

6.2 Anlæggenes energibesparelse og oliefortrængning

I det følgende vurderes anlæggenes årlige energibesparelse og oliefortrængning. Der benyttes de målte ydelser, idet disse af afsnit 5-2 vurderes at være repræsentative for ydelser under danske vejrforhold. Anlægget har på et år leveret 2052 kWh. Til drift af anlægget er der medgået 200 kWh-el til cirkulationspumpen.

I et el-opvarmet hus vil der til besparelsen kunne medregnes sparet varmetab til varmtvandsbeholderen, ca. 200 kWh. Den samlede besparelse vil altså i et el-opvarmet hus kunne anslås til 2052 kWh-el.

Er brugsvandsanlægget installeret i forbindelse med en oliefyret kedelunit, vil der opnås en besparelse som følge af, at fyret kan afbrydes i en periode om sommeren. Endvidere skal der for at beregne den sparede oliemængde tages hensyn til fyrets nyttevirkning. Perioden, hvor der kan slukkes for oliefyret, bestemmes af behovet for rumvarme. Der kan regnes med 4 1/2 måned fra begyndelsen af maj til slutningen af september.

I denne periode har anlæggene kunnet levere 91% af forbruget til varmt brugsvand. De sidste 9% kunne, hvis beboerne da ikke vil affinde sig med et par dage med lunkent vand, dækkes med et lille elvarmelegeme øverst i beholderen. Er fyret afbrudt i 4 1/2 måned, skal elvarmelegemet levere 150 kWh. Med "månedsmimum" som vejrdato skal varmelegemet levere 270 kWh.

Det antages, at fyret er afbrudt i 4 1/2 måned. Det årlige energiregnskab kommer da til at se således ud:

Q1 varmtvandsforbrug uden for fyringssæson	1170 kWh
Q2 nyttiggjort solvarme i fyringssæson	980 kWh
Q3 sparet tomgangstab - 4 1/2 mdr.(350 W)	1150 kWh
Q1 + Q2 + Q3	3300 kWh

Fortrængt oliemængde $3300 / (9,85 \cdot 0,85) =$	394 l olie
eller	73 l olie/ m ²

Q4 el-forbrug til solfangerpumpe	120 kWh
Q5 el-forbrug til oliefyr (4,5 mdr.)	15 kWh
Q6 el-forbrug til el-varmelegeme	150 kWh

Merforbrug el, Q4 - Q5 + Q6	255 kWh
-----------------------------	---------

Tomgangstabet er summen af radiatortabet og gennemtrækstabet, her sat til 350 W svarende til en nutidig kedelunit. Nyttevirkningen, der benyttes til beregning af oliefortrængningen udtrykker kun røgtabet, hvorfor tomgangstabet også skal divideres med denne. Nyttevirkningen er sat til 85%. De 9,85 er den nedre brændværdi for olie i kWh/l.

Den fortrængte oliemængde angiver den mængde olie, der skulle have været brugt ekstra, hvis oliefyret skulle have leveret den energimængde, der er sparet ved at installere solvarmeanlægget.

Ovenstående beregninger kan også udføres for et ældre oliefyr, hvor tomgangstabet sættes til 600 W og fyringsnyttevirkningen til 80%. Man vil her opnå en energibesparelse (Q1 + Q2 + Q3) på 4130 kWh svarende til $4130 / (9,85 \cdot 0,8) = 524$ l olie. El-forbruget vil være det samme.

For at angive besparelsen i et tal kan de 255 kWh el i henhold til forholdet mellem primærenergiforbruget for olie og el medregnes som 510 kWh olie eller 60 liter olie.

Man får følgende fortrængte oliemængder:

Ny kedelunit 394-60 liter olie = 334 l olie eller 62 l olie/m² solfanger

Eldre kedel 524-60 liter olie = 464 l olie eller 86 l olie/m² solfanger

7 Udnyttelse af erfaringerne

Nogle af de erfaringer der er opnået med projektet og som er beskrevet i det foregående, er forsøgt sammenfattet i dette kapitel, med henblik på en praktisk udnyttelse af erfaringerne ved opførelse af brugsvandssolvarmeanlæg.

7.1 Systemløsning

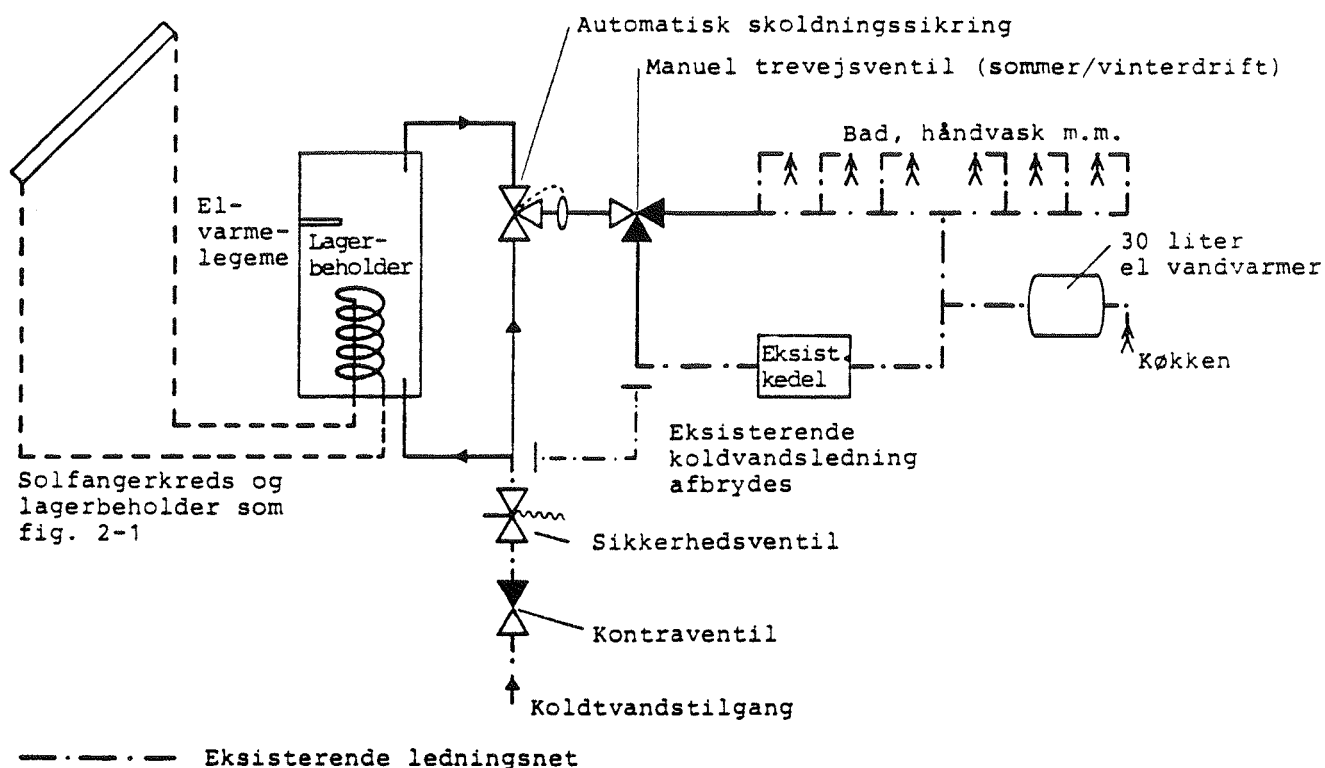
Det må anses for ønskværdigt med en enkel systemløsning. På figur 7-1 er vist et eksempel på, hvorledes systemet kan tilsluttes til et eksisterende opvarmningssystem.

I fyringssæsonen (d.v.s. når der er rumopvarmningsbehov) fungerer solvarmebeholderen som forvarmebeholder til den eksisterende kedel.

Om sommeren er den eksisterende kedel slukket, og den manuelle trevejsventil er drejet, så det varme vand ikke løber gennem kedlen.

Endvidere er der om sommeren tændt for den supplerende opvarmning. På figur 7-1 er der vist to muligheder for supplerende opvarmning, begge ved hjælp af el:

- a) el-varmelegeme i den øverste trediedel af beholderen. Herved kommer den øverste del af beholderen ikke under en temperatur på f.eks. 45°C
- b) 30 liter el-vandvarmer i køkkenet.
Herved holdes kun køkken-tapstedet over en vis temperatur.
Det kan altså i nogle få dage om sommeren ske at komforten med hensyn til bad m.m. må sænkes.



Figur 7-1: Principdiagram: Tilkobling til eksisterende varmtvandssystem

På Laboratoriet for Varmeisolering er der et demonstrationsprojekt under udførelse, hvor begge opvarmningsmuligheder efterprøves i praksis.

7.2 Solfangeren

De seneste års udvikling på solfangermarkedet i Danmark har medført fremkomsten af nogle solfangerfabrikater, som især er gode med hensyn til ydelsen.

Effektivitetskurven for den benyttede solfanger er vist på figur 2-3.

Det må anbefales at benytte solfangere med samme gode kvalitet og ydelse. Hvis der anvendes solfangere uden selektiv belægning, kan en mindre pris eventuelt retfærdiggøre den mindre ydelse jvf. figur 5-10.

Parametervariationerne der er udført i denne rapport viser at solvarmeanlæggets ydelse hovedsageligt er bestemt udfra solfangerens størrelse og varmtvandsforbrugets størrelse. Lagerbeholderens størrelse og varmevekslerens størrelse er således ikke særlig betydende for anlæggets ydelse når blot disse udføres godt og størrelsesmæssigt holdes indenfor visse grænser.

På figur 7-2 er derfor optegnet et diagram, hvorefter solvarmeanlæggets solfangerareal kan bestemmes udfra den ønskede dækningsgrad samt varmtvandsforbruget.

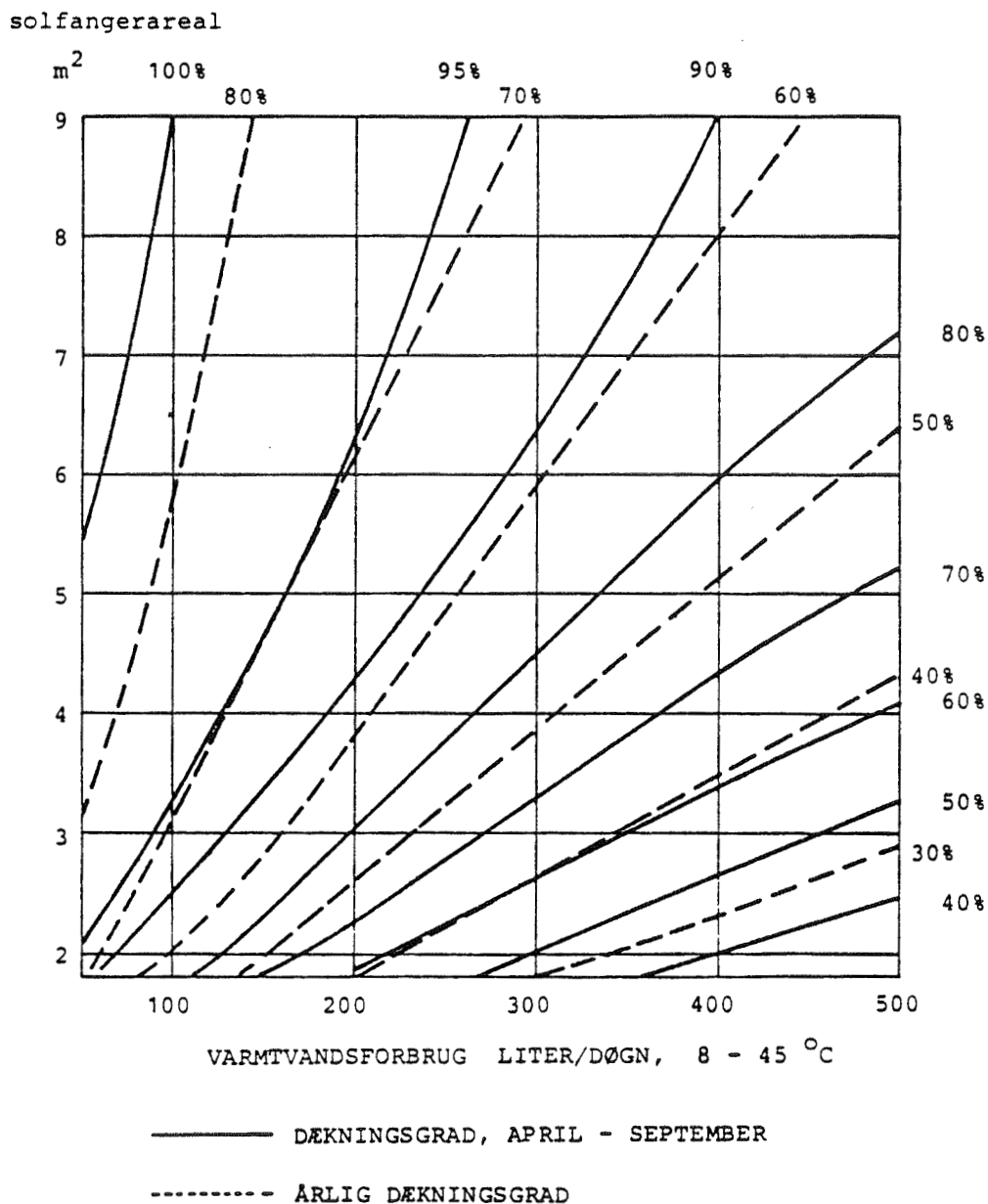
Solfangerarealet kan dels bestemmes udfra dækningsgraden om sommeren, dels ud fra den årlige dækningsgrad.

Hvis solvarmeanlægget skal supplere et oliefyr, som skal slukkes om sommeren vil det være rimeligt, at bestemme arealet ud fra dækningsgraden om sommeren som f.eks. så sættes til mellem 90 og 95%.

Eksempel:

Hos en familie har man målt, at forbruget af varmt brugsvand svarer til 300 liter vand opvarmet fra 8°C til 45°C.

Der ønskes installeret et solvarmeanlæg, som kan dække 90% af varmtvandsforbruget om sommeren, hvorved oliefyret kan slukkes. På figur 7-2 aflæses det nødvendige solfangerareal til 6,4 m²



Forudsætninger: Referenceårets vejrdata, solfanger med effektivitet som figur 2-3, sydvendt, 45° hældning, 300 liter lager, lagdelt, lille varmetab, tilstrækkelig varmeveksling.

Figur 7-2: Solfangerareal - dækningsgrad - varmtvandsforbrug

I praksis må der vælges et vist antal solfangerelementer, f.eks. 4 elementer a 1,8 m² d.v.s. 7,2 m² ialt. Sommerdækningsgraden

for de $7,2 \text{ m}^2$ interpoleres mellem de fuldtoptrukne linier. Dette giver 92%. Den årlige dækningsgrad interpoleres mellem de stiplede linier. Herved fås 64%. Solvarmeanlæggets ydelse på årsbasis bliver $300 \cdot (45-8) \cdot 365 \cdot 0,64 \cdot 1,163 \cdot 0,001 \text{ kWh} = 3015 \text{ kWh}$ eller $(3015/7,2) \text{ kWh/m}^2 \text{ solfanger} = 418 \text{ kWh/m}^2 \text{ solfanger}$.

7.3 Lagerbeholder og varmeveksler

Som det fremgår af afsnit 5.3.2. har lagervoluminet ikke afgørende betydning for anlæggets ydelse blot det holdes over en vis minimumsstørrelse.

Derimod har lagervoluminet betydning for størrelsen af de temperatursvingninger som vil fremkomme i lageret.

For ikke for ofte at få kogning i lageret vil et volumen på 200-300 liter ved et forbrug på 200 liter pr. døgn være passende.

Det er afgørende at lageret er af en god kvalitet med hensyn til varmetab. Det er således vigtigt at kuldebroerne befinder sig i bunden af beholderen samt at der ikke kan forekomme selvcirkulation ud i rørforbindelserne. Ved de benyttede beholdere var varmekoefficienten på $1-1,5 \text{ W/}^\circ\text{C}$. Ved forsøgenes start var der kun en af de i handelen værende beholdere, som måtte anses for tilstrækkelig god med hensyn til varmetabskoefficienten.

Endvidere skal beholderen være høj og slank så der kan opnås god temperaturlagdeling. Dette må også sikres ved at indgangen af det kolde brugsvand er forsynet med en prelplade til at forhindre stor omrøring i vandet. Endelig må varmeveksleren være placeret så tæt som muligt ved bunden af beholderen, således at varmevekslingen kan finde sted ved så lave temperaturniveauer som muligt.

Varmeveksleren kan være udført af kobberrør, eventuelt med ribber. Varmeveksleren bør eventuelt kunne tages ud og renses for kalkafsætninger.

Varmtvandsbeholderen skal på de rigtige steder også være forsynet med dyklommer til temperaturføler, termometer og eventuelt el-varmelegeme.

7.4 Solfangerkredsen

Ved valg af rørmateriale må der nødvendigvis tages hensyn til korrosionsforholdene. Ved de byggede anlæg har det vist sig at være en god løsning at anvende bløde kobberrør. Det er vigtigt at begrænse rørstrækningernes længde og det er ligeledes en fordel at vælge små dimensioner. Det nødvendige flow og flowfordelingen må da sikres ved beregninger. Et flow mellem 0,5 og 1,0 liter/min. m^2 vil være passende.

Solfangerpumpen skal kunne tåle temperaturforholdene der arbejdes under. Solfangervæsken skal endvidere frostsikres med propylenglucol. Man må da være opmærksom på at pumpe og ventiler m.m. kan tåle glucolen. Især har det vist sig at mange af de almindeligt benyttede kontraventiler ikke kan holde tæt ved benyttelse af glucol.

Solfangerkredsen forsynes med de nødvendige udluftningsventiler, sikkerhedsventil, ekspansionsbeholder, tappeventil m.m. Endvidere skal solfangerkredsen forsynes med to termometre, eet ved indløb og eet ved udløb fra varmeveksleren.

Solfangerkredsen isoleres omhyggeligt, også omkring ventiler m.m. Det er her en god ide at pumpe, diverse ventiler m.m. anbringes under beholderen, hvorved disse kan isoleres under beholderens kabinet.

7.5 Styring

Der vælges en driftssikker differensstyring, hvor stopdifferensen kan indstilles ned til $0-1,0^{\circ}\text{C}$. Følerne skal være rimeligt nøjagtige og den ene placeres i solfangeren så den dels viser solfangerens temperatur når pumpen ikke kører, dels udløbstemperaturen fra solfangeren når pumpen kører. I praksis vil føleren kunne anbringes i kontakt med absorberpladen nær solfangerens udløb.

Føleren i tanken anbringes enten i en højde der svarer til varmevekslerens tyngdepunkt eller som beskrevet ved anlægget ved Teknologisk Institut.

8 English summary

The experiences obtained from the Danish solar energy programme has proved that the energy production from the solar systems has been smaller than expected from the calculations.

The programme has also shown that improvements can be made to increase the productivity.

The experiences have been used to design two small solar systems to produce domestic hot water.

Two such systems have been built during the summer 1980 at the Thermal Insulation Laboratory and at the Technological Institute, both institutions near Copenhagen.

Measurements have been made on both systems for one year. The systems consist of a 5.4 m^2 flat plate solar collector with a selective absorber and a 300 liter water storage with a heat exchanger.

The system has been loaded with what corresponds to the daily hot water consumption, i.e. 200 liter water heated from 8°C to 45°C . This is supposed to be a normal consumption for a family with 4 members. The result of the measurements made is

Solar energy used	380 kWh/m ² ·year
for hot water	

Solar fraction of	66%
hot water	

If the solar system is combined with an oil burner it will be possible to turn off the oil burner during the summer. In this

way it will be possible to save 62 liter oil/m²·year if the oil burner is new (no-load loss 350 W), or 86 liter oil/m²·year if the oil burner is old (no-load loss 600 W)

The solutions used for the system will not be more expensive than common solutions and the durability is equal to that of other systems. The components are, furthermore, available on the market.

In the report the system is described. It has a high productivity because of the following facts

- the system has been dimensioned for the actual hot water consumption
- the solar collector has a high efficiency
- there are small heat losses from storage and tubing
- stratification in storage
- an efficient control system

Calculations have been made and the systems have been simulated accordingly and the results have been very close to the measured results.

The calculations have been used to make analysis of variations in system parameters. These results are also given in the report.

Bilag 1 Anlægget ved Laboratoriet for Varmeisolering

Solvarmeanlæggets komponenter

Solfanger

Fabrikat:	HS-Kedler
Dæklag:	1 lag glas
Absorber:	Roll-bond aluminium kanalplade med selektiv belægning "maxorb solar foil". absorptionskoefficient større end 0.95 emissionskoefficient mindre end 0.12
Areal:	5.4 m ² (3 paneler).

Lagerbeholder

Fabrikat:	Solarmatic
Rumindhold:	300 liter
Dimensioner:	80 x 80 x 175 cm (inclusive isolering)
Udførelse:	Rilsanbehandlet stålbeholder med dæksel i bunden, hvori varmeveksler og rørindføringer er placeret. Beholderen er anbragt på en stålramme, således at kuldebroerne er i bunden af beholderen.

Beholderen og isoleringen er anbragt i et kabinet. Pumpe, rørforbindelser, ekspansionsbeholder, ventiler m. m. er indesluttet i kabinettet.

Isolering: Gennemsnitligt 50 mm mineraluld mellem beholder og kabinet. Der er efterisoleret med 50 mm polystyrenplader uden på kabinettet.

Varmetabskoefficient: Denne er ved en enkelt måling fundet til 1.3 W/°C.

Solfangerkredsen

Rørdimensioner: Rørstrækning 1 og 2: 5.2 m 0.15 kobberrør.
Rørstrækning 3: 2.0 m 0.18 kobberrør. Rørstrækning 4: 2.0 m 0.15 kobberrør.

Varmeveksler: 9 m kobberribberør bøjet i spiral.

Væske: Pkl 300 (propylenglucol).

Væskemængde:	Solfanger	3.5 liter
	Rør	2.2 liter
	Varmeveksler	1.8 liter
	I alt	7.5 liter

Ekspansionsbeholder: 8 liter, 6 bar

Pumpe: SMC Commodore 130-45 W.

Kontraventil: Kugleventil (CN)

Isolering: Rørstrækning 1 og 2: 60 mm Armaflex.
Rørstrækning 3 og 4: 22 mm Armaflex.
Varmetabskoefficient rør: $2.1 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$ (beregnet).

Styring

Der benyttes en styring med 4 følere (se figur 2-1):

1 føler på limet bagsiden af absorberen.

1 føler placeret indvendig i beholderen i en messingklods anbragt termisk isoleret fra beholderen i en højde midt for varmeveksleren.

1 føler placeret i dykrør ved indløb til varmeveksler.

1 føler placeret i dykrør ved udløb fra varmeveksler.

Startdifferens: 1°C

Stopdifferens: 0.3°C

Som følere benyttes termoelementtråd i forbindelse med at styringen forestås af mikrocomputeren.

Der er endvidere placeret Ni 100 modstandsfølere til brug for en senere benyttelse af en differenstermostat.

Bilag 2 Anlægget ved Teknologisk InstitutSolvarmeanlæggets komponenterSolfanger

Fabrikat:	HS-Kedler
Dæklag:	1 lag glas
Absorber:	Roll-bond aluminium med selektiv belægning "maxorb solar foil". absorptionskoefficient større end 0.95 emissionskoefficient mindre end 0.12

Lagerbeholder

Fabrikat:	Ajva
Rumindhold:	300 liter
Dimensioner:	ø70 cm x 220 cm (inclusive isolering og ben)
Udførelse:	Stålbekholder med dæksel i bunden, hvor i varmeveksler og rørindføringer er placeret. Beholderen er påmonteret stålrørsben (l = 45 cm). Benene er påmonteret bunddækslet med en nip- pelmuffe af plast, for termisk adskillelse mellem beholder og ben.

Isolering: 100 mm mineraluld afsluttet med pap og lærred.

Varmetabskoeffiociënt: ca 1.0 W/°C (målt ved temperaturfald over en uforstyrret periode).

Solfangerkredsen

Rørdimensioner: Rørstrækning mellem solfangere og varmeveksler i alt 19.5 m udført i 16/18 kobberrør.

Varmeveksler: 28 m 16/18 kobberrør i to parallelforbundne spiraler.

Væske: PKL 300 (propylenglycol)

Væskemængde:	Solfanger	3.5 liter
	Rørsystem	3.9 liter
	Varmeveksler	5.6 liter
	I alt	13.0 liter

Ekspansionsbeholder: 8 liter, 0.5 bar fortryk

Pumpe: Grundfoss type UPS, C 20-60 VC

Motorventil: Honeywell zone ventil, V 4043 H 11-22

Isolering: 30 mm mineraluld afsluttet med pap og lærred.

Afspærringsventiler: SAV membranventiler

Indreguleringsventiler: TA type STA-T

Styring

Fabrikat og type:	Je-bu type 2
Følere:	Ni 100 modstandsfølere
Startdifferens:	ca 1.5°C
Stopdifferens:	ca 0.5°C

Bilag 3 Energiministeriets solvarmeprogramProjektorganisationStyregruppe:

Energiministeriet har fra september 1981 udpeget følgende styregruppe for solvarmeprogrammet:

V. Korsgaard, professor, Laboratoriet for Varmeisolering, DTH, (formand).
P. Ahrenst, kontorchef, Boligselskabernes Landsforening.
P. Alling, direktør, Dansk Solvarme K/S
E. Christoffersen, afdelingsleder, Statens Byggeforskningsinstitut.
P. Dirks, afdelingsingeniør, Dansk Kedelforening.
J. Fischer, direktør.
K. Hallgreen, ingeniør, Danfoss A/S.
J. Houmann, civilingeniør, Energiministeriet.
E. Jerking, Byggestyrelsen, energikontoret.
N.I. Meyer, Professor, Fys.Lab. III, DTH.
J.S.R. Nielsen, civilingeniør, Birch og Krogboe
V.S. Pejtersen, civilingeniør, Risø.
E. Petersen, lektor, Kem.Lab. I, H.C.Ørstedts Instituttet.
P. Steensen, civilingeniør, Teknologisk Institut.
P. J. Snare, civilingeniør, Energistyrelsen.

Projektmedarbejdere:

Laboratoriet for Varmeisolering:

O. Balslev-Olesen, civilingeniør.
K. Ellehauge, civilingeniør.
L. Sønderskov Jørgensen, civilingeniør.
Sv.E. Mikkelsen, civilingeniør.
P.E. Kristensen, akademiingeniør.
C. Nielsen, civilingeniør (projektleder).
L. Olsen, civilingeniør, stud.lic.techn.

S.Aa. Svendsen, civilingeniør.

Teknologisk Institut:

B. Bøhm, civilingeniør, lic.tech.

P. Engkjær, ingeniør.

M. Grimmig, arkitekt m.a.a.

L. Hallgreen, ingeniør, lic.techn.

T. Vest Hansen, ingeniør.

M. Lange, ingeniør.

O. Paulsen, civilingeniør, lic. tech.

P. Steensen, civilingeniør (projektleder).

I forbindelse med demonstrationsanlæggene har endvidere medvirket de pågældende byggeriers arkitekt og rådgivende ingeniør.

Adresser:

Laboratoriet for Varmeisolering, Bygn. 118, Danmarks tekniske Højskole,
2800 Lyngby - Tlf. 02-883511

Teknologisk Institut, Varmeteknik, Gregersensvej,
2630 Tåstrup - Tlf. 02-996611

Oversigt over udkomne rapporter

1. Kombineret solvarme-varmepumpeanlæg.
Beregning af et anlæg til en mindre bebyggelse.
2. Solvarme-fjernvarmeanlæg.
Beregning af et centralt anlæg med og uden varmelager.
3. Solvarmeanlæg i Gentofte.
Målinger på anlæg til rumopvarmning og varmt brugsvand.
Årsrapport.
4. Beregningsprogram til solvarmeanlæg.
For TI59 programmerbar lommeregnermaskine.
5. Solvarmeanlæg i Herfølge.
Brugsvand, 1/2 års målinger.
6. Solvarmeanlæg i Greve.
Målinger på anlæg til rumopvarmning og varmt brugsvand.
Årsrapport.
7. Solfangeres langtidsholdbarhed.
Erfaringer med solfangere udsat for det naturlige vejrlig
under kontrollerede, realistiske, ens driftsforhold i 30 år
på prøvestand.
8. Solvarmesystemprøvestand.
Resultater fra det første projekt på prøvestanden.
9. Solvarmeanlæg på Juelsminde campingplads.
Brugsvand, 3 års målinger.
10. Energiministeriets solvarmeprogram.
Statusrapport, august 1980.

11. Energiministeriets solvarmeprogram.
Projektforslag - langtidsplanlægning, oktober 1980.
12. To solvarmeanlæg til varmt brugsvand.
En beskrivelse og vurdering efter 4 måneders
drift af anlæggene.
14. Solvarmeanlæg i Blovstrød.
2 1/2 års målinger på 10m² brugsvandsanlæg.