

Ydelser og erfaringer fra 9 små low flow solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning

Simon Furbo

Meddelelse nr. 224
Januar 1992

Laboratoriet for Varmeisolering
Danmarks Tekniske Højskole

Ydelser og erfaringer fra 9 små low flow solvarmeanlæg
til brugsvandsopvarmning

Simon Furbo

Meddelelse nr. 224
Januar 1992

Laboratoriet for Varmeisolering
Danmarks Tekniske Højskole

Medvirkende ved projektet:

Fra Laboratoriet for Varmeisolering:

Simon Furbo, civilingeniør
Peter Berg, civilingeniør
Hans Lund, lektor
Peter F. Carlsson, civilingeniør
Peter Trans, elektronikmekaniker
Sally Lykke Høgsted, programmør
Christina Dipo Zimmermann, assistent
Heidi Jensen, kontorelev
Malene Haslev Jacobsen, teknisk tegner elev

Rådgiver i forbindelse med målingerne:

Sved Erik Mikkelsen, civilingeniør, COWIconsult Rådgivende Ingeniører A/S.

Tre solfangerfabrikanter har deltaget:

Batec
Aidt Miljø ApS
Arcon Solvarme ApS

Følgende VVS-installatører har medvirket:

Poul Børgesen ApS, Slangerup
Smedegården Svantevit, Ringe
Kalvehave El-Service, Kalvehave
Skørping Installationsforretning, Skørping

Desuden rettes en stor tak til de 9 anlægsejere, som har stillet deres anlæg til rådighed og som har aflæst målere. Uden den velvillige indstilling som anlægsejerne har udvist, havde projektet ikke kunnet gennemføres.

Forord

Denne rapport afslutter projektet: "Attraktive markedsførte solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning med små volumenstrømme". Projektet, sag 1988-144/664-881182, hørte oprindeligt under Industri- og Handelsstyrelsens indsatsområde "Vedvarende Energi", som pr. 1. januar 1990 blev overflyttet til Energistyrelsen. Projektet er finansieret af Energistyrelsen.

Ud over denne slutrapport er projektet omtalt i Laboratorierapport nr. 90-7: "Små low flow solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning - status" og Laboratorierapport nr. 90-13: "Small low flow DHW solar heating systems. Status".

Endvidere er der til ISES Solar World Congress 1991 udarbejdet paperet: "Low flow solar heating systems - theory and practice" og til tidsskriftet Vedvarende Energi & Miljø nr. 4/91 august 1991 udarbejdet artiklen: "Low - Flow gi'r bonus". Paperet og artiklen omtaler erfaringerne fra projektet.

Resumé

Ni små low flow solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning er blevet opført af tre solfangerfabrikanter, og anlæggenes drift er blevet fulgt siden installationen.

Undersøgelserne viste, at de lovende resultater fra laboratorieforsøg med små low flow solvarmeanlæg kan holde i praksis. Små low flow solvarmeanlæg med små volumenstrømme kan således i praksis fungere uden driftsproblemer med særdeles høje ydelser.

Undersøgelserne viste imidlertid også, at det er særdeles vigtigt at anlæggene - lige som det er tilfældet for traditionelle solvarmeanlæg - dimensioneres, designes og installeres på den rigtige måde. Kun herved bliver anlæggene pålidelige, holdbare og højtydende.

Udformningen og driften af anlæggene bør således sikre, at varmelagerets varmetab er mindst muligt og at de(n) supplerende energikilde(r) kun opvarmer den nødvendige vandmængde til den ønskede varmtvandstemperatur. Desuden bør det sikres, at der ikke optræder selvcirkulation i solfangerkredsen om natten med store varmetab til følge og at der ikke opstår kogning i solfangeren i sommerferieperioder. Endelig bør det for anlæg med cirkulationsledning sikres at returvandet fra cirkulationsledningen til tanken ikke skaber omrøring i tanken.

Foruden forøgede ydelser muliggør anvendelsen af low flow princippet en billiggørelse af anlæggene. I dag markedsføres low flow anlæg kun af en enkelt dansk fabrikant. Erfaringerne fra dette projekt kan derfor nyttiggøres i forbindelse med de andre fabrikanter udviklingsarbejde, således at der kan udvikles billige, pålidelige, holdbare og højtydende markedsførte low flow solvarmeanlæg.

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	1
2. Forsøgsanlæggene	2
3. Målesystem	6
4. Målinger	8
4.1 Driftserfaringer generelt	8
4.2 Driftserfaringer fra Gentofte-anlægget	9
4.3 Driftserfaringer fra Kalvehave-anlægget	17
4.4 Måleresultater	21
4.5 Vurdering af anlægsydelseerne	39
5. Konklusion	53
Summary	54
Referencer	55

1. Indledning

Eksperimentelle laboratorieundersøgelser, som blev gennemført i 1987 og 1988, viste, at ydelsen for solvarmeanlæg med små volumenstrømme er ca. 20 % større end ydelsen for traditionelle solvarmeanlæg, [1], [2], [3] og [4].

Projektets formål var at undersøge, om de lovende resultater fra laboratorieanlæggene med små volumenstrømme holder i praksis. Det blev undersøgt om fabrikanternes solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning med små volumenstrømme er så højtydende og attraktive som forventet og om anlæggene fungerer i praksis uden driftsproblemer. De tre solfangerfabrikanter Batec, Aidt Miljø ApS og Arcon Solvarme ApS deltog i projektet. Hver fabrikant opførte tre små forsøgsanlæg hos forskellige forbrugere. I alt opførtes der således ni anlæg, som blev fulgt ved hjælp af energimålere, vandmålere og timetællere.

2. Forsøgsanlæggene

De 9 forsøgsanlæg blev opført i perioden maj 1989 - februar 1991, se tabel 1. Forsøgsanlæggene har forskellige udformninger. Anlæggene har således forskellige solfangertyper, - arealer, - orienteringer og - hældninger.

I Batecs anlæg benyttes solfangerelementet BA 22 SELEKTIV med et transparent areal på 2,16 m² og effektiviteten:

$$\eta = 0,77 - 5,0 \cdot \frac{T_m - T_l}{E} - 0,007 \cdot \frac{(T_m - T_l)^2}{E}$$

I Arcons anlæg benyttes solfangerelementet S-250 med et transparent areal på 2,51 m² og effektiviteten:

$$\eta = 0,68 - 1,9 \cdot \frac{T_m - T_l}{E} - 0,023 \cdot \frac{(T_m - T_l)^2}{E}$$

I to af Aidt Miljøs anlæg benyttes solfangerelementet LF4 med et transparent areal på 3,84 m² og effektiviteten:

$$\eta = 0,74 - 5,4 \cdot \frac{T_m - T_l}{E} - 0,018 \cdot \frac{(T_m - T_l)^2}{E}$$

I Aidt Miljøs tredje anlæg benyttes solfangerelementet LF5 med et transparent areal på 5,07 m² og effektiviteten:

$$\eta = 0,74 - 5,1 \cdot \frac{T_m - T_l}{E} - 0,018 \cdot \frac{(T_m - T_l)^2}{E}$$

T_m er solfangerens middelvæsketemperatur, °C

T_l er lufttemperaturen, °C

E er bestrålingsstyrken, W/m²

I 8 anlæg benyttes en opretstående kappebeholder, hvor solfangervæsken tilføres toppen af kappen og føres retur til solfangerkredsen fra bunden af kappen. Toppen af beholderen opvarmes ved hjælp af en elpatron og/eller af en varmevekslerspiral eller en ekstra kappe omkring toppen af varmtvandsbeholderen. Derfor kan der også i solfattige perioder tappes varmt vand fra beholderne.

I det niende anlæg i Svenstrup benyttes en vandretliggende kappebeholder. I dette anlæg benyttes en ekstern varmeveksler placeret under beholderen til at overføre varmen fra solfangerkredsen til brugsvandet. Det kolde brugsvand føres ved naturlig konvektion fra bunden af lagertanken ned til varmeveksleren. Her opvarmes vandet og det føres videre til midten af lagertanken. Ved at benytte kappen som varmeveksler kan lagertanken desuden opvarmes af et oliefyr.

I to af anlæggene kan vandet efter at det har forladt lagertanken opvarmes, enten af en separat elvandvarmer eller af en oliefyrsunit.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Batec	Gentofte	maj 89	7 april 90 - sept 90:8 okt. 91 - nov. 91:8 dec. 91:4	8,64 m ²	400 l	3° mod vest	30°	oliefyr/ naturgasfyr. el	nej	ja
Batec	Vindeby Strandvej Svendborg	juni 89	6	6,48 m ²	300 l	0°	45°	oliefyr	nej	nej
Batec	Dannebrogsgvej Svendborg	juni 89	5 Juli 90 - sept 90:6 maj 91 - dec. 91:6	6,48 m ²	300 l	45° mod vest	45°	oliefyr el	nej	nej
Aidt Miljø ApS	Hørsholm	aug. 89	4	3,84 m ²	215 l	0°	26°	el	nej	nej
Aidt Miljø ApS	Hadsten	sept. 89	2	3,84 m ²	215 l fra feb. 91:280 l	22° mod vest	45°	oliefyr el	nej	ja
Aidt Miljø ApS	Brædstrup	febr. 90	2	5,07 m ²	215 l fra sep. 91:280 l	22° mod vest	40°	fjernvarme	nej	nej
Arcon Solvarme ApS	Kalvehave	aug. 90	3	2,51 m ²	200 l	0°	47°	oliefyr el	nej	nej
Arcon Solvarme ApS	Terndrup	jan. 91	5	2,51 m ²	200 l	0°	45°	el	ja, af en oliefyr- unit	nej
Arcon Solvarme ApS	Svenstrup	febr. 91	4	2,51 m ²	200 l	0°	45°	oliefyr	ja, af en elvand- varmer	nej

1. Anlæg 2. Lokalitet 3. Opførelsestidspunkt 4. Antal beboere 5. Solfangerareal 6. Lagervolumen

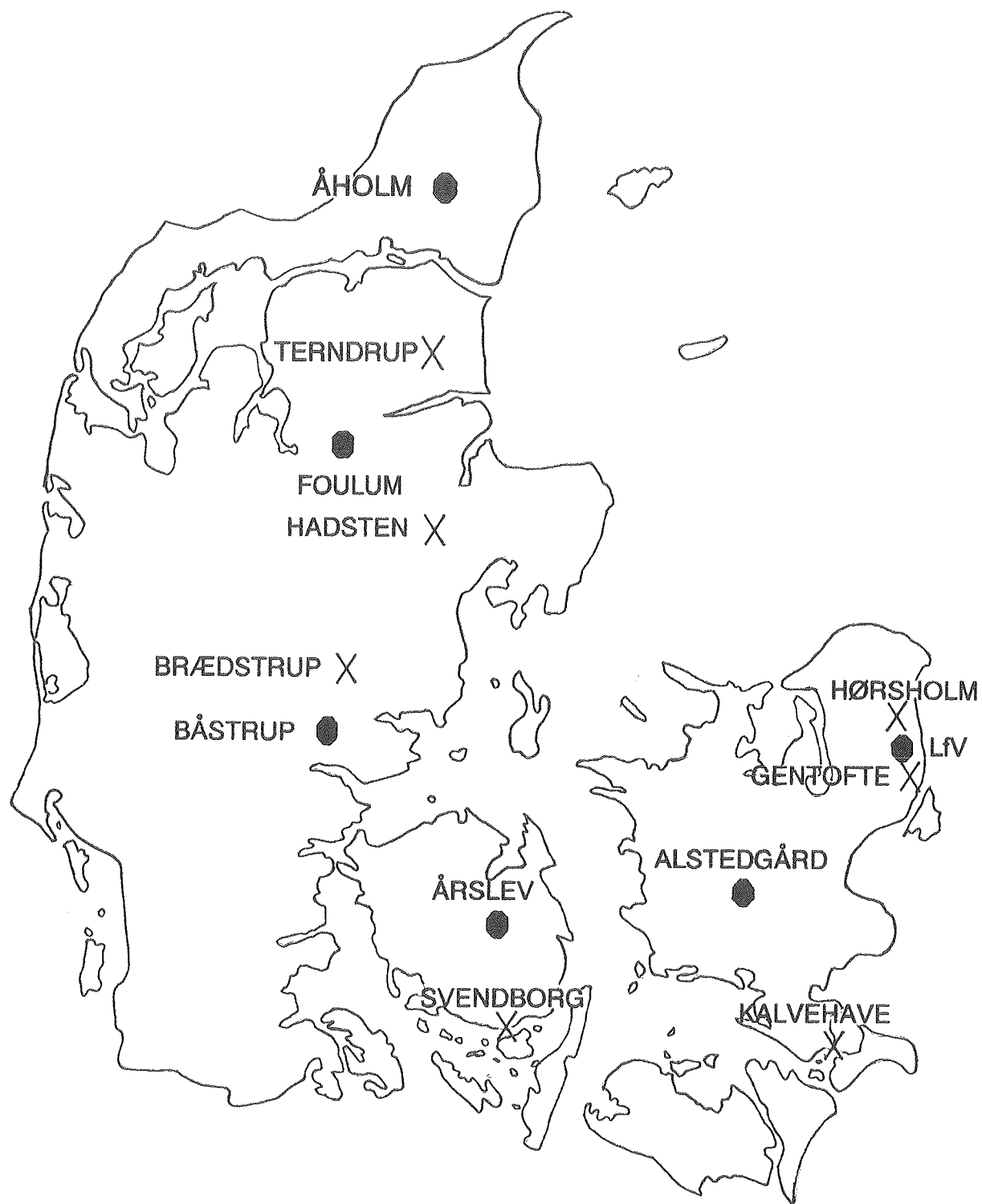
7. Solfangerorientering fra syd. 8. Solfangerhældning fra vandret 9. Supplerende energikilde til opvarmning af tankens top

10. Opvarmes vandet efter solvarmeanlæggets tank ? 11. Cirkulationsledning ?

Tabel 1. De 9 forsøgsanlæg

To af anlæggenes brugsvandssystemer er forsynet med en cirkulationsledning. Low flow solvarmeanlæg forventes at være specielt højtydende når brugsvandsanlægget er forsynet med en cirkulationsledning. Årsagen til de høje forventninger er, at de høje temperaturer, som etableres i toppen af low flow anlæggets lagertank stemmer godt overens med de forholdsvis høje temperaturer, som er nødvendige for at dække cirkulationsledningens varmetab.

Lagertanken i anlægget i Hadsten er placeret i en uopvarmet stald og lagertanken i anlægget i Terndrup er placeret på et uisolaret loft. De øvrige anlægs lagertanke er placeret i opvarmede rum. Figur 1 viser hvor anlæggene er lokaliseret. Desuden er vist placeringen af de klimastationer, hvor der måles vejrdato.



O: Klimastation
X: Forsøgsanlæg

Figur 1. Lokalisering af forsøgsanlæg og klimastationer.

3. Målesystem

Det benyttede måleudstyr for de opførte anlæg er vist skematisk på figur 2. Alle anlæggene er forsynet med mindst én energimåler af typen Clorius Combimeter enten type EV50 eller 1,5EP. Ved hjælp af denne energimåler måles varmtvandsforbruget og energimængden, som tappes fra anlæggets lagertank. Måleren består af en vandmåler til bestemmelse af den gennemstrømmende vandmængde og af to temperaturfølere. Den kolde temperaturføler er placeret ved indløbet af det kolde vand til lagertanken. Den varme temperaturføler er placeret ved udløbet af det varme vand fra lagertanken. Måleren er forsynet med en elektronisk enhed der ved hjælp af de målte størrelser beregner energimængden. Energi- og vandmængden udlæses på en særlig enhed.

Anlæg, hvor lagertanken er forsynet med eftervarmningsmulighed i form af en varmeveksler, en kappe eller en varmevekslerspiral, som er tilsluttet en kedel eller et fjernvarmenet, er forsynet med endnu en energimåler af typen Clorius Combimeter type EV50 eller 1,5 EP. Energimængden, som tilføres lageret fra kedlen eller fjernvarmenettet, måles ved hjælp af denne energimåler.

Anlæg med en cirkulationsledning er yderligere forsynet med en energimåler af typen Clorius Combimeter type EV50 eller 1,5 EP, som måler cirkulationsledningens varmetab.

Anlæg med eftervarmning i form af en elpatron placeret i sollagertanken er forsynet med en kWh-måler til registrering af elpatronens energiforbrug.

Vandet i alle anlæggenes lagertanke kan eftervarmes ved hjælp af en eller flere supplerende energikilder. Solvarmeanlæggets nettoydelse bestemmes som den fra lagertanken tappede energimængde minus den til lagertanken tilførte energimængde fra de(n) supplerende energikilde(r). I tabellerne med målte ydelser er anlæggets nettoydelse inklusiv et skønnet varmetab fra lagertanken desuden angivet.

Energiforbruget til brugsvandsopvarmningen er lig med den fra lagertanken tappede energimængde, hvis brugsvandet ikke opvarmes efter at det har passeret lagertanken. I tabellerne er anlæggets dækningsgrad endvidere anført. Dækningsgraden er angivet både eksklusiv lagertankens varmetab og inklusiv et skønnet varmetab fra lagertanken. I første tilfælde er dækningsgraden defineret som forholdet mellem nettoydelsen og den tappede energimængde fra lagertanken. I andet tilfælde er dækningsgraden defineret som forholdet mellem nettoydelsen inklusiv et skønnet varmetab fra lagertanken og energien tappet fra lagertanken inklusiv et skønnet varmetab fra lagertanken. I to anlæg, anlæggene i Terndrup og i Svenstrup, kan brugsvandet opvarmes efter at det har forladt lagertanken. For disse to anlæg måles det totale energiforbrug til brugsvandsopvarmningen ikke, og solvarmeanlæggets dækningsgrad er derfor ikke bestemt for disse anlæg.

Endelig er solfangerkredsens cirkulationspumpe forsynet med en timetæller som registrerer solfangerens driftstid.

Hvert anlæg er altså forsynet med så mange energimålere, at det er muligt at bestemme solvarmeanlæggets nettoydelse. Projektets budget tillod ikke at forsyne solfangerkredsene med energimålere. Derfor må både energimængden, som tilføres lagertanken fra solfangerkredsen, og lagertankens varmetab skønnes.

Det skal bemærkes, at varmtvandsforbruget i solrige perioder med meget høje lagertemperaturer er større end det målte, idet det varme vand i disse perioder opblandes med koldt vand.

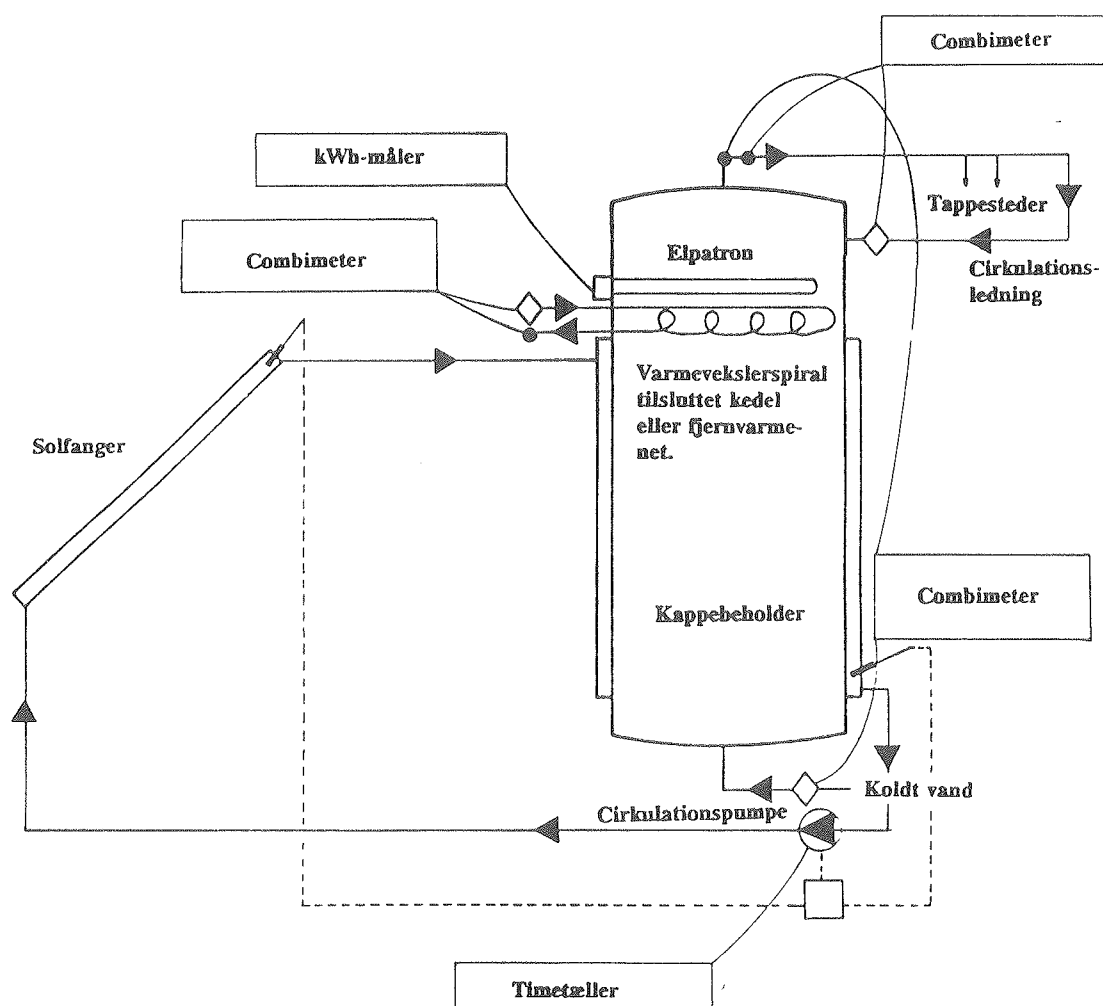
Energimålerne leveres i en udgave med den kolde føler indbygget i vandmåleren og en udgave med to løse følere. Vandmåleren er hvor det har været muligt installeret på den kolde side for at forhindre intern cirkulation gennem måleren og deraf resulterende fejlmåling, se [5]. Energimålerne er efter installationen kontrolleret af ISS Clorius International A/S. Målerens nøjagtighed angives at være bedre end 2 % ved effekter mellem 1 og 50 kW, og bedre end 5 % ved effekter mellem 0,5 og 1 kW, hvilket er fuldt tilfredsstillende.

Ved små varmtvandstapninger bevirker temperaturfølerens inert, at den målte tappede energimængde er noget mindre end den faktisk tappede energimængde. Det vurderes dog, at denne systematiske målefejl kun har begrænset indflydelse på den målte anlægsydelse.

De benyttede kWh-målere er kontrolleret på Laboratoriet. Nøjagtigheden er bedre end 4 %, hvilket er tilfredsstillende.

Alle målerne aflæses én gang om ugen af beboerne, og et skema med de aflæste værdier sendes én gang pr. måned til Laboratoriet.

Ved bedømmelsen af anlægsydelse benyttes de af Danmarks Meteorologiske Institut målte vejrdata for den klimastation, som ligger nærmest ved det pågældende anlæg, se figur 1.



Figur 2. Måleudstyr for solvarmeanlæggene.

4. Målinger

De fleste af forsøgsanlæggene har siden installationen fungeret uden større driftsmæssige problemer. Nogle af anlæggene har dog haft problemer, som er omtalt i afsnit 4.1, 4.2 og 4.3. Måleresultaterne er angivet i afsnit 4.4 og i afsnit 4.5 er der foretaget en vurdering af de målte anlægsydelser.

4.1 Driftserfaringer generelt

I to af anlæggene er der opstået kogning i solfangerkredsen i solrige perioder med meget små varmtvandsforbrug. Problemet blev løst ved i sommerferier at benytte cirkulationspumpens trin 2 i stedet for det normalt anvendte trin 1. Herved blev volumenstrømmen i solfangerkredsen forøget og risikoen for kogning blev mindre.

I to af anlæggene er det konstateret at de i solfangerkredsen benyttede kontraventiler ikke fungerede. Der er derfor om natten opstået selvcirkulation i solfangerkredsen med et stærkt forøget varmetab fra lageret og en reduktion af anlægsydelsen til følge. Kontraventilerne er udskiftede og siden har der ikke været problemer med selvcirkulation i solfangerkredsen.

Varmetabene fra den øverste del af nogle af anlæggenes varmtvandsbeholdere er relativt store. Dette er særdeles uheldigt, idet store varmetab fra toppen af varmtvandsbeholdere reducerer solvarmeanlægs ydelser stærkt, som det er beskrevet i [6].

Årsagen til de store varmetab er en uhensigtsmæssig udformning af varmelagrenes øverste dele, specielt hvad angår rørtilslutninger. En uhensigtsmæssig rørføring uden for lageret kan yderligere forøge varmetabet fra lageret mærkbart.

Enhver rørtilslutning i toppen af beholderen forårsager et forøget varmetab. Hvis røret ikke umiddelbart uden for beholderen føres nedad vil vandet i røret ved naturlig konvektion altid holde en større eller mindre del af røret varmt med et forøget varmetab til følge.

Røret kan være en del af en rørkreds, hvor igennem vand cirkulerer enten for at varme beholderen op, eller for at tappe varme fra beholderen. I sådanne rørkredse er der, hvis rørføringen er uhensigtsmæssig, risiko for at vandet ved selvcirkulation cirkulerer rundt i kredsen i perioder hvor det ikke er påtænkt. Herved kan der tabes store energimængder.

Problemet med stor lagervarmetab er ikke specielt knyttet til low flow solvarmeanlæg. Anlæg med kombibeholdere, i hvis top den nødvendige eftervarmning af det solopvarmede vand foretages, er særlig udsatte for problemet, [7].

Hvis det er muligt bør alle rør tilsluttes bunden af lagertanken. Desuden bør det sikres, at rørføringen udformes så muligheden for at der i rørkredse opstår drivtryk, som kan starte en selvcirkulation, er mindst mulig. Dette sikres blandt andet ved at isolere alle dele af rørkredsene grundigt. Desuden bør der installeres velfungerende kontraventiler i rørkredsene.

I nogle af lagertankene kan meget store dele af lagervandet opvarmes af den supplerende energikilde, idet elpatronen eller varmevekslerspiralen er placeret forholdsvis langt nede i tanken. Dette er særdeles uheldigt, idet solvarmeanlæggets ydelse reduceres kraftigt når vandvolumenet,

som opvarmes af den supplerende energikilde, forøges. Det er derfor vigtigt at placere elpatronen og varmevekslerspiralen så højt i tanken, at de supplerende energikilder ikke opvarmer mere vand end den ønskede komfort kræver.

I nogle af lagertankene var styringen af varmetilførslen fra den supplerende energikilde desuden mangelfuld. Vandet blev i disse anlæg opvarmet til en højere temperatur end den ønskede tappetemperatur af den supplerende energikilde med en reduceret ydelse af solvarmeanlægget til følge. Det er derfor vigtigt at styresystemet sørger for at brugsvandet kun opvarmes til den ønskede tappetemperatur af den supplerende energikilde. Dette problem blev løst ved at ændre styresystemerne for de problemfyldte anlæg i løbet af måleperioden.

Ydelserne af de to solvarmeanlæg med cirkulationsledning var i lange perioder meget små. Årsagen til de små ydelser var, at vandet som føres tilbage til lagertanken fra cirkulationsledningen skaber omrøring i tanken. Omrøringen medfører at lagertankens temperaturlagdeling ødelægges og at anlægsydelsen reduceres kraftigt. Det er derfor vigtigt, at lagertanken udformes således at vandet tilføres tanken langsomt i det rigtige temperaturniveau.

Problemet blev løst ved at installere et rør i hele varmtvandsbeholderens højde. Røret er tilsluttet cirkulationsledningens returrør. Røret er forsynet med mange huller i hele rørets udstrækning. Røret sikrer herved, at vandet fra cirkulationsledningen uden kraftig omrøring tilføres varmtvandsbeholderen i det niveau, som har samme temperatur som det returnerende vand. Herved bevares lagerets temperaturlagdeling i et vist omfang.

To af forsøgsanlæggene har voldt specielt mange problemer. Det drejer sig om Batec-anlægget i Gentofte og Arcon-anlægget i Kalvehave. Erfaringerne fra disse anlæg omtales derfor i de to følgende afsnit.

4.2 Driftserfaringer fra Gentofte-anlægget

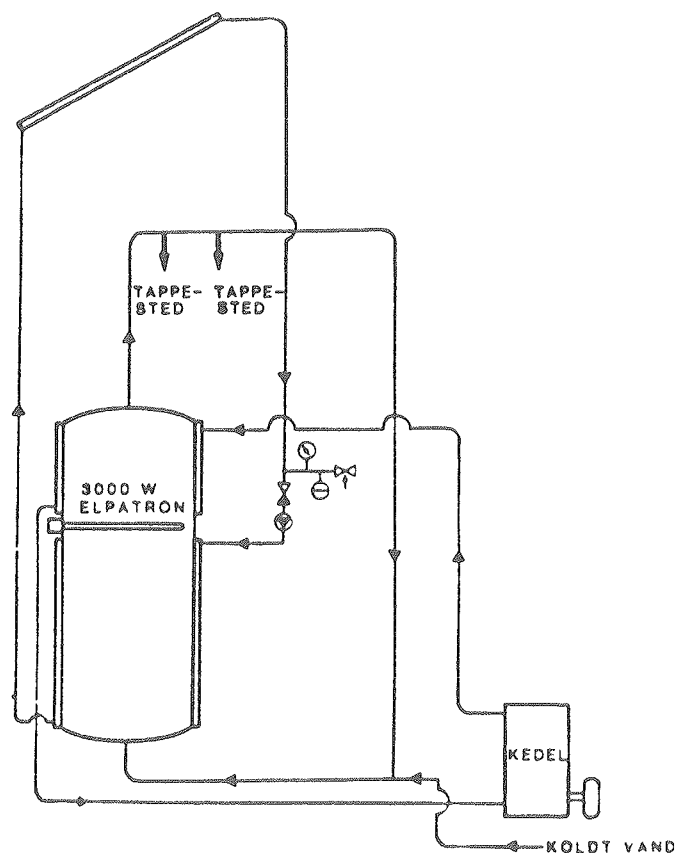
Anlægget adskiller sig fra de systemgodkendte Batec-anlæg på en række væsentlige punkter, blandt andet fordi det i måleprojektet var interessant at afprøve forskellige anlægsudformninger. Da problemerne desuden stammer fra installationen af anlægget er de ikke knyttet til Batec-anlæg i almindelighed.

Figur 3 viser en principskitse af anlægget, som består af fire BA22 solfangerelementer. Det totale solfangerareal er 8,6 m² og solfangerhældningen er 30°. Nogle høje træer kaster i perioder deres skygger på solfangerne om efteråret, om vinteren og om foråret.

Varmtvandsbeholderen er en 400 l kappebeholder fra KN Beholderfabrik. Beholderen er forsynet med to kapper, foruden er der stor kappe og foroven en mindre kappe. Solfangervæsken pumpes gennem den nederste kappe, hvorved beholderen kan opvarmes af solvarme.

Om vinteren opvarmes toppen af beholderen ved at vand opvarmet af et oliefyr (fra januar 1990 et naturgasfyr) ved selvcirkulation langsomt cirkulerer gennem den øverste kappe. Om sommeren opvarmer en elpatron den øverste del af beholderen i de perioder, hvor solvarmen ikke kan klare hele opvarmningsbehovet. Lageret er isoleret med 10 cm mineraluld. Bunden af lageret er dog ikke isoleret.

Batecs pilotsol styresystem benyttes til at styre cirkulationspumpen [8]. En føler er placeret nederst i et af solfangerelementerne på en lille sortmalet plade, som ikke er i termisk kontakt med solfangerelementets absorber. Når følertemperaturen overstiger $22,1^{\circ}\text{C}$ startes pumpen. Når følertemperaturen falder til $20,8^{\circ}\text{C}$, stoppes pumpen igen.



Figur 3. Principskitse af solvarmeanlægget.

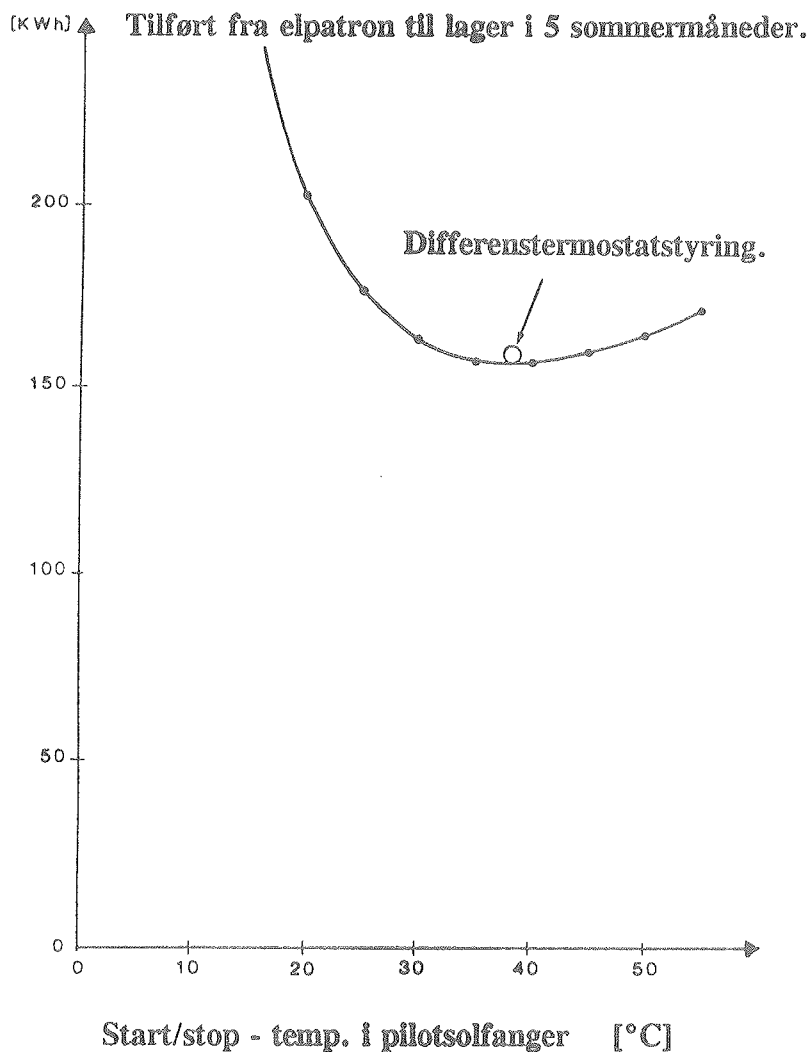
Varmt vand tappes fra toppen af beholderen, og koldt vand tilføres bunden af beholderen. Huset er forsynet med en cirkulationsledning, så ventetiden på varmt vand ved tæppedstederne er minimal. Vandet føres rundt i cirkulationsledningen ved hjælp af selvcirkulation fra toppen af beholderen til bunden af beholderen.

I anlæggets første levetid var anlægssydelsen utilfredsstillende lille. Derfor blev der iværksat undersøgelser for at klarlægge årsagerne til de lave ydelser. Resultaterne af disse undersøgelser omtales i det følgende.

Som nævnt starter styresystemet pumpen, når følertemperaturen i bunden af solfangeren overstiger $22,1^{\circ}\text{C}$ og pumpen stoppes igen, når temperaturen falder til $20,8^{\circ}\text{C}$.

Både styresystemets start- og stoptemperatur er lavere end de optimale start- og stoptemperaturer. Således blev det konstateret, at pumpen på en typisk solrig sommerdag cirkulerer solfangervæsken rundt i solfangerkredsen ca. 2 timer efter at solvarmeproduktionen er ophørt.

Herved trækkes der varme ud af lageret, og lagerets fordelagtige temperaturlagdeling nedbrydes delvist. Beregninger med en detaljeret edb-model viser da også, at anlægsydelsen bliver størst, når start- og stoptemperaturer for en pilot solfangerstyring indstilles i temperaturintervallet fra 30°C til 40°C, se figur 4. Figuren stammer fra [9].



Figur 4. Beregnet energimængde, som tilføres en kappebeholders elpatron om sommeren som funktion af start/stoptemperaturen for pilotsolfangerstyringen.

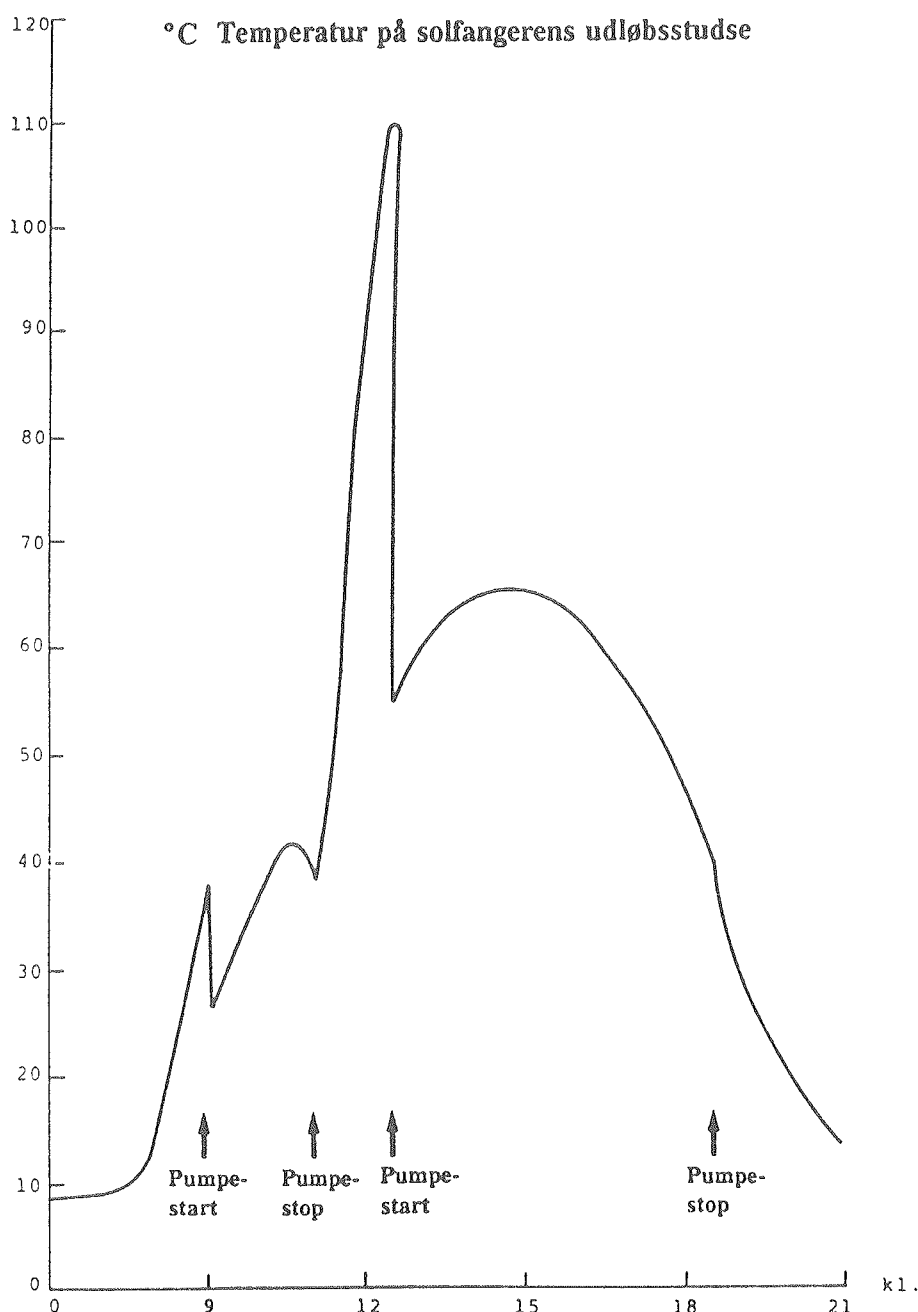
Figuren viser for et solvarmeanlæg med en kappebeholder og med lille volumenstrøm i solfangerkredsen den beregnede energimængde, som om sommeren tilføres elpatronen som funktion af temperaturniveauet for pilotsolfangerstyringen. Elpatronen er placeret øverst i kappebeholderen. Ydelsen for anlæg med pilotsolfangerstyring vil ikke være mindre end ydelsen for anlæg med differenstermostatstyring, når blot start- og stoptemperaturen er indstillet i temperaturintervallet mellem 30°C og 40°C.

Det er ikke muligt at ændre den faste indstilling for start- og stoptemperaturerne for Batec pilotsol styresystem uden at ombygge styringsenheden. Der blev derfor indsat ekstra modstande i styringsenheden, så både start- og stoptemperaturen blev hævet 10 K. Denne ændring af

styresystemet blev foretaget af Laboratoriet for Varmeisolering i midten af august 1989. Herefter var pumpen kun i drift i de perioder, hvor solfangerne var i stand til at producere varme. Tilsyneladende var de styringsmæssige problemer hermed løst.

Imidlertid opstod der allerede i september 1989 nye problemer. Figur 5 viser de målte temperaturer på en af solfangerens udløbsstudse igennem den 11. september. De målte temperaturer er en smule lavere end temperaturerne i toppen af solfangerne.

Pumpen startes som den skal kort før kl. 9.00. Problemerne opstår kl. 11.00, hvor pumpen stoppes. Først kl. 12.30 startes pumpen igen. I perioden uden pumpedrift stiger temperaturerne i toppen af solfangerne så kraftigt at der opstår kogning.



Figur 5. Temperatur målt på solfangerens udløbsstudse den 11. september 1989.

Årsagen til at pumpen stopper er, at nogle høje træer skygger for den nederste del af solfangerne, således at temperaturen af føleren, som jo er placeret nederst i en af solfangerne, falder til under 30°C. Selv om det koger i toppen af solfangerne, breder varmen sig ikke så meget nedad, at føleren påvirkes nævneværdigt. Først når skyggerne forsvinder fra solfangerne kl. 12.30, bliver følertemperaturen så høj, at pumpen startes igen.

Når der benyttes en pilotsolfangerstyring, må det altså sikres, at føleren placeres, så den ikke rammes af skygger fra omgivelserne. Det vil altså sige, at en følerplacering nederst i solfangeren, hvor skygger først rammer, er uheldig.

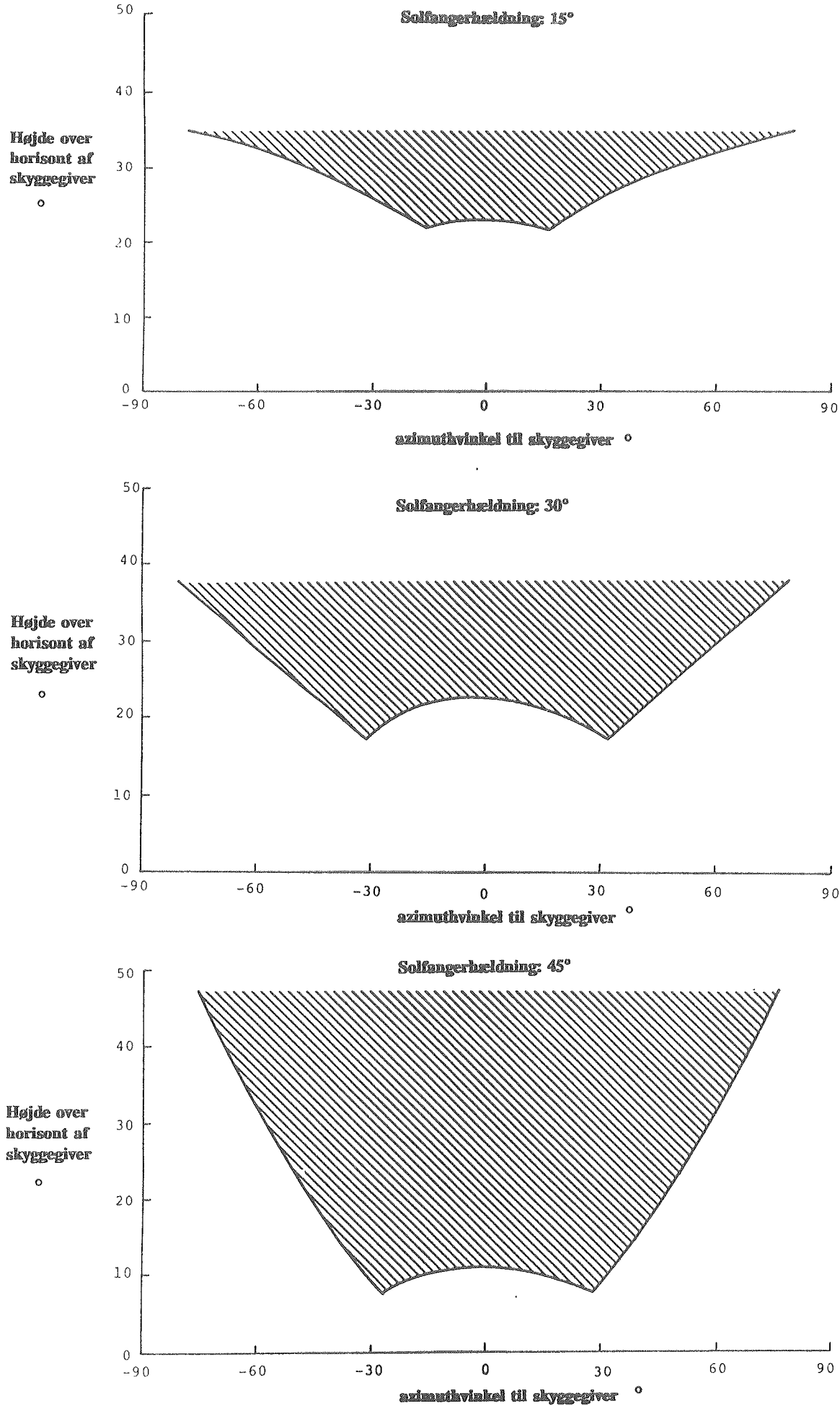
Placeres føleren i en separat pilotsolfanger placeret oven over solfangerne, vil pumpen forblive i drift, selv om en del af solfangerne rammes af skygger. Herved elimineres kogningsproblemet. En følerplacering øverst i solfangeren vil også løse problemet. Placeres føleren øverst i solfangeren, bør det naturligvis sikres, at føleren ikke opvarmes af varm solfangervæske, som cirkuleres gennem solfangeren.

Pilotsol styresystemet med føleren placeret nederst i en solfanger er velegnet i anlæg, hvor solfangerne ikke rammes af skygge i de perioder, hvor solfangeren kan nå så høje temperaturer, at der opstår kogning. Med Batecs solfanger er der gennemført beregninger med 3 sydvendte solfangerhældninger af, hvilke omgivelser der kaster skygger, som resulterer i kogningsproblemer. Resultaterne er vist på figur 6. Er omgivelserne placeret i de skraverede områder set fra solfangerne, må det frarådes at benytte styresystemet, mens styresystemet kan anvendes problemløst, hvis omgivelserne er placeret under de skraverede områder.

Et lille simpelt instrument, som kan vurdere solfangerplaceringens egnethed i denne forbindelse, ville være et nyttigt værktøj for VVS-installatøren. Det kan anbefales, at der udvikles et sådant instrument.

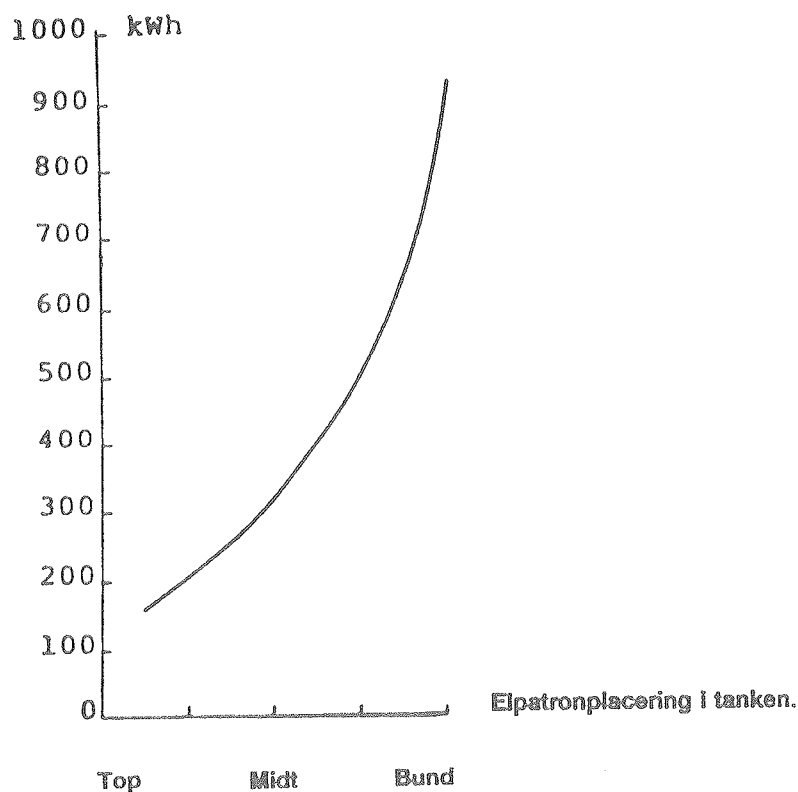
I starten af oktober 1989 blev pilotsolfangerstyresystemet erstattet med et differenstermostatstyresystem med en føler i solfangernes udløbsstuds og en føler placeret ved kappebeholderens udløbsstuds. Herefter har styresystemet fungeret uden problemer.

Anlægget er som det fremgår af figur 3 forsynet med en cirkulationsledning. Varmt vand føres rundt i cirkulationsledningen fra toppen til bunden af beholderen ved hjælp af selvcirkulation. Det blev registreret, at vandtemperaturen i cirkulationsledningens indløb til bunden af tanken er temmelig høj. Den høje indløbstemperatur nedbryder temperaturlagdelingen i tanken. Toppen af tanken opvarmes som omtalt af en supplerende energikilde - om sommeren ved hjælp af en elpatron og om vinteren ved hjælp af oliefyret (fra januar 1990 af naturgasfyret). Da cirkulationsledningens retur tilføres bunden af tanken, opvarmes hele tanken altså i virkeligheden af den supplerende energikilde. En sådan rørføring svarer altså til, at elpatronen flyttes ned i bunden af tanken. Dette er, som det fremgår af figur 7 særdeles uheldigt. Figuren stammer fra [9].



Figur 6. Omgivelser, som resulterer i kognitionsproblemer i anlæg med et pilotsolfangerstyre-system med føleren i bunden af solfangeren.

Tilført fra elpatron til lager i 5 sommermåneder.



Figur 7. Beregnet energimængde, som tilføres en kappebeholders elpatron om sommeren som funktion af elpatronens placering i tanken.

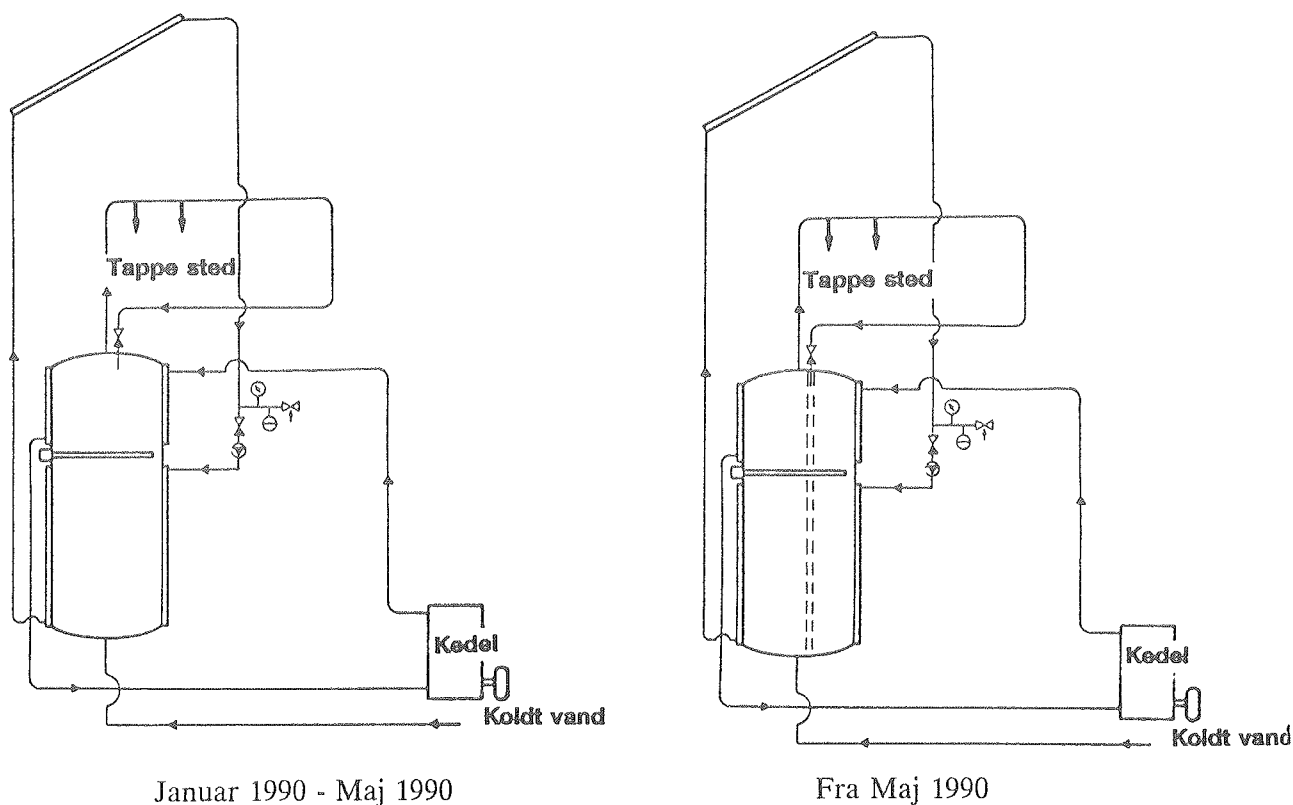
Figuren viser for et solvarmeanlæg med en kappebeholder og med lille volumenstrøm i solfangerkredsen den beregnede energimængde, som om sommeren tilføres elpatronen som funktion af elpatronens placering i tanken. Jo større dele af tanken, der opvarmes af den supplerende energikilde, des større bliver den supplerende energikildes energiforbrug.

Altså bør cirkulationsledningen aldrig føres tilbage til tanken i et niveau, som er placeret under elpatronen eller under den øverste kappe. Cirkulationsledningen bør altid føres tilbage til den øverste del af tanken.

I slutningen af januar 1990 blev anlægget derfor ombygget, så cirkulationsledningen herefter føres tilbage til toppen af tanken, se figur 8. Cirkulationsledningen blev også forsynet med kontraventilen "Zomeworks natural convection check valve" fra Zomeworks Corporation i New Mexico.

Kontraventilen, som er specielt velegnet til selvcirkulerende kredse, sikrer en korrekt vandstrømningsretning i cirkulationsledningen.

Ombygningen resulterede i en stærkt forbedret anlægsydelse. Anlægsydelsen var dog stadig ikke tilfredsstillende. Årsagen hertil kan være, at det forholdsvis kolde vand, som returneres fra cirkulationsledningen, opblandes med varmt vand i toppen af varmtvandsbeholderen. Jo kraftigere denne opblanding er des mindre bliver anlægsydelsen.



Figur 8. Anlægget efter ombygningen.

For at forhindre denne opblanding blev der i starten af maj 1990 installeret et 15 mm messingrør i hele varmtvandsbeholderens højde, se figur 8. Røret, som er tilsluttet cirkulationsledningens returrør, er for hver 10. cm forsynet med en række 7 mm huller. Messingrøret sikrer sandsynligvis herved, at vandet fra cirkulationsledningen uden kraftig omrøring tilføres varmtvandsbeholderen i det niveau, som har samme temperatur som det returnerende vand. Herved bevares lagerets temperaturlagdeling bedre end hidtil. Efter denne ændring blev anlægsydelsen yderligere forøget.

Det skal bemærkes, at ovennævnte problemer med styresystemet og cirkulationsledningen ikke er specielt knyttet til low flow anlæg. Pilot solfangerstyresystemet bør **aldrig** benyttes når solfangerne er udsat for mange skygger og cirkulationsledningen bør **aldrig** føres retur til bunden af lagertanken.

4.3 Driftserfaringer fra Kalvehave-anlægget

Figur 9 viser en principskitse af anlæggets varmelager og det benyttede måleudstyr. Varmelageret er en 200 l kappebeholder med en varmevekslerspiral, som er indbygget øverst i varmtvandsbeholderen.

Varmevekslerspiralen er koblet til et oliefyr. Den øverste del af varmtvandsbeholderen kan også opvarmes af elvarme.

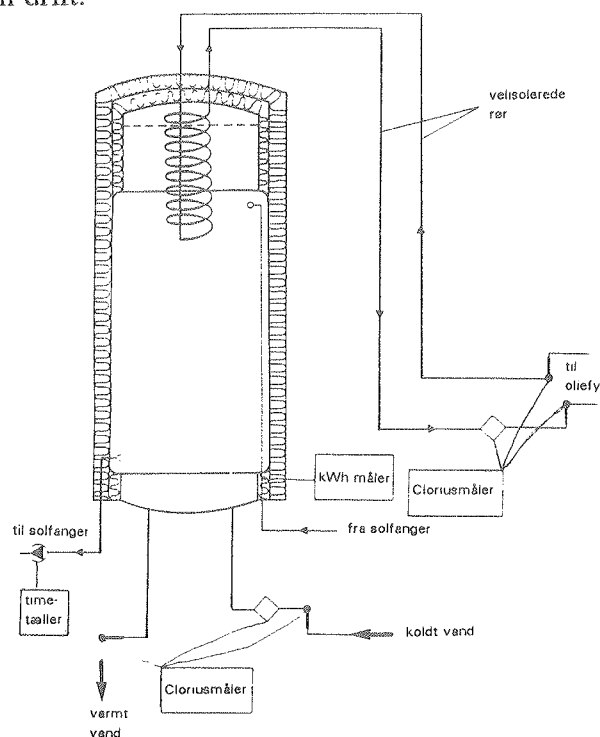
Anlæggets solfanger er et Arcon S-250 solfangerelement, som er monteret øverst på et sydvendt tag, således at skyggerne fra omgivelserne aldrig når op til solfangeren, se figur 10.

I anlæggets første levetid var anlægsydelsen utilfredsstillende lille. Der blev derfor iværksat undersøgelser for at klarlægge årsagerne til de lave ydelser. Resultaterne af disse undersøgelser omtales i det følgende.

Driftstiden for cirkulationspumpen var **meget** lille i anlæggets første levetid. Derfor blev styresystemets virkemåde kontrolleret.

Cirkulationspumpen er styret af en Arcon TC-S3 differensstyring med en føler placeret i solfangeren og en føler placeret i termisk kontakt med kappen under isoleringen ud for udløbsstudsene nederst på kappen. Startdifferensen kan indstilles til en størrelse mellem 2 K og 10 K. Stoptemperaturdifferencen er fast indstillet til 1,5 K.

Anlægget blev undersøgt den 15. april 1991, som var en dag med klart solskin uden skyer på himlen. Det blev konstateret at cirkulationspumpen er i drift i en kortvarig periode efterfulgt af en langvarig periode uden drift.



Figur 9. Skematisk illustration af varmelager og måleudstyr.



Figur 10. Anlæggets solfangerelement.

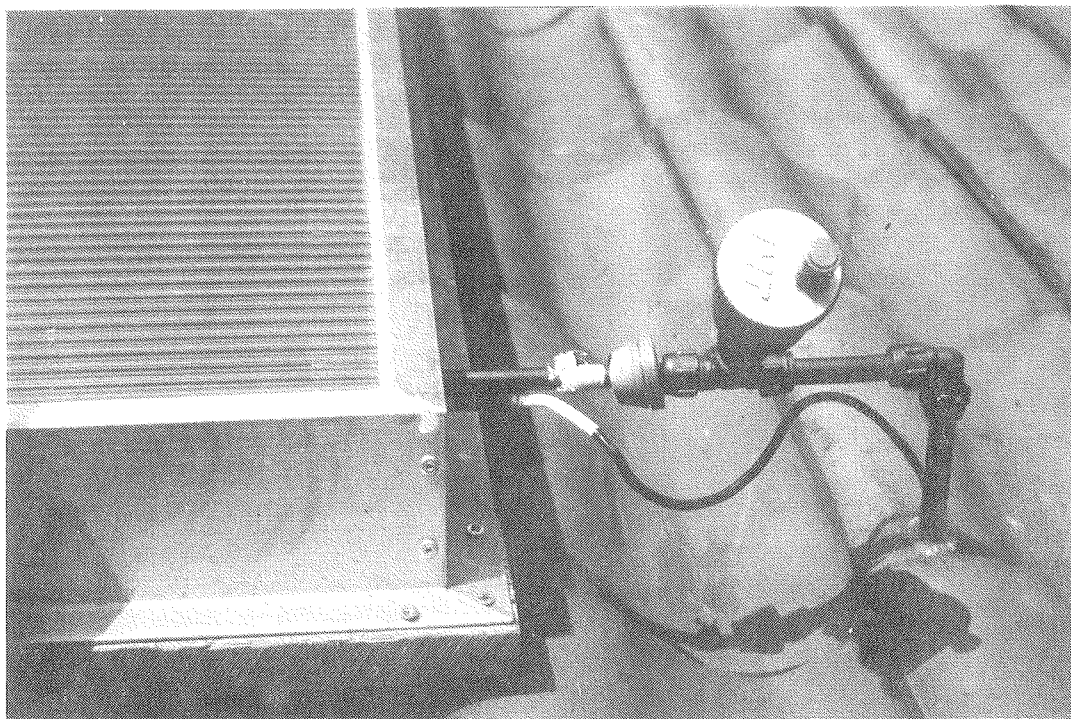
Dette mønster gentages igennem hele dagen. Udløbstemperaturen fra solfangeren blev derfor målt og sammenlignet med den temperatur som styresystemets temperaturføler registrerer i solfangeren. Det viste sig at udløbstemperaturen fra solfangeren i perioder var op til 40 K højere end den af styresystemets temperaturføler registrerede temperatur. Det resulterer i pumpens on/off-drift, en lav driftstid for pumpen og en lille anlægsydelse.

Årsagen til fejlmålingen er temperaturfølerens uheldige placering i solfangeren. Føleren er placeret øverst i solfangeren i et følerrør. Figur 11 viser udløbsrøret fra solfangeren med temperaturføleren placeret i følerrøret, som er i kontakt med udløbsrøret. På figur 12 er temperaturføleren vist uden for følerrøret.

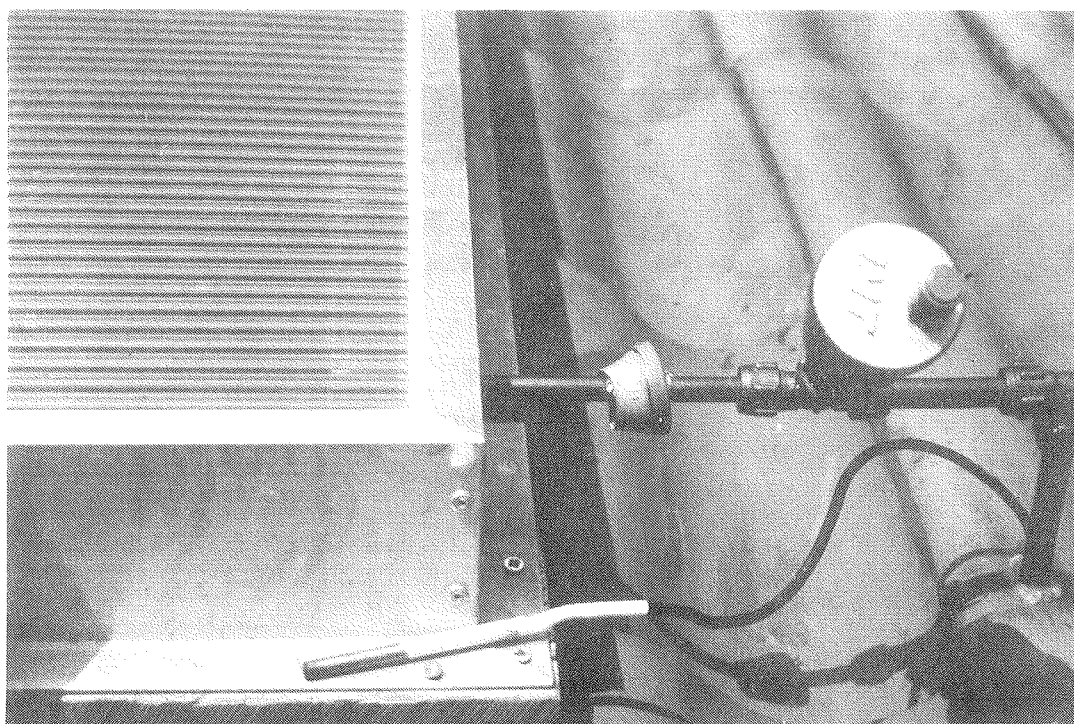
Følerrøret er så kort at hele temperaturføleren ikke kan placeres i solfangeren. Dette ses på figur 13 hvor temperaturføleren er placeret ved siden af følerrøret. Kun lidt mere end halvdelen af temperaturføleren er placeret inde i solfangeren. Denne placering bevirker derfor at den registrerede temperatur er **meget** lavere end solfangervæsketemperaturen. Den manglende isolering af udløbsrøret og følerrøret uden for solfangeren medvirker til den store temperaturforskel. Det vurderes dog at et omhyggeligt isoleringsarbejde **ikke** kan løse problemet.

Det blev besluttet midlertidigt at placere temperaturføleren løst oven på absorberen som vist på figur 14. Denne placering er klart bedre end den hidtidige placering.

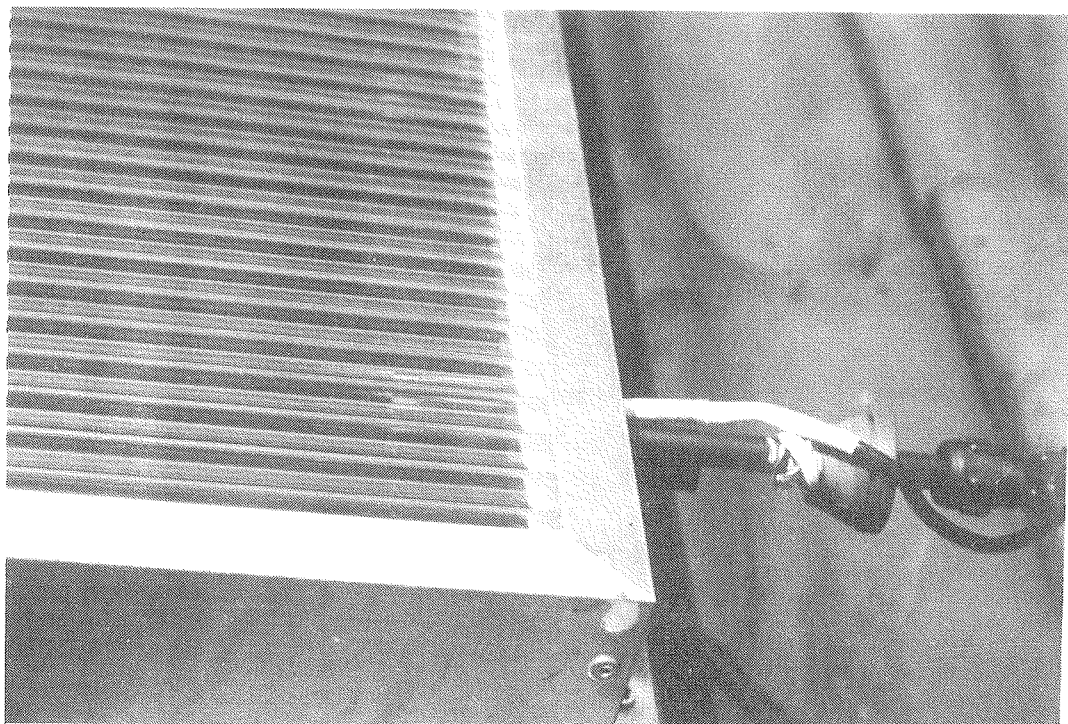
Den 28. august 1991 blev temperaturføleren erstattet af en mindre temperaturføler, som blev placeret i solfangervæsken i selve solfangeren. De styringsmæssige problemer for anlægget er hermed løst.



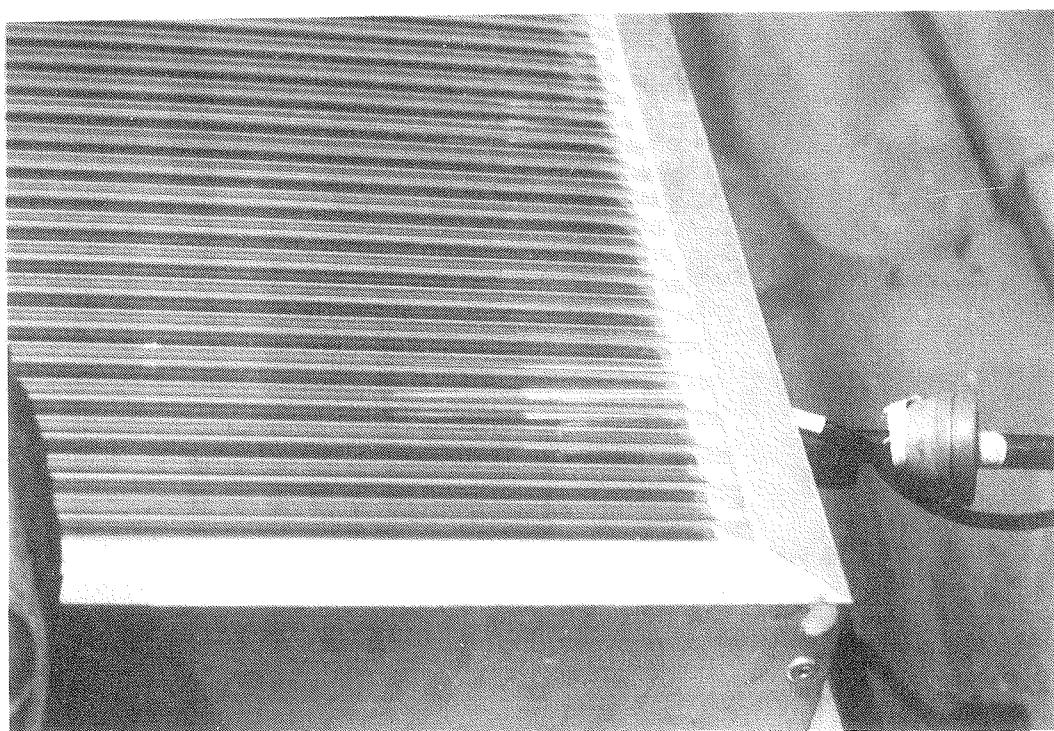
Figur 11. Placering af styresystemets temperaturføler i solfangeren.



Figur 12. Styresystemets temperaturføler ved solfangeren.



Figur 13. Temperaturføleren placeret ved siden af følerrøret.



Figur 14. Temperaturføleren placeret oven på absorberen.

Det blev også konstateret, at varmetabet fra varmelageret var **særdeles** stort på grund af manglende eller mangelfuld isolering af rørene, som er tilsluttet lagertanken. Dette reducerede anlægsydelsen **væsentligt**. En større del af rørkredsen mellem varmevekslerspiralen og oliefyret var således ikke isoleret. Desuden var varmtvandsrøret fra bunden af lagertanken uisolert. I slutningen af april 1991 blev de her omtalte forhold forbedret ved hjælp af et omhyggeligt isoleringsarbejde. Det skal dog bemærkes at varmelagerets varmetab også herefter er utilfredsstillende højt på grund af rørtilslutningerne i toppen af tanken.

4.4 Måleresultater

Solvarmeanlæggenes ydelser afhænger først og fremmest af varmtvandsforbrugets størrelse. I det følgende angives de målte varmtvandsforbrug som de vandmængder, der løber gennem solvarmeanlæggenes varmtvandsbeholdere. Det reelle varmtvandsforbrug har derfor i sommerperioderne været lidt større end anført her, idet det solopvarmede vand i disse perioder opblandes med koldt vand så tappetemperaturen ikke bliver for høj.

Tabel 2 angiver målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug for de 9 anlæg for de dele af perioden 1989-1991, hvor der er foretaget målinger. Figur 15 og 16 viser de målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug for de 9 anlæg henholdsvis pr. m² solfanger og pr. person. Forbruget varierer stærkt fra anlæg til anlæg. Et veldimensioneret solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning har et varmtvandsforbrug på 50 l/dag pr. m² solfanger. Alle 9 anlæg er derfor overdimensionerede. Forholdsvis små anlægsydelser pr. m² solfanger må derfor forventes.

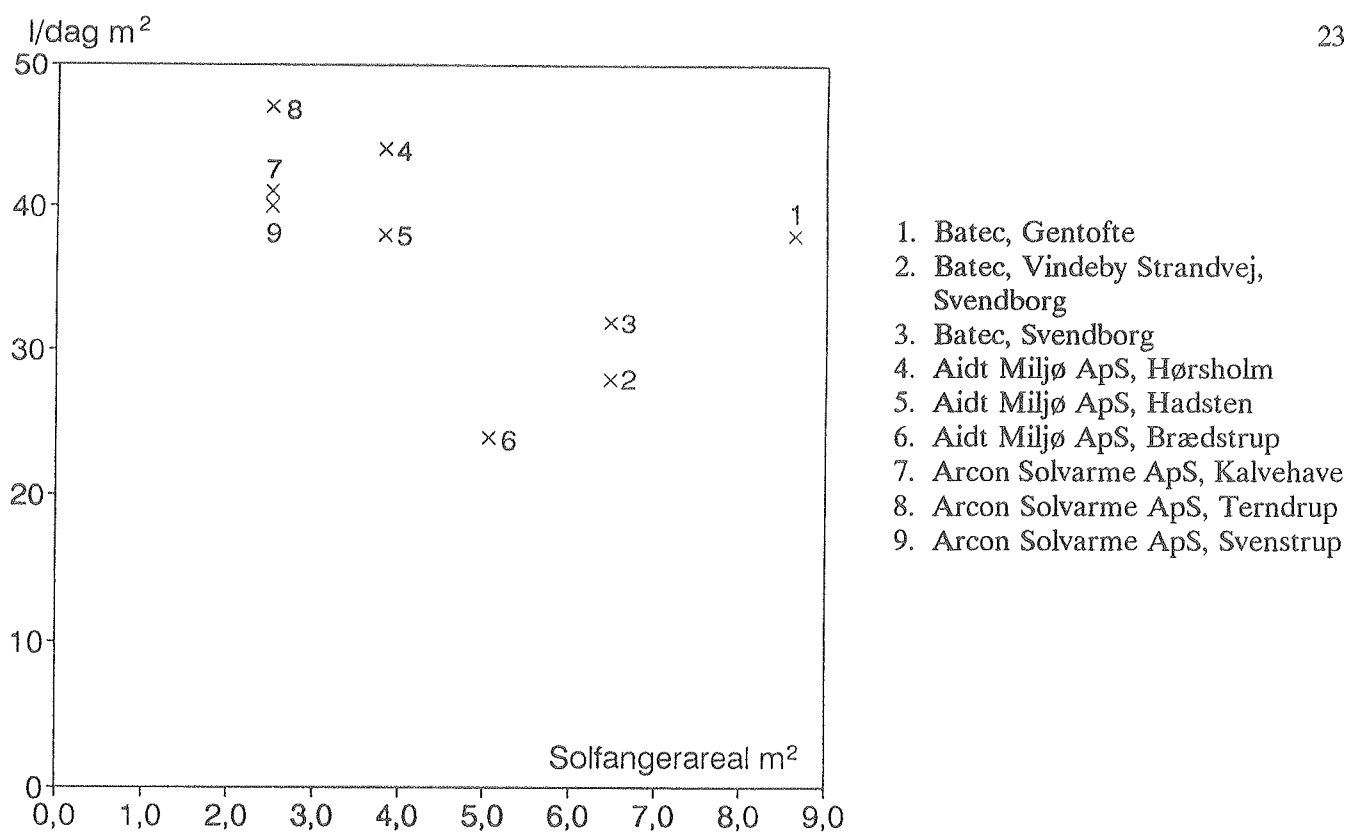
Det daglige varmtvandsforbrug pr. person varierer **meget** fra anlæg til anlæg. Specielt er dette forbrug højt i huse med få beboere, idet den enkelte husstand har et vist grundforbrug af varmt vand. For alle anlæggene er det gennemsnitlige varmtvandsforbrug fundet til 38 l/dag pr. person.

Varmtvandsforbrugets variation gennem året har naturligvis også indflydelse på anlægsydelsen. Figur 17 viser det gennemsnitlige daglige varmtvandsforbrug pr. person for de 9 anlæg for hver måned i måleperioden. Variationerne er navnlig store for huse med få beboere. Desuden er forbruget i mange tilfælde specielt lavt i juli på grund af sommerferie. Dette lave forbrug vil naturligvis resultere i en reduceret anlægsydelse.

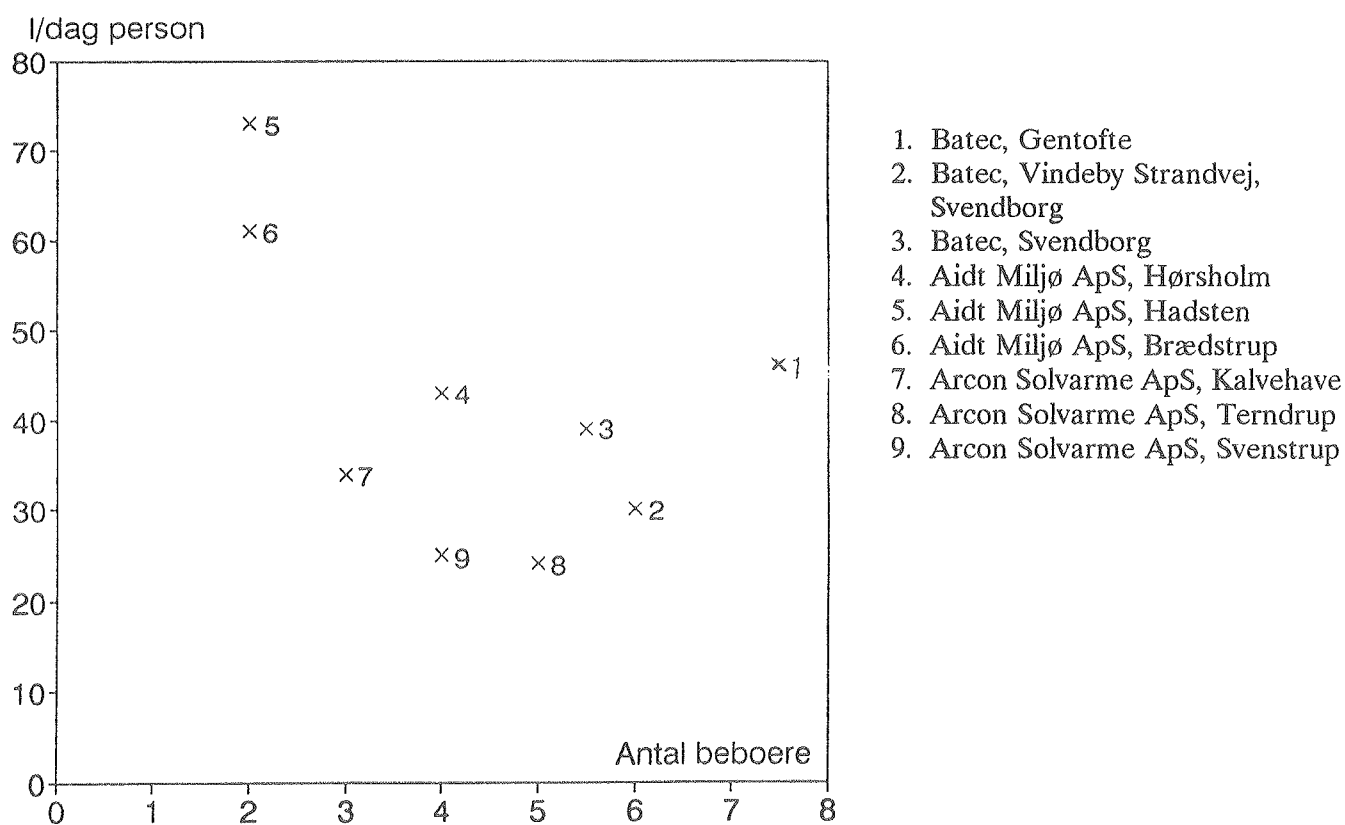
Figur 18 viser gennemsnitlige daglige varmtvandsforbrug pr. person igennem alle årets måneder på basis af målinger for alle 9 anlæg i hele måleperioden. Variationerne her er forholdsvis små, dog er forbruget specielt lavt i juli på grund af sommerferie. Forbruget er i denne figur større end det ovenfor nævnte gennemsnitlige varmtvandsforbrug på 38 l/dag pr. person. Det skyldes, at alle målte månedlige forbrugsstørrelser i denne figur er vægtet lige meget. Altså tæller anlæggene, som blev taget i drift tidligt i projektets forløb langt mere end de nyeste anlæg. Det er netop de først etablerede anlæg, som har de største varmtvandsforbrug pr. person.

Anlæg	Batec	Batec	Batec	Aidt Miljø ApS	Aidt Miljø ApS	Aidt Miljø ApS	Aidt Miljø ApS	Aidt Miljø ApS	Arcon Solvarme ApS København	Arcon Solvarme ApS Ternøse	Arcon Solvarme ApS Svensstrup
Periode	Batec Gentofte 8,64 m²	Vindeby Strand- vej Svendborg 6,48 m²	Batec Svendborg	Aidt Miljø ApS Hørsholm	Aidt Miljø ApS Hadsen	Aidt Miljø ApS Brædstrup	Arcon Solvarme ApS København	Arcon Solvarme ApS Ternøse	Arcon Solvarme ApS Svensstrup		
1989	5-8 beboere 319 l/dag 37 l/dag m² 46 l/dag pers.	6 beboere 154 l/dag 24 l/dag m² 26 l/dag pers.	5-6 beboere 188 l/dag 29 l/dag m² 38 l/dag pers.	4 beboere 174 l/dag 45 l/dag m² 44 l/dag pers.	2 beboere 178 l/dag 46 l/dag m² 89 l/dag pers.	2 beboere 140 l/dag 28 l/dag m² 70 l/dag pers.	3 beboere 93 l/dag 37 l/dag m² 31 l/dag pers.	5 beboere 118 l/dag 47 l/dag m² 24 l/dag pers.	4 beboere 101 l/dag 40 l/dag m² 25 l/dag pers.		
1990	364 l/dag 42 l/dag m² 49 l/dag pers.	182 l/dag 28 l/dag m² 30 l/dag pers.	199 l/dag 31 l/dag m² 38 l/dag pers.	169 l/dag 44 l/dag m² 42 l/dag pers.	139 l/dag 36 l/dag m² 69 l/dag pers.	140 l/dag 28 l/dag m² 70 l/dag pers.	93 l/dag 37 l/dag m² 31 l/dag pers.				
1991	308 l/dag 36 l/dag m² 44 l/dag pers.	190 l/dag 29 l/dag m² 32 l/dag pers.	224 l/dag 35 l/dag m² 40 l/dag pers.	171 l/dag 45 l/dag m² 43 l/dag pers.	145 l/dag 38 l/dag m² 73 l/dag pers.	98 l/dag 19 l/dag m² 49 l/dag pers.	105 l/dag 42 l/dag m² 35 l/dag pers.	118 l/dag 47 l/dag m² 24 l/dag pers.	101 l/dag 40 l/dag m² 25 l/dag pers.		
Total	332 l/dag 38 l/dag m² 46 l/dag pers.	180 l/dag 28 l/dag m² 30 l/dag pers.	207 l/dag 32 l/dag m² 39 l/dag pers.	171 l/dag 44 l/dag m² 43 l/dag pers.	146 l/dag 38 l/dag m² 73 l/dag pers.	121 l/dag 24 l/dag m² 61 l/dag pers.	102 l/dag 41 l/dag m² 34 l/dag pers.	118 l/dag 47 l/dag m² 24 l/dag pers.	101 l/dag 40 l/dag m² 25 l/dag pers.		

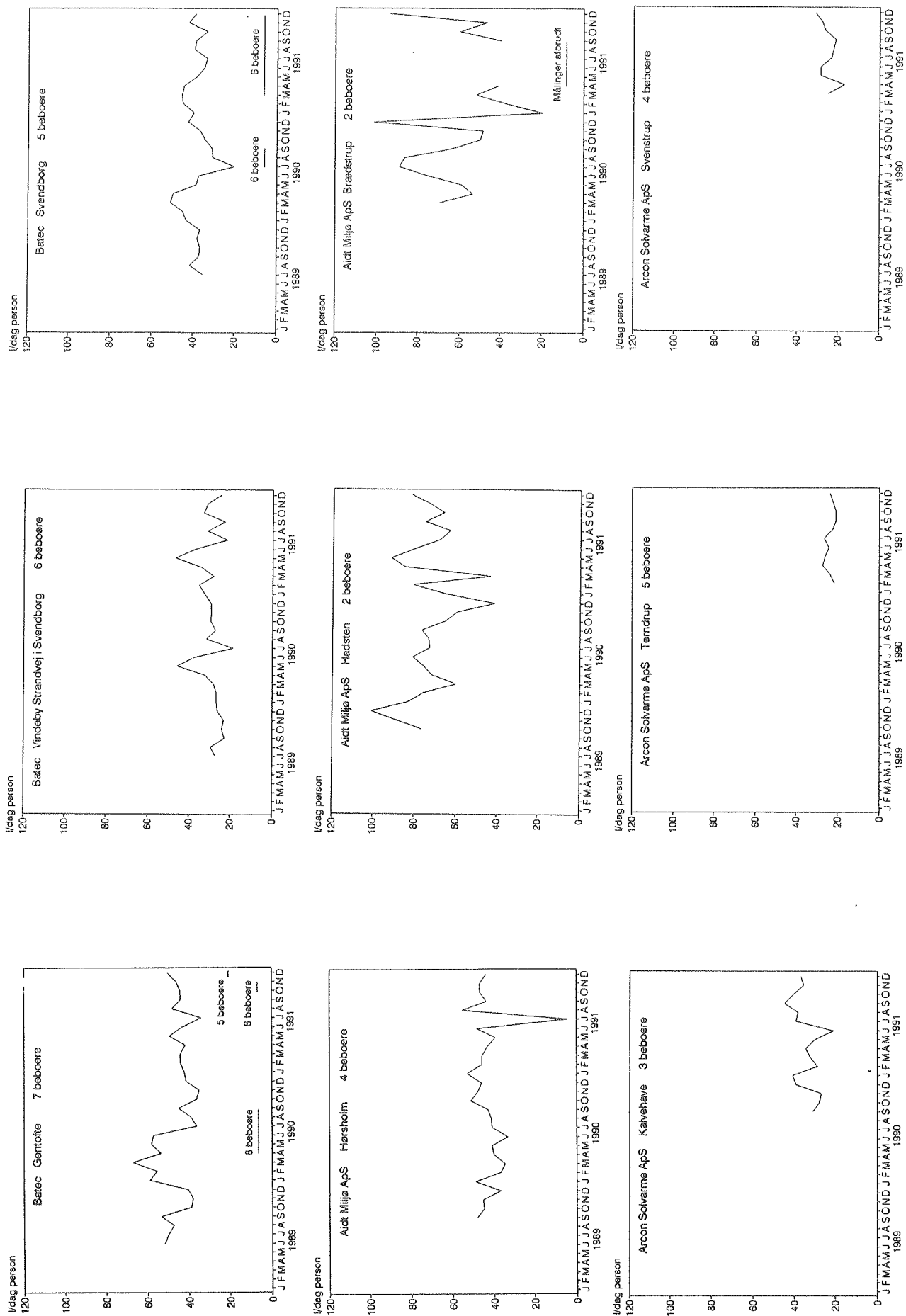
Tabel 2. Målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug.



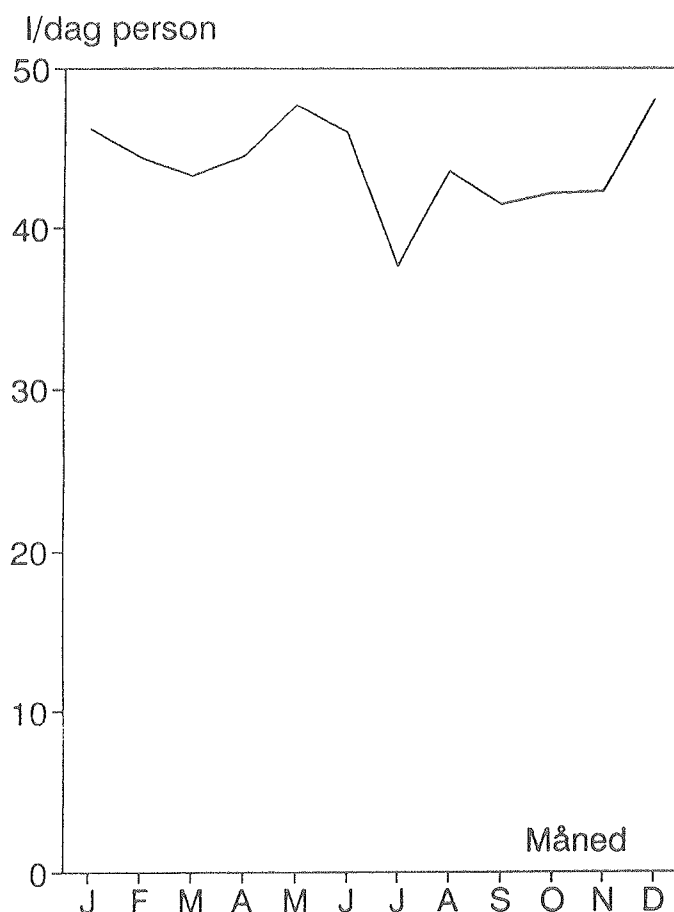
Figur 15. Målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug pr. m² solfanger for de 9 forsøgsanlæg.



Figur 16. Målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug pr. person for de 9 forsøgsanlæg.



Figur 17. Målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug pr. person for de 9 forsøgsanlæg.



Figur 18. Målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug pr. person igennem året for alle 9 anlæg i hele måleperioden.

Solvarmeanlæggenes ydelser afhænger naturligvis også stærkt af solindfaldet. Den målte globalstråling ved klimastationerne i perioderne, hvor anlæggene tæt ved klimastationerne har været i drift, fremgår af tabel 3.

Ved vurderingen af anlægsydelse er der i det følgende regnet med at solindfaldet ved det enkelte anlæg har været lig med solindfaldet ved den klimastation, som er beliggende nærmest ved anlægget. Dog er der for anlægget i Svenstrup regnet med gennemsnitsværdier af solindfaldene i Åholm og Foulum.

På basis af de målte vejrdata og af solfangeres orientering og hældning er størrelsen af det totale solindfald på solfangerne beregnet med det i [9] udviklede program for hver enkelt måned i måleperioden.

De herved "målte" solindfald på solfangerne er angivet i tabel 4. Desuden er solindfaldet på solfangerne i referenceåret angivet.

De målte størrelser for de 9 anlæg fremgår af tabel 5-13. Målte gennemsnitlige varmtvandsforbrug og driftstider for cirkulationspumperne samt energimængderne, som er tappet fra anlæggets

varmtvandsbeholder og tilført fra de(n) supplerende energikilde(r) er angivet. Desuden er solvarmeanlæggets nettoydelse, defineret som energi tappet fra lageret + energi tilført lageret fra de(n) supplerende energikilde(r), angivet. Endvidere er solvarmeanlæggets ydelse inklusiv et skønnet varmetab fra lageret angivet. Dette varmetab er for overskuelighedens skyld skønnet at være 2 kWh/døgn uanset lagerets placering, størrelse og isoleringsforhold. Solvarmeanlæggets ydelse pr. m² solfanger er også angivet både eksklusiv lagerets varmetab og inklusiv det skønnede varmetab. Hvis det på basis af målingerne har været muligt at bestemme solvarmeanlæggets dækningsgrad er denne endvidere angivet både eksklusiv lagerets varmetab og inklusiv det skønnede varmetab fra varmelageret. Definitionen for disse størrelser er angivet i afsnit 3.

I et af anlæggene har målerne været i stykker i et par måneder og cirkulationspumpen været slukket i en måned, i et andet har solfangervæsken været tømt af anlægget i et par måneder og i et tredje blev målerne ikke aflæst i 4 måneder. Endelig skal det nævnes, at Batec anlægget i Svendborg i juli 1991 blev modificeret således at der herefter kan tappes varme fra lageret til rumopvarmning. En ekstra energimåler blev installeret så det blev muligt også at måle denne varmemængde. Borset herfra blev målingerne gennemført som planlagt. Målerresultaterne er sammenfattet i tabel 14.

Periode	Globalstråling, kWh/m ²						
	Laboratoriet for Varmeisolering	Alstedgård	Årslev	Båstrup	Foulum	Åholm	Referenceåret
juli 89	167		151				161
august	124		114				135
sept.	86		81				83
oktober	41		38		46		44
november	21		25		23		19
december	11		11		12		12
januar 90	10		10		7		13
februar	29		31		29		33
marts	71		70	68	68		59
april	130		130	125	121		119
maj	157		186	178	166		155
juni	144		140	135	147		186
juli	167		173	166	171		161
august	137		141	135	140		135
sept.	73	78	78	71	73		83
oktober	40	40	44	42	43		44
november	20	18	20	20	23		19
december	10	10	10	9	11		12
januar 91	17	17	17	17	18		13
februar	27	32	33	32	33		33
marts	60	57	58	55	53	50	59
april	101	97	105	102	103	101	119
maj	160	148	168	165	168	157	155
juni	112	120	134	133	132	125	186
juli	164	159	179	175	164	160	161
august	131	129	134	132	127	123	135
sept.	89	81	88	88	92	86	83
oktober	47	46	47	45	49	42	44
november	17	18	20	18	20	16	19
december	10	10	11	11	12	8	12
1990	988	-	1033	-	999	-	1018
1991	935	914	994	973	971	-	1018

Tabel 3. Målt globalstråling på klimastationer.

Periode	Totalt solindfald på solfangeren, kWh/m ²															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	målt	ref. år	målt	ref. år	målt	ref. år	målt	ref. år	målt	ref. år	målt	ref. år	målt	ref. år	målt	ref. år
juli 89			147	156	146	154										
aug.			126	149	119	141										
sept.	107	104	104	107	92	95	104	101								
okt.	59	63	59	68	50	58	57	61	67	64						
nov.	37	34	51	39	41	31	35	32	43	36						
dec.	26	28	32	34	24	26	24	26	32	32						
jan. 90	18	23	21	27	16	21	17	22	14	24						
febr.	45	52	54	58	44	47	43	49	50	53						
marts	87	72	88	74	76	64	85	71	80	69	80	69				
april	148	135	145	133	135	123	145	133	140	128	136	129				
maj	166	164	186	156	184	154	164	163	164	154	180	157				
juni	146	188	133	176	129	171	146	188	136	172	129	177				
juli	172	165	168	156	166	154	171	164	164	154	163	158				
aug.	155	152	156	149	148	141	152	150	151	145	147	147				
sept.	91	104	100	107	89	95	89	101	89	101	86	101	98	105		
okt.	58	63	68	68	58	58	55	61	63	64	61	63	62	68		
nov.	35	34	40	39	33	31	33	32	43	36	36	35	36	39		
dec.	24	28	29	34	22	26	22	26	29	32	23	30	29	35		
jan. 91	31	23	36	27	28	21	29	22	35	24	32	24	36	27		
febr.	42	52	57	58	47	47	40	49	53	53	50	52	55	57	56	57
marts	74	72	73	74	63	64	72	71	62	69	65	69	71	73	66	73
april	115	135	117	133	109	123	113	133	111	128	111	129	106	130	114	131
maj	169	164	168	156	167	154	167	163	166	154	167	157	144	152	166	153
juni	114	188	127	176	124	171	113	188	122	172	127	177	111	171	123	174
juli	168	165	174	156	172	154	167	164	157	154	172	158	150	152	157	154
aug.	147	152	148	149	140	141	146	150	137	145	144	147	140	146	138	147
sept.	112	104	113	107	100	95	108	101	112	101	107	101	102	105	116	105
okt.	67	63	73	68	62	58	65	61	71	64	64	63	71	68	75	67
nov.	30	34	41	39	33	31	28	32	38	36	33	35	37	39	40	38
dec.	24	28	32	34	24	26	22	26	32	32	27	30	29	35	34	34
1990	1145	1180	1188	1175	1100	1086	1122	1158	1123	1132						
1991	1093	1180	1159	1175	1069	1086	1070	1158	1096	1132	1099	1142	1052	1153		

1. Batec, Gentofte
2. Batec, Vindeby Strandvej, Svendborg
3. Batec, Svendborg
4. Aidt Miljø ApS, Hørsholm
5. Aidt Miljø ApS, Hadsten
6. Aidt Miljø ApS, Brædstrup
7. Arcon Solvarme ApS, Kalvehave
8. Arcon Solvarme ApS, Terndrup
9. Arcon Solvarme ApS, Svenstrup

Tabel 4. Totalt solindfald på solfangeren for de 9 forsøgsanlæg - målte størrelser fremhævet og størrelser fra referenceåret.

Anlæg	Periode	Varmtandsforbrug		Gennemsnitlig tid for pumpe	Energi tappet fra lager	Energi tilført fra:		Solvarmeanlæggets nettoydelse:		Solvarmeanlæggets ydelse pr. m ² solfanger		Solvarmeanlæggets dækningsgrad	
		l/dag	l/m ² dag	h/dag	*	elpatron	fyr	ekskl. varmetab	inkl. skønnet varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab
Batec	juni 1989	360	42	10,8	408	218	0	190	250	22	29	47	53
8,64 m ²	juli	348	40	6,7	394	503	0	-109	-47	-13	-5	< 0	< 0
	august	330	38	7,5	381	375	0	6	68	1	8	2	15
Gentofte	september	374	43	5,8	441	470	96	-125	-65	-14	-8	< 0	< 0
	oktober	272	31	1,9	491	0	958	-467	-405	-54	-47	< 0	< 0
	november	267	31	1,0	482	0	934	-452	-392	-52	-45	< 0	< 0
	december	282	33	0,5	554	0	1017	-463	-401	-54	-46	< 0	< 0
7 beboere	januar 1990	412	48	0,3	621	153	1185	-717	-655	-83	-76	< 0	< 0
Fra april 1990 til september 1990 og	februar	388	45	2,0	861	0	963	-102	-46	-12	-5	< 0	< 0
september 1990 og	marts	470	54	3,4	297	0	835	62	124	7	14	7	13
	april	429	50	7,0	831	0	509	322	382	37	44	39	43
	maj	464	54	7,9	775	198	33	544	606	63	70	70	72
fra oktober 1991 til november 1991	juni	456	53	6,6	697	293	1	403	463	47	54	58	61
	juli	290	34	6,2	544	116	0	428	490	50	57	79	81
	august	312	36	6,0	537	154	1	382	444	44	51	71	74
8 beboere	september	358	41	3,6	653	173	309	171	231	20	27	26	32
	oktober	254	29	2,3	628	0	609	19	81	2	9	3	12
	november	245	28	0,8	635	0	666	-31	29	-4	3	< 0	4
December 1991:	december	289	33	0,6	733	0	799	-66	-4	-8	0	< 0	< 0
	januar 1991	295	34	1,1	732	0	763	-31	31	-4	4	< 0	0
5 beboere	februar	307	36	1,1	705	0	746	-41	15	-5	2	< 0	0
	marts	309	36	2,8	734	0	657	77	139	9	16	1	17
	april	291	34	4,6	690	0	489	201	261	23	30	29	35
	maj	344	40	6,2	759	31	347	381	443	44	51	50	54
	juni	302	35	4,0	469	260	0	209	269	24	31	45	51
	juli	237	27	6,3	491	140	0	351	413	41	48	71	75
	august	335	39	6,6	570	161	0	409	471	47	55	72	75
	september	308	36	4,7	633	53	386	194	254	22	29	31	37
	oktober	353	41	2,5	758	0	765	-7	55	-1	6	< 0	7
	november	368	43	0,7	773	0	840	-67	-7	-8	-1	< 0	< 0
	december	251	29	0,2	689	0	789	-100	-38	-12	-4	< 0	< 0

* Inklusiv cirkulationsledningstab, fra februar 1990.

Tabel 5. Målte varmtvandsforbrug og ydelser for Batec-anlægget i Gentofte.

Anlæg	Periode	Varmtvandsforbrug		Gennemsnitlig tid for pumpe	Energi tappet fra lager	Energi tilført fra:		Solvarmeanlæggets nettoydelse:		Solvarmeanlæggets ydelse pr. m² solfanger		Solvarmeanlæggets dækningsgrad	
		l/dag	l/m²dag	h/dag	kWh	elpatron	fyr	ekskl. varmetab	inkl. skønnet varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab
Batec 6,48 m²	juli 1989	163	25	6,7	191	0	0	191	253	29	39	100	100
	august	178	28	6,5	228	0	0	228	290	35	45	100	100
	september	137	21	5,8	213	0	0	213	273	33	42	100	100
	oktober	145	22	3,8	193	0	76	117	179	18	28	61	70
	november	140	22	3,3	203	0	152	51	111	8	17	25	42
	december	158	24	1,7	269	0	357	-88	-26	-14	4	< 0	< 0
	januar 1990	161	25	1,1	273	0	313	-40	22	-6	3	< 0	7
	februar	161	25	3,5	234	0	189	45	101	7	16	19	35
	marts	169	26	4,7	273	0	113	160	222	25	34	59	66
	april	193	30	7,0	337	0	28	309	369	48	57	92	93
	maj	275	42	7,9	576	0	1	575	637	89	98	100	100
	juni	225	35	7,3	366	0	37	329	389	51	60	90	91
Vindeby Strandvej Svendborg 6 beboere	juli	113	17	5,6	197	0	1	196	258	30	40	99	100
	august	190	29	7,2	306	0	0	306	368	47	57	100	100
	september	164	25	5,2	234	0	38	196	256	30	40	84	87
	oktober	178	28	4,4	261	0	155	106	168	16	26	41	52
	november - december *	177	27	-	715	0	777	-	-	-	-	-	-
	januar 1991	196	30	2,9	334	0	309	25	87	4	13	7	22
	februar	211	33	3,2	314	0	271	43	99	7	15	14	27
	marts	170	26	6,1	275	0	156	119	181	18	28	43	54
	april	206	32	8,2	318	0	113	205	265	32	41	64	70
	maj	281	43	8,1	502	0	60	442	504	68	78	88	89
	juni	224	35	8,6	272	0	50	222	282	34	44	82	85
	juli	130	20	8,2	209	0	24	185	247	29	38	89	91
Vindeby Strandvej Svendborg 6 beboere	august	189	29	7,2	269	0	0	269	331	42	51	100	100
	september	137	21	5,9	257	0	0	257	317	40	49	100	100
	oktober	199	31	4,3	260	0	92	168	230	26	35	65	71
	november	188	29	2,8	257	0	159	98	158	15	24	38	50
	december	148	23	1,2	220	0	188	32	94	5	15	15	33

* Anlægget ikke i drift. Solfangervæske tømt af anlægget.

Tabel 6. Målte varmtvandsforbrug og ydelser for Batec-anlægget på Vindeby Strandvej i Svendborg.

Anlæg	Periode	Varmtvandsforbrug		Gennemsnitlig tid for pumpe	Energi tappet fra lager	Energi tilført fra:		Solvarmeanlæggets nettoydelse:		Solvarmeanlæggets ydelse pr. m² solfanger		Solvarmeanlæggets dækningsgrad	
		l/dag	l/m²dag	h/dag	kWh	elpatron	fyr	ekskl. varmetab	inkl. skønnet varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab
					kWh			kWh	kWh	kWh/m²		%	%
Batec 6,48 m²	juli 1989	176	27	6,9	235	12	0	223	285	34	44	95	96
	august	208	32	7,0	247	30	10	208	270	32	42	84	87
	september	187	29	6,8	239	17	3	219	279	34	43	92	93
	oktober	183	28	4,2	257	0	182	75	137	12	21	29	43
	november	190	29	2,8	273	0	224	49	109	8	17	18	33
Svendborg	december	184	28	1,5	280	0	283	-3	59	0	9	< 0	17
	januar 1990	218	34	1,0	325	0	331	-6	56	-1	9	< 0	14
	februar	226	35	3,3	304	0	262	42	98	6	15	14	27
	marts	255	39	4,7	385	19	231	135	197	21	30	35	44
	april	249	38	6,9	352	0	115	237	297	37	46	67	72
5 beboere fra juli 1990 til september 1990	maj	193	30	7,7	285	8	33	244	306	38	47	86	88
	juni	188	29	7,1	230	28	0	202	262	31	40	88	90
	juli	122	19	7,2	190	7	0	183	245	28	38	96	97
	august	184	28	7,5	266	18	0	248	310	38	48	93	95
	september	186	29	5,9	240	28	78	134	194	21	30	56	65
og fra maj 1991 til december 1991:	oktober	172	27	4,3	218	0	160	58	120	9	19	27	43
	november	184	28	-	224	0	284	-	-	-	-	-	-
	december	214	33	0,6	302	0	255	47	109	7	17	16	30
	januar 1991	200	31	1,7	272	0	*	*	*	*	*	*	*
	februar	227	35	2,0	298	0	*	*	*	*	*	*	*
6 beboere	marts	229	35	4,8	302	0	209	93	155	14	24	31	43
	april	224	35	6,5	296	3	98	195	255	30	39	66	72
	maj	231	36	7,4	323	29	44	250	312	39	48	77	81
	juni	209	32	8,1	270	62	0	208	268	32	41	77	81
	juli	201	31	7,7	291	25	0	266	328	41	51	91	93
▲	august	239	37	7,5	333	32	0	301	363	46	56	-	-
	september	235	36	5,4	287	0	92	195	255	30	39	-	-
	oktober	200	31	3,5	241	0	153	88	150	14	23	-	-
	november	257	40	1,8	318	0	270	48	108	7	17	-	-
	december	235	36	1,0	311	0	279	32	94	5	15	-	-

x Cirkulationspumpe slukket i en del af perioden.

* Cloriusmåler i stykker !

▲ I juli 1991 blev anlægget modificeret, så der herefter også kan tappes varme fra lageret til rumopvarmning.

Tabel 7. Målte varmtvandsforbrug og ydelser for Batec-anlægget i Svendborg.

Anlæg	Periode	Varmtvandsforbrug		Gennemsnitlig tid for pumpe	Energi tappet fra lager	Energi tilført fra:		Solvarmeanlæggets nettoydelse:		Solvarmeanlæggets ydelse pr. m² solfanger		Solvarmeanlæggets dækningsgrad	
		l/dag	l/m²dag			elpatron	fyr	ekskl. varmetab	inkl. skønnet varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab
Aidt Miljø ApS 3,84 m² Hørsholm 4 beboere	sept. 1989	192	50	5,8	195	90	0	105	165	27	43	54	65
	oktober	179	47	2,4	245	214	0	31	93	8	24	13	30
	november	181	47	1,1	267	226	0	41	101	11	26	15	31
	december	146	38	0,3	226	216	0	10	72	3	19	4	25
	januar 1990	196	51	0,2	335	304	0	31	93	8	24	9	23
	februar	146	38	1,2	254	200	0	54	110	14	29	21	35
	marts	138	36	3,2	261	172	0	89	151	23	39	34	47
	april	160	42	5,2	278	127	0	151	211	39	55	54	62
	maj	164	43	7,2	287	97	0	190	252	49	66	66	72
	juni	132	34	6,7	208	78	0	130	190	34	49	63	71
	juli	164	43	7,0	257	93	0	164	226	43	59	64	71
	august	165	43	7,0	245	84	0	161	223	42	58	66	73
	september	171	45	4,2	273	148	0	125	185	33	48	46	56
	oktober	204	53	2,8	353	243	0	110	172	29	45	31	41
	november	191	50	1,3	354	266	0	88	148	23	39	25	36
	december	184	48	0,4	352	284	0	68	130	18	34	19	31
	januar 1991	212	55	0,5	422	331	0	91	153	24	40	22	32
	februar	183	48	0,6	344	269	0	75	131	20	34	22	33
	marts	183	48	2,5	365	243	0	122	184	32	48	33	43
	april	173	45	4,0	322	177	0	145	205	38	53	45	54
	maj	157	41	6,1	276	108	0	168	230	44	60	61	68
	juni	193	50	6,5	327	136	0	191	251	50	65	58	65
	juli	18	5	4,7	32	31	0	1	63	0	16	3	17
	august	221	58	6,8	346	127	0	219	281	57	73	63	69
	september	174	45	5,1	280	134	0	146	206	38	54	52	61
	okt. - nov.	187	49	1,2	698	502	0	196	318	51	83	28	39
	december	175	46	0,1	356	288	0	68	130	18	34	19	31

Tabel 8. Målte varmtvandsforbrug og ydelser for Aidt Miljø ApS - anlæget i Hørsholm.

Anlæg	Periode	Varmtvandsforbrug		Gennemsnitlig tid for pumpe	Energi tappet fra lager	Energi tilført fra:		Solvarmeanlæggets nettoydelse:		Solvarmeanlæggets ydelse pr. m² solfanger		Solvarmeanlæggets dækningsgrad	
		l/dag	l/m²dag	h/dag	kWh	elpatron	fyr	ekskl. varmetab	inkl. skønnet varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab
Aidt Miljø ApS 3,84 m²	oktober 1989	153	40	4,6	281	20	387	-126	-64	-	-	< 0	< 0
	november	178	46	1,3	276	0	345	-69	-9	-	-	< 0	< 0
	december	202	53	1,1	284	0	358	-74	-12	-	-	< 0	< 0
	januar 1990	166	43	0,8	283	0	364	-81	-19	-	-	< 0	< 0
	februar	151	39	3,5	251	138	155	-42	14	-11	4	< 0	5
	marts	120	31	5,5	208	200	0	8	70	2	18	4	26
	april	143	37	8,9	192	85	0	107	167	28	43	56	66
	maj	151	39	9,6	191	47	0	144	206	38	54	75	81
	juni	162	42	9,7	184	62	0	122	182	32	47	66	75
	juli	145	38	9,5	185	35	0	150	212	39	55	81	86
	august	146	38	8,3	190	45	0	145	207	38	54	76	82
	september	153	40	6,9	228	193	0	35	95	9	25	15	33
Hadsten 2 beboere	oktober	130	34	4,8	238	214	0	24	86	6	22	10	29
	november	119	31	2,3	273	288	0	-15	45	-4	12	< 0	4
	december	83	22	0,6	206	239	0	-33	29	-9	8	< 0	3
	januar 1991	130	34	1,5	309	341	3	-32	30	-8	8	< 0	8
	februar	162	42	3,0	257	268	0	-11	45	-3	12	< 0	14
	marts	87	23	4,1	152	161	0	-9	53	-2	14	< 0	26
	april	170	44	7,5	221	124	0	97	157	25	41	44	56
	maj	183	48	6,9	245	92	0	153	215	40	56	62	70
	juni	161	42	6,1	177	92	0	85	145	22	38	48	61
	juli	136	35	7,1	188	40	0	148	210	39	55	79	84
	august	126	33	7,9	176	42	0	134	196	35	51	76	82
	september	150	39	6,4	196	101	0	95	155	25	40	48	61
	oktober	132	34	4,5	196	156	0	40	102	10	27	20	40
	november	145	38	1,8	242	31	314	-103	-43	-27	-11	< 0	< 0
	december	164	43	1,3	286	0	370	-84	-22	-22	-6	< 0	< 0

* Inklusiv cirkulationsledningstab.

Tabel 9. Målte varmtvandsforbrug og ydelser for Aidt Miljø ApS - anlægget i Hadsten.

Anlæg	Periode	Varmtvandsforbrug		Gennemsnitlig tid for pumpe	Energi tappet fra lager	Energi tilført fra:		Solvarmeanlæggets nettoydelse:		Solvarmeanlæggets ydelse pr. m² solfanger		Solvarmeanlæggets dækningsgrad	
		1/dag	1/m²dag	h/dag	kWh	elpatron	fjervarme	ekskl. varmetab	inkl. skønnet varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab
Aidt Miljø ApS 3,84 m²	marts 1990	139	36	2,4	150	0	122	28	90	7	23	19	43
	april	107	28	3,6	136	0	98	38	98	10	26	28	50
	maj	118	-	6,4	150	0	62	88	150	-	-	59	71
	juni	150	30	7,3	184	0	79	105	165	21	33	57	68
	juli	178	35	7,3	193	0	119	74	136	15	27	38	53
fra 17.6.1990 5,07 m²	august	173	34	7,1	199	0	82	117	179	23	35	59	69
	september	128	25	2,9	145	0	120	25	85	5	17	17	41
	oktober	100	20	2,8	126	0	103	23	85	5	17	18	45
	november	97	19	1,6	140	0	153	-13	47	-3	9	-	5
	december	203	40	0,6	355	0	426	-71	-9	-14	-2	-	-
Brædstrup 2 beboere	januar 1991	39	8	1,1	111	0	175	-64	-2	-13	0	-	0
	februar	74	15	1,3	117	0	171	-54	2	-11	0	-	1
	marts	104	21	2,5	144	0	112	32	94	6	19	22	46
	april	82	16	4,8	112	0	70	42	102	8	20	38	59
	september	79	16	3,9	89	0	15	74	134	15	26	83	90
	oktober	120	23	2,2	132	0	94	38	100	7	20	29	52
	november	93	18	1,0	104	0	110	-6	54	-1	11	-	33
	december	188	37	0,6	239	0	280	-41	21	-8	4	-	7

Der er ikke foretaget målinger i perioden maj 1991 - august 1991

Tabel 10. Målte varmtvandsforbrug og ydelser for Aidt Miljø ApS - anlægget i Brædstrup.

Anlæg	Periode	Varmtvandsforbrug		Gennemsnitlig tid for pumpe	Energii tappet fra lager	Energii tilført fra:		Solvarmeanlæggets nettoydelse:		Solvarmeanlæggets ydelse pr. m² solfanger		Solvarmeanlæggets dækningsgrad	
		l/dag	l/m²dag			elpatron	fyrr	ekskl. varmetab	inkl. skønnet varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab
Arcon Solvarme ApS 2,51 m² Kalvehave 3 beboere	sept. 1990	93	37	1,9	89	0	66	23	83	9	33	26	56
	oktober	83	33	1,4	74	0	57	17	79	7	31	23	58
	november	80	32	0,7	83	0	90	-7	53	< 0	21	< 0	14
	december	117	47	1,3	125	0	142	-17	45	< 0	18	< 0	24
	januar 1991	122	48	0,9	135	0	154	-19	43	< 0	17	< 0	9
	februar	86	34	0,8	90	0	97	-7	49	< 0	20	< 0	34
	marts	96	38	1,6	86	0	105	-19	43	< 0	17	< 0	29
	april	103	41	5,6	85	0	102	-17	43	< 0	17	< 0	30
	maj	90	36	6,3	90	0	55	35	97	14	39	39	64
	juni	62	25	5,8	77	86	15	-24	36	-10	14	< 0	10
	juli	118	47	8,3	101	45	0	56	118	22	47	55	72
	august	115	46	7,9	90	20	3	67	129	27	51	14	85
	september	134	54	5,2	105	60	0	45	105	18	42	43	64
	oktober	121	48	3,9	95	0	100	-5	57	-2	23	< 0	36
	november	106	42	1,4	86	0	119	-33	27	-13	11	< 0	18
	december	110	44	1,0	97	0	*	*	*	*	*	*	*

* Kontrol af energimåler og målemetode.

Tabel 11. Målte varmtvandsforbrug og ydelser for Arcon Solvarme ApS - anlægget i Kalvehave.

Anlæg	Periode	Varmtvandsforbrug		Gennemsnitlig tid for pumpe	Energi tappet fra lager	Energi tilført fra:		Solvarmeanlæggets nettoydelse:		Solvarmeanlæggets ydelse pr. m² solfanger	
		l/dag	l/m²dag			elpatron	fyr	ekskl. varmetab	inkl. skønnet varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab
Arcon Solvarme ApS 2,51 m² Terndrup 5 beboere	februar 1991	108	43	2,8	51	32	0	19	75	8	30
	marts	118	47	4,9	70	27	0	43	105	17	42
	april	136	54	6,6	122	3	0	119	179	47	71
	maj	129	51	7,7	149	4	0	145	207	58	82
	juni	121	48	8,4	102	0	0	102	162	41	65
	juli	132	53	9,2	151	1	0	150	212	60	84
	august	111	44	8,5	125	0	0	125	187	50	75
	september	104	41	6,4	98	0	0	98	158	39	63
	oktober	104	41	5,2	61	6	0	55	117	22	47
	november	111	44	2,9	52	28	0	24	84	10	33
	december	119	47	2,7	58	46	0	12	74	5	29

Tabel 12. Målte varmtvandsforbrug og ydelser for Arcon Solvarme ApS - anlægget i Terndrup.

Anlæg	Periode	Varmtvandsforbrug		Gennemsnitlig tid for pumpe	Energi tappet fra lager	Energi tilført fra:		Solvarmeanlæggets nettoydelse:		Solvarmeanlæggets ydelse pr. m² soifanger	
		l/dag	l/m²dag			elpatron	fyr	ekskl. varmetab	inkl. skøtinet varmetab	ekskl. varmetab	inkl. varmetab
Arcon Solvarme ApS 2,51 m² Svenstrup 4 beboere	marts 1991	101	40	2,5	78	0	134	-56	6	-22	2
	april	68	27	4,2	87	0	92	-5	55	-2	22
	maj	114	46	9,0	159	0	70	89	151	35	60
	juni	114	45	12,8	94	0	45	49	109	20	43
	juli	93	37	13,8	93	0	0	93	155	37	62
	august	89	36	12,5	82	0	14	68	130	27	52
	september	85	34	9,9	75	0	32	43	103	17	41
	oktober	105	42	4,8	133	0	192	-59	3	-23	1
	november	112	45	2,5	151	0	210	-60	0	-24	0
	december	125	50	1,9	178	0	257	-79	-17	-31	-7

Tabel 13. Målte varmtvandsforbrug og ydelser for Arcon Solvarme ApS - anlægget i Svenstrup.

Anlæg	Periode	Varmtvandsforbrug	Gennemsnitlig tid for pumpe	Energi tappet fra lager	Energi tilført lager fra supplerende energikilde(r)	Solvarmeanlæggets nettoydelse ekskl. varmetab	Solvarmeanlæggets ydelse pr. m ² solfanger ekskl. varmetab	Solvarmeanlæggets dækningsgrad ekskl. varmetab inkl. varmetab
		l/dag	h/dag	kWh	kWh	kWh	kWh/m ²	%
Batec, Gentofte 8,64 m ²	juni-dec. 1989 1990 1991	319 364 308	4,9 3,9 3,4	3151 8412 8003	4571 6997 6427	-1420 1415 1576	-164 164 182	- 17 20
Batec, Vindeby Strandvej, Svendborg 6,48 m ²	juli-dec. 1989 jan-okt. 1990* 1991	154 182 190	4,6 5,4 5,6	1297 3057 3487	585 875 1422	712 2182 2065	110 337 319	55 71 59
Batec, Svendborg 6,48 m ²	juli-dec. 1989 jan-okt og dec.1990** mar.-dec. 1991***	188 199 224	4,9 5,1 4,8	1531 3097 2972	761 1573 1296	770 1524 1676	119 235 259	50 49 56
Aidt Miljø ApS Hørsholm 3,84 m ²	sept.-dec. 1989 1990 1991	174 169 171	2,4 3,9 3,3	933 3457 3768	746 2096 2346	187 1361 1422	49 354 370	20 39 38
Aidt Miljø ApS Hårsten 3,84 m ²	okt.-dec. 1989 1990 1991	177 139 145	2,4 5,9 4,9	841 2629 2645	1110 2065 2135	-269 564 510	-70 147 133	- 21 19
Aidt Miljø ApS Bredstrup 5,07 m ²	juni-dec. 1990 jan.-april og sept.-dec. 1991 ****	147 98	4,2 2,2	1342 1048	1082 1027	260 21	51 4	19 2
Arcon Solvarme ApS, Kalvehave 2,51 m ²	sept.-dec. 1990 jan.-nov. 1991 *****	93 105	1,3 4,1	371 1137	355 961	16 176	6 70	4 15
Arcon Solvarme ApS, Terndrup 2,51 m ²	febr.-dec. 1991	118	6,0	1039	147	892	355	-
Arcon Solvarme ApS, Svenstrup 2,51 m ²	marts-dec. 1991	101	7,4	1130	1046	84	33	-

* anlæg ikke i drift i november - december.
 ** anlæg ikke i drift i november.
 *** måler i stykker januar - februar.
 **** der er ikke foretaget målinger i maj - august.
 ***** målemetode kontrolleret i december.

Tabel 14. Målte varmtvandsforbrug og ydelser for de 9 anlæg.

4.5 Vurdering af anlægsydelse

For at vurdere om anlægsydelse er så høje som det kan forventes blev der med det i [9] udviklede program gennemført ydelsesberegninger for anlæggene med referenceårets vejrdata. Anlægget i Svenstrup blev dog ikke taget i beregning, da programmet ikke er i stand til at regne med en vandretliggende kappebeholder. Beregningsprogrammet kræver et nøje kendskab til udformningen af anlæggene. Alle beregningsforudsætninger kendes imidlertid ikke med god nøjagtighed. Et eksempel herpå er størrelsen af varmetabskoefficienten for den øverste del af varmelageret. Denne størrelse har stor indflydelse på anlægsydelsen. De beregnede anlægsydelse er altså bestemt med nogen usikkerhed.

En anden betydningsfuld beregningsforudsætning er det temperaturniveau, som de(n) supplerende energikilde(r) opvarmer toppen af varmtvandsbeholderen til. Dette temperaturniveau er bestemt for hvert anlæg ved at sammenholde målte tappede vand- og energimængder for en måned med så lille dækningsgrad, at solvarmen ikke har bidraget nævneværdigt til opvarmningen. De herved fundne temperaturniveauer er anført i tabel 15.

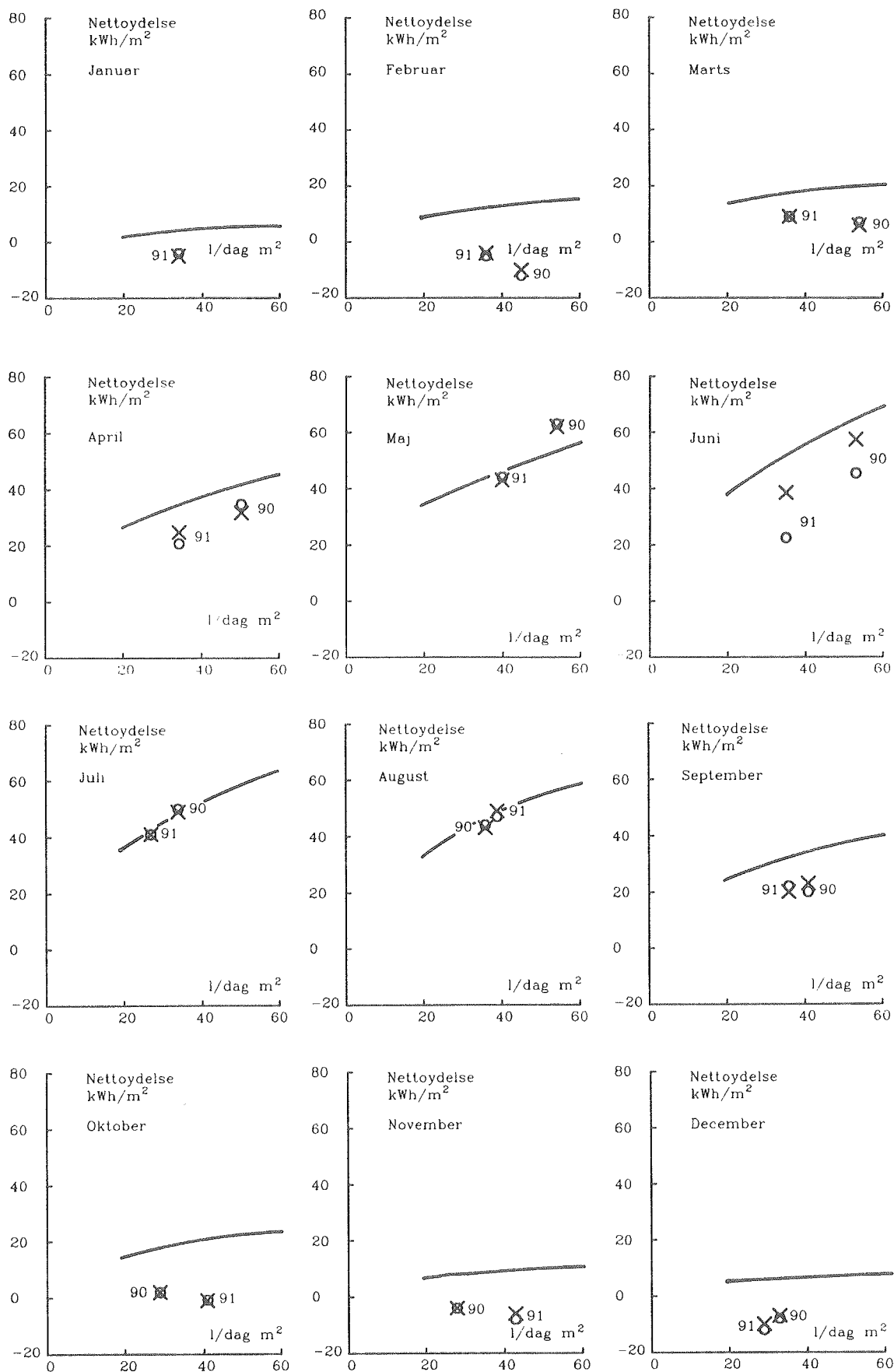
Anlæg	Vandtemperaturen i toppen af tanken opvarmet af de(n) supplerende energikilde(r)
Batec, Gentofte	42°C
Batec, Vindeby Strandvej, Svendborg	55°C om vinteren. Om sommeren ingen back-up.
Batec, Svendborg	52°C
Aidt Miljø ApS, Hørsholm	53°
Aidt Miljø ApS, Hadsten	59°C
Aidt Miljø ApS, Brædstrup	40°C. I perioder dog 90°C pga. af fejlagtig styring af fjernvarmetilførslen.
Arcon Solvarme ApS, Kalvehave	45°C. I perioder dog kun 35°C
Arcon Solvarme ApS, Terndrup	10°C
Arcon Solvarme ApS, Svenstrup	32°C

Tabel 15. Temperaturen, hvortil de(n) supplerende energikilde(r) opvarmer toppen af lagertanken.

Ydelsesberegninger er gennemført med forskellige størrelser af det daglige varmtvandsforbrug. I alle beregningerne er der regnet med en koldt vandtemperatur på 10°C. De beregnede og målte anlægsydelse er angivet som funktion af det gennemsnitlige daglige varmtvandsforbrug pr. m² solfanger for hver måned på figur 19-26.

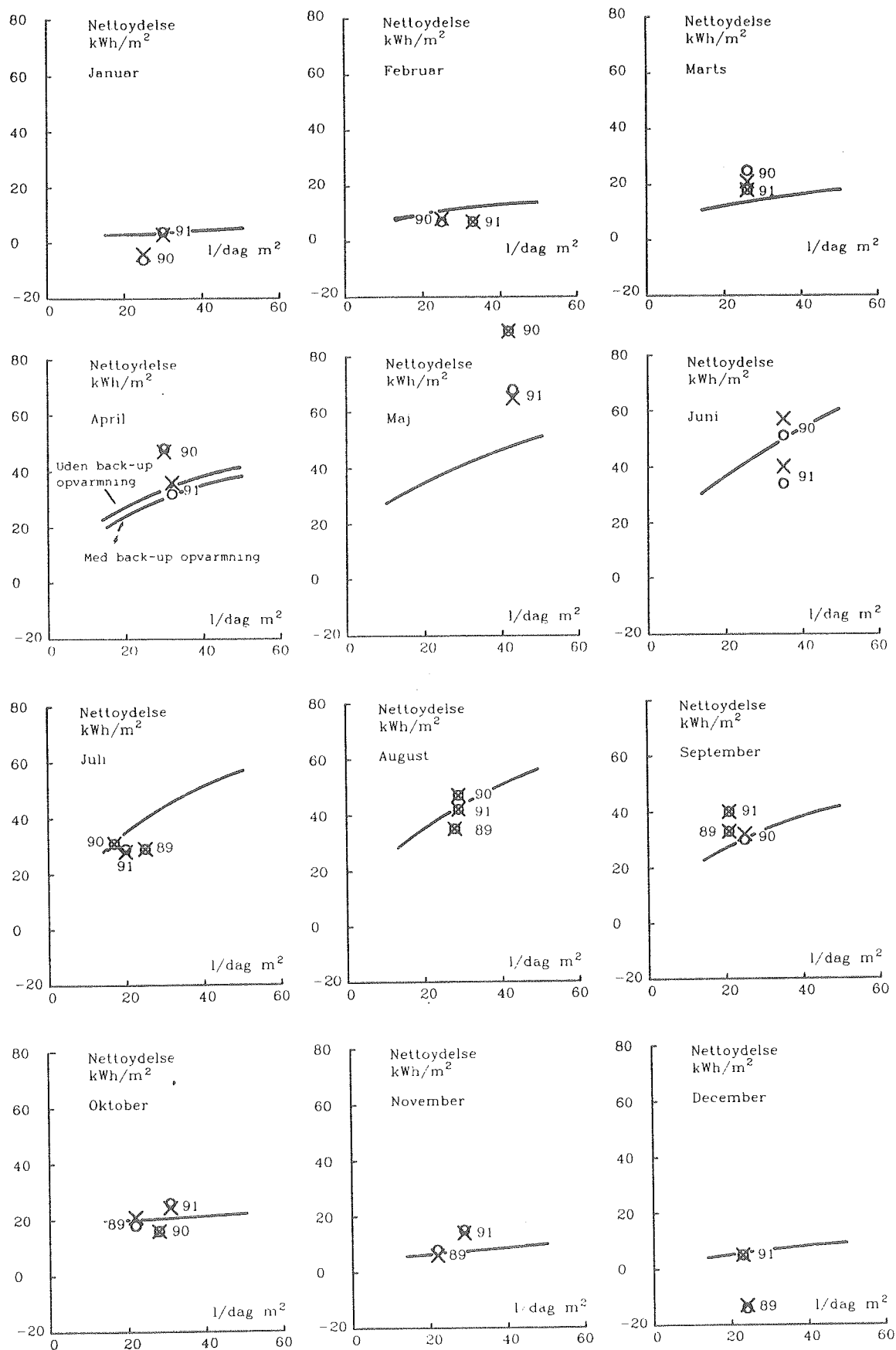
Det skal nævnes, at beregningsprogrammet ikke er i stand til at tage en cirkulationsledning i beregning. Derfor burde man forvente at anlægsydelse for Gentofte- og Hadsten-anlæggene er en smule højere end de beregnede størrelser, hvis anlæggene fungerer som påtænkt.

På figurerne er de målte anlægsydelse angivet for hver måned. På basis af beregninger udført i [10] og [11] er der opstillet en sammenhæng mellem forholdet mellem faktisk solindfald og solindfaldet i referenceåret, anlæggets dækningsgrad og forholdet mellem anlægsydelsen med det faktiske solindfald og anlægsydelsen i referenceåret. På basis af de faktiske solindfald og referenceårets solindfald fra tabel 4 har det herved været muligt at korrigere de målte



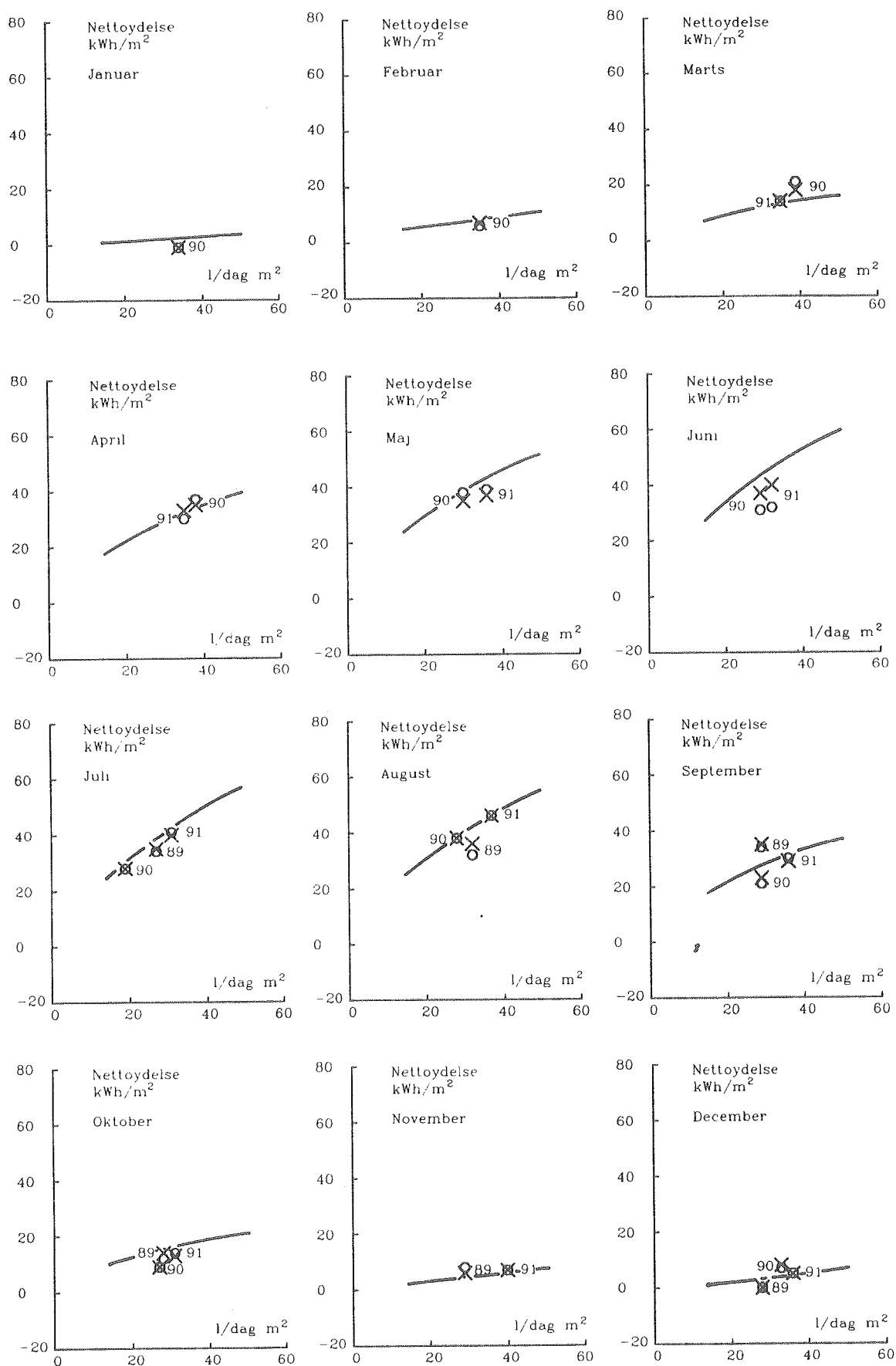
- Beregnet ydelse i referenceåret.
- o Målt ydelse.
- x "Målt" ydelse i referenceåret.

Figur 19. Beregnede og målte ydelser igennem året for Batec-anlægget i Gentofte.



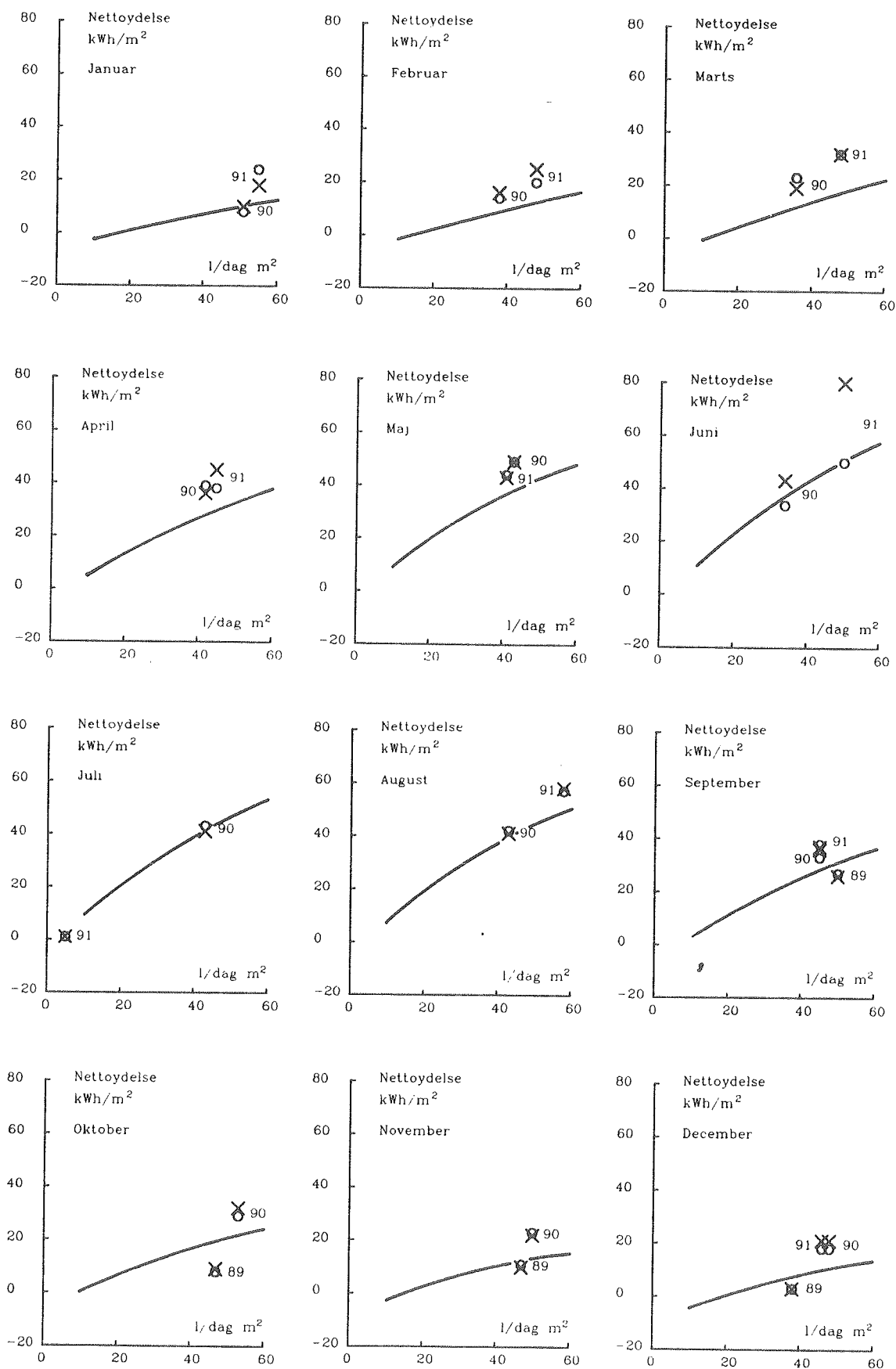
- Beregnet ydelse i referenceåret.
- o Målt ydelse.
- x "Målt" ydelse i referenceåret.

Figur 20. Beregnede og målte ydelser igennem året for Batec-anlægget på Vindeby Strandvej i Svendborg.



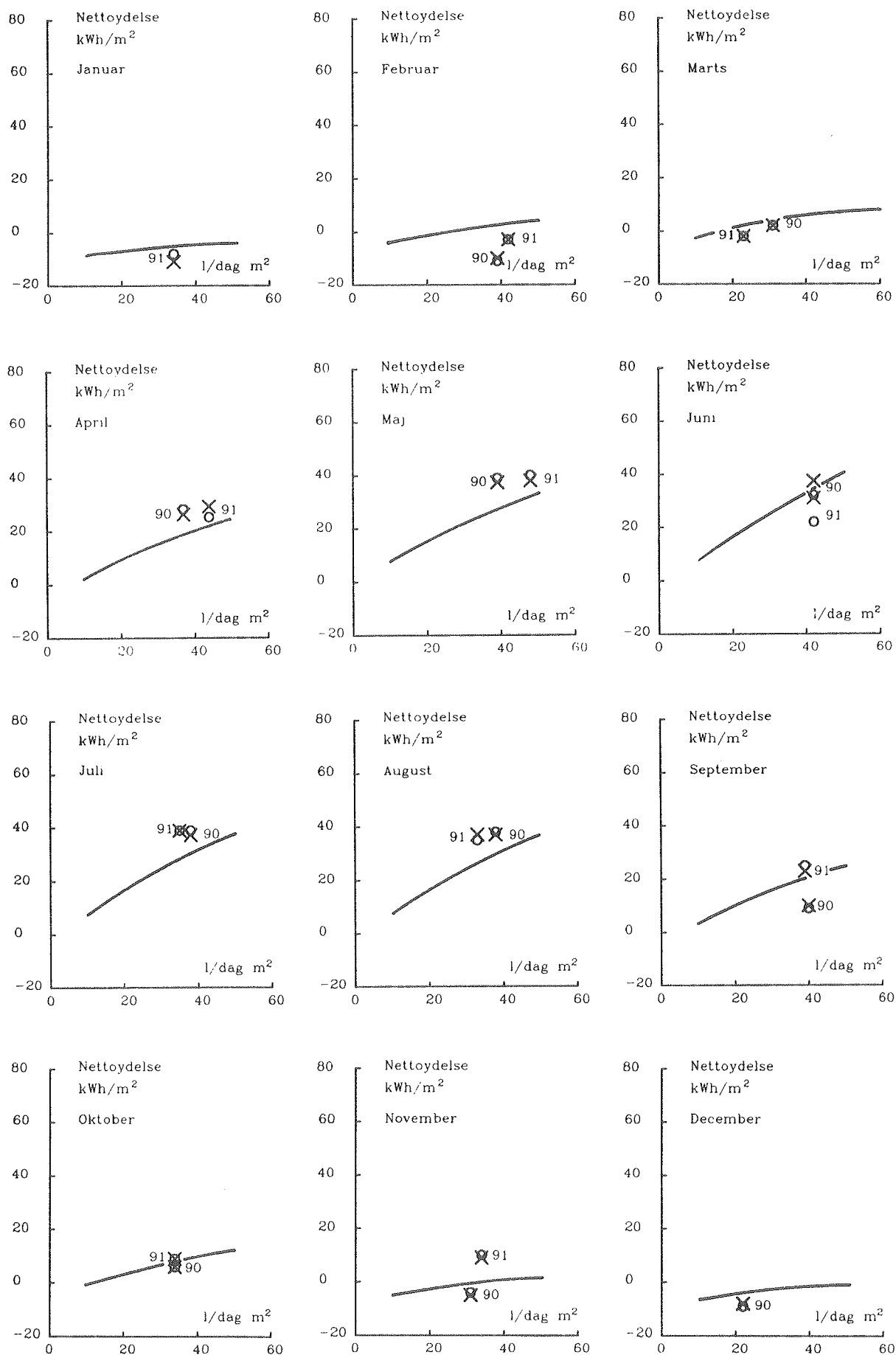
- Beregnet ydelse i referenceåret.
- o Målt ydelse.
- x "Målt" ydelse i referenceåret.

Figur 21. Beregnede og målte ydelser igennem året for Batec-anlægget i Svendborg.



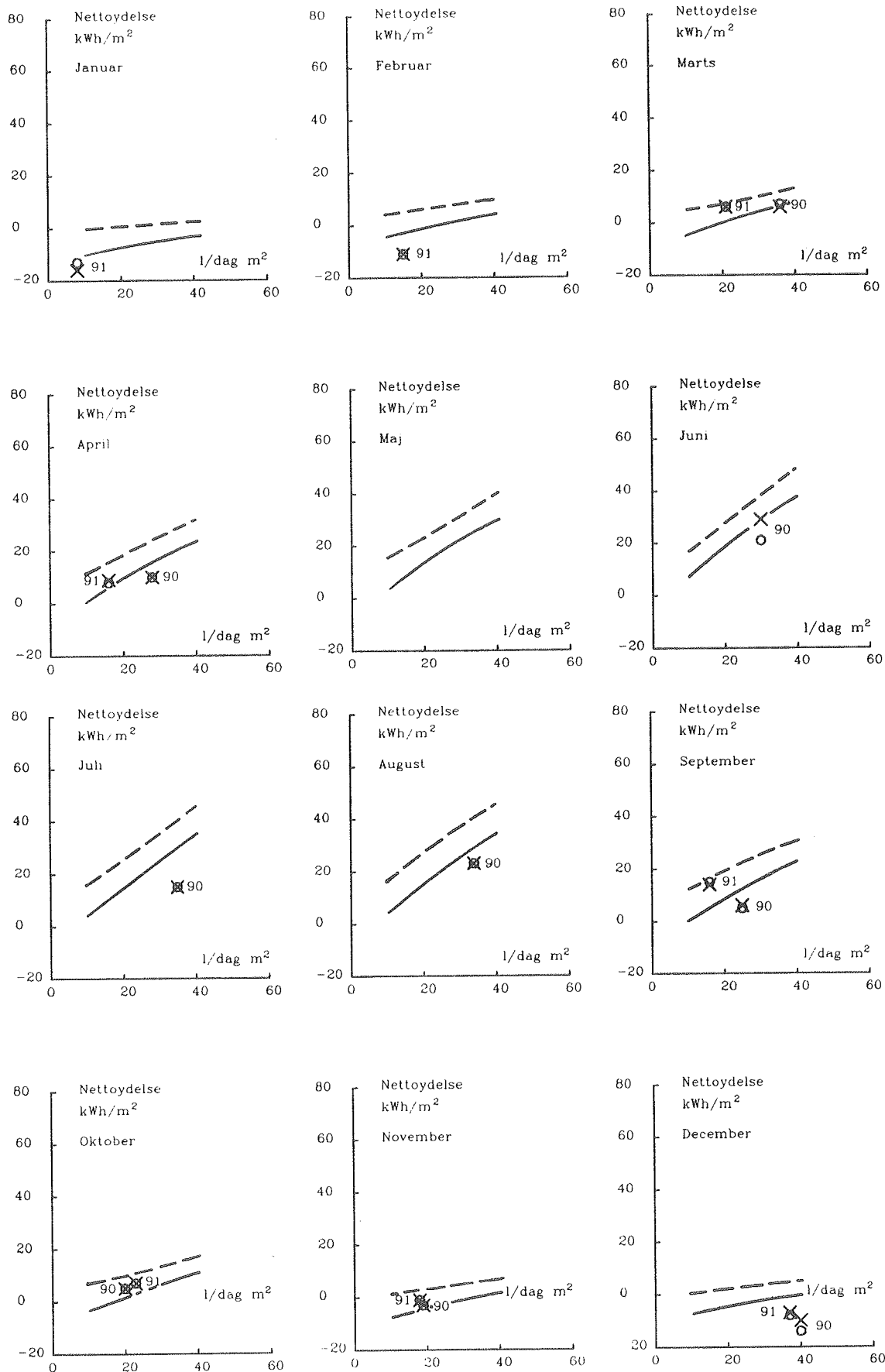
- Beregnet ydelse i referenceåret.
- o Målt ydelse.
- x "Målt" ydelse i referenceåret.

Figur 22. Beregnede og målte ydelser igennem året for Aidt Miljø ApS-anlægget i Hørsholm.



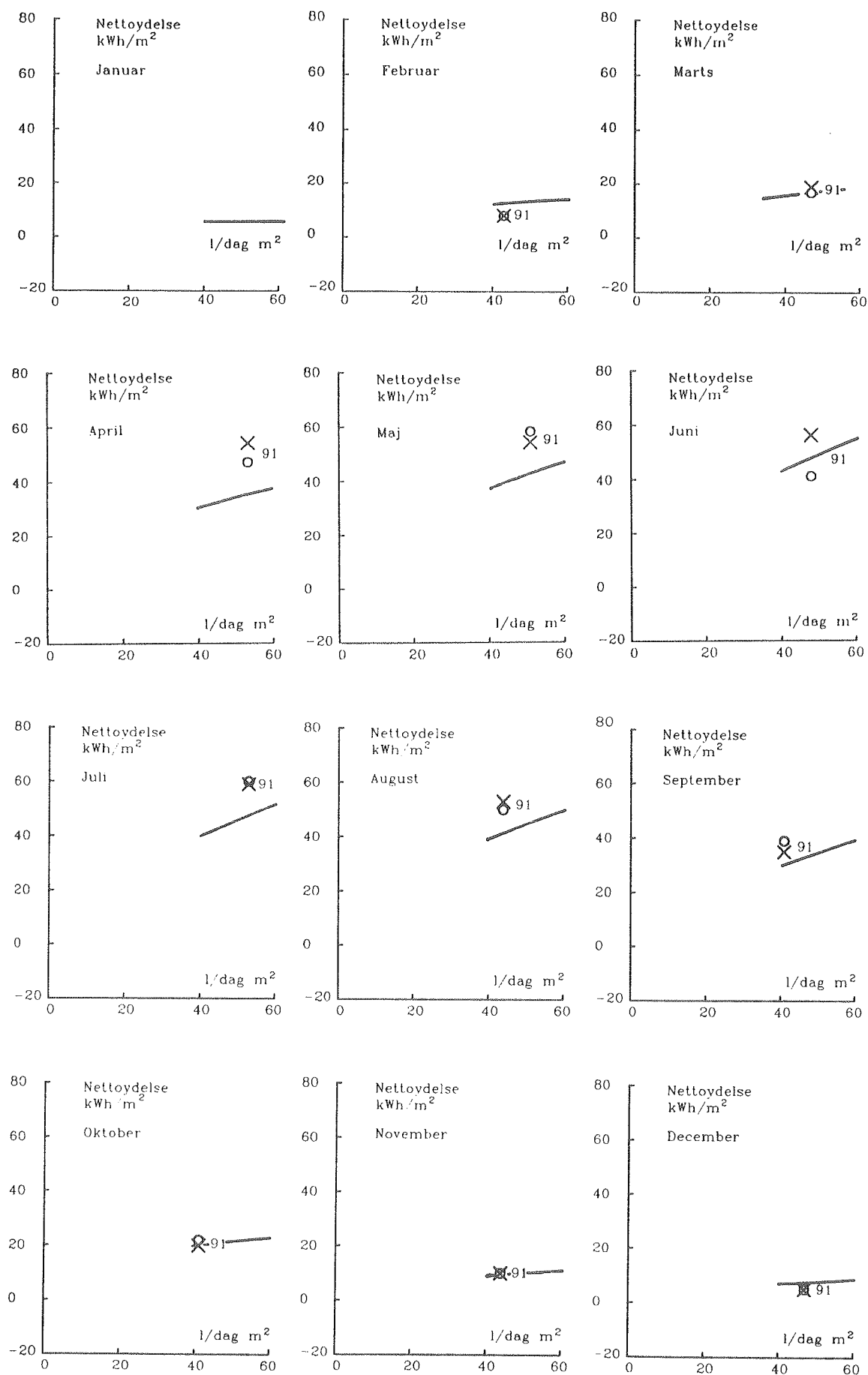
- Beregnet ydelse i referenceåret.
- o Målt ydelse.
- x "Målt" ydelse i referenceåret.

Figur 23. Beregnede og målte ydelser igennem året for Aidt Miljø ApS-anlægget i Hadsten.



- Beregnet ydelse i referenceåret med beholdertoppen opvarmet til 40°C af fjernvarmen.
- Beregnet ydelse i referenceåret med beholdertoppen opvarmet til 90°C af fjernvarmen.
- o Målt ydelse.
- x "Målt" ydelse i referenceåret.

Figur 24. Beregnede og målte ydelser igennem året for Aidt Miljø ApS-anlægget i Brædstrup.



- Beregnet ydelse i referenceåret.
- o Målt ydelse.
- x "Målt" ydelse i referenceåret.

Figur 26. Beregnede og målte ydelser igennem året for Arcon Solvarme ApS-anlægget i Terndrup.

anlægsydelser således at der på figurerne også er angivet "målte" anlægsydelser med referenceårets vejrdata. Disse "målepunkter" kan sammenlignes direkte med beregnede anlægsydelser.

På figur 27 og 28 er beregnede og målte årsydelser vist som funktion af det gennemsnitlige daglige varmtvandsforbrug pr. m² solfanger for de 8 anlæg. Desuden er vist referenceårets "målte" årsydelser, som både er korrigeret for at det faktiske solindfald har været anderledes end referenceårets solindfald og for det varierende varmtvandsforbrug igennem året. Disse "målepunkter" kan altså sammenlignes direkte med de beregnede anlægsydelser. Dog skal det bemærkes at ikke alle de målte årsydelser er for komplette år. For anlægget på Vindeby Strandvej i Svendborg er november og december 1990 således ikke medregnet, mens november 1990 og januar og februar 1991 ikke er medregnet for det andet anlæg i Svendborg. For anlægget i Brædstrup er perioderne januar - maj 1990 og maj - august 1991 ikke medregnede, og for anlægget i Kalvehave er december 1991 ikke medregnet. Endelig er januar 1991 ikke medregnet for anlægget i Terndrup. I disse perioder er de målte ydelser sat lig 0. Der skal naturligvis tages højde for disse forhold i forbindelse med vurderingen af anlæggene.

Anlægsydelserne vurderes i det følgende ved hjælp af figurerne 19-28.

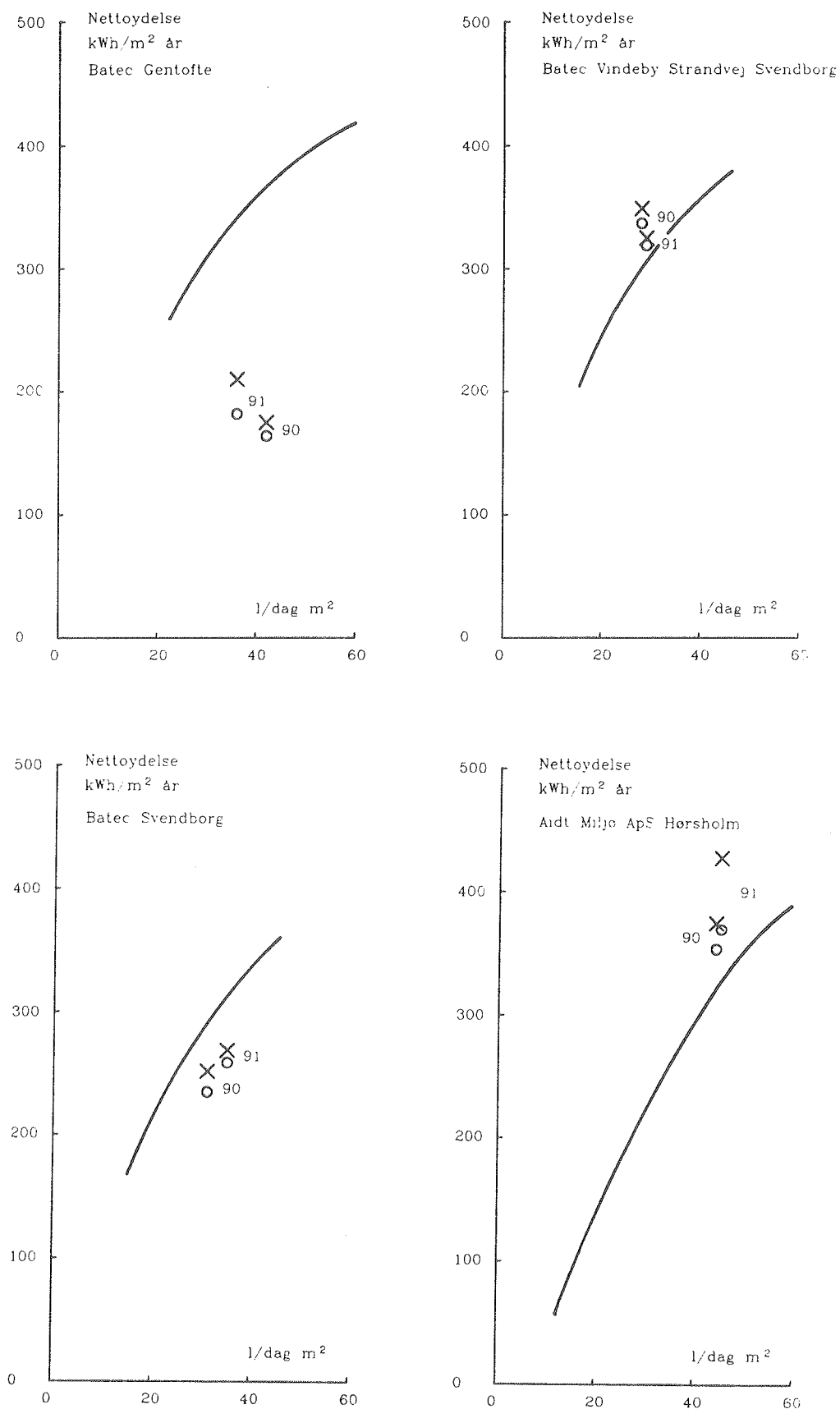
Gentofteanlægget blev som nævnt i afsnit 4.2 ombygget i maj 1990 og først herefter har anlægget fungeret som påtænkt. I sommerperioderne har de målte ydelser været tæt på de beregnede ydelser. De målte ydelser i vinterperioderne og dermed også de målte årsydelser har været mindre end de beregnede ydelser. Årsydelsen for 1990 er specielt lille, idet ombygningen først fandt sted i maj 1990. Årsagen til de små ydelser om vinteren er de mange skygger, som i vinterhalvåret rammer solfangerne. Det kan derfor konkluderes, at anlægget efter ombygningen har levet op til forventningerne. Det skal dog bemærkes, at cirkulationsledningen ikke har resulteret i en forøget anlægsydelse.

Anlægget på Vindeby Strandvej i Svendborg har fungeret tilfredsstillende. I solrige perioder har anlægget ydet mere end forventet. Forklaringen er at familien i nogen udstrækning har indrettet sit varmtvandsforbrug efter varmtvandsbeholderens varmeindhold. Varmtvandsforbruget har således været stort i solrige perioder og mindre i solfattige perioder. Det har resulteret i særdeles høje dækningsgrader for anlægget i sommerperioderne. Årsydelsen for 1990 på figur 27 er beregnet uden bidraget fra november og december, idet anlægget her ikke var i drift. Det kan konkluderes at anlægget er særdeles velfungerende med høje anlægsydelser.

De målte ydelser for det andet Svendborganlæg er en smule mindre end de beregnede ydelser. Årsydelsen for 1990 er beregnet uden bidrag fra november idet anlægget ikke var i drift i denne måned, og årsydelsen for 1991 er uden bidrag fra januar og februar, idet målerne var i stykker i denne periode. Årsagen til de forholdsvis små ydelser er først og fremmest omgivelsernes skygger, som på eftermiddage rammer solfangerne. Figur 29 viser både solfangerne og bygningen, hvis skygger om eftermiddagen rammer solfangerne. De forholdsvis små ydelser er desuden forårsaget af en støvbelægning, som dækker solfangerne med en reduceret ydelse til følge. Støvet stammer fra havnen i Svendborg hvor håndteringen af store kornmængder resulterer i et betydeligt støvproblem. Det kan konkluderes at anlægget fungerer tilfredsstillende.

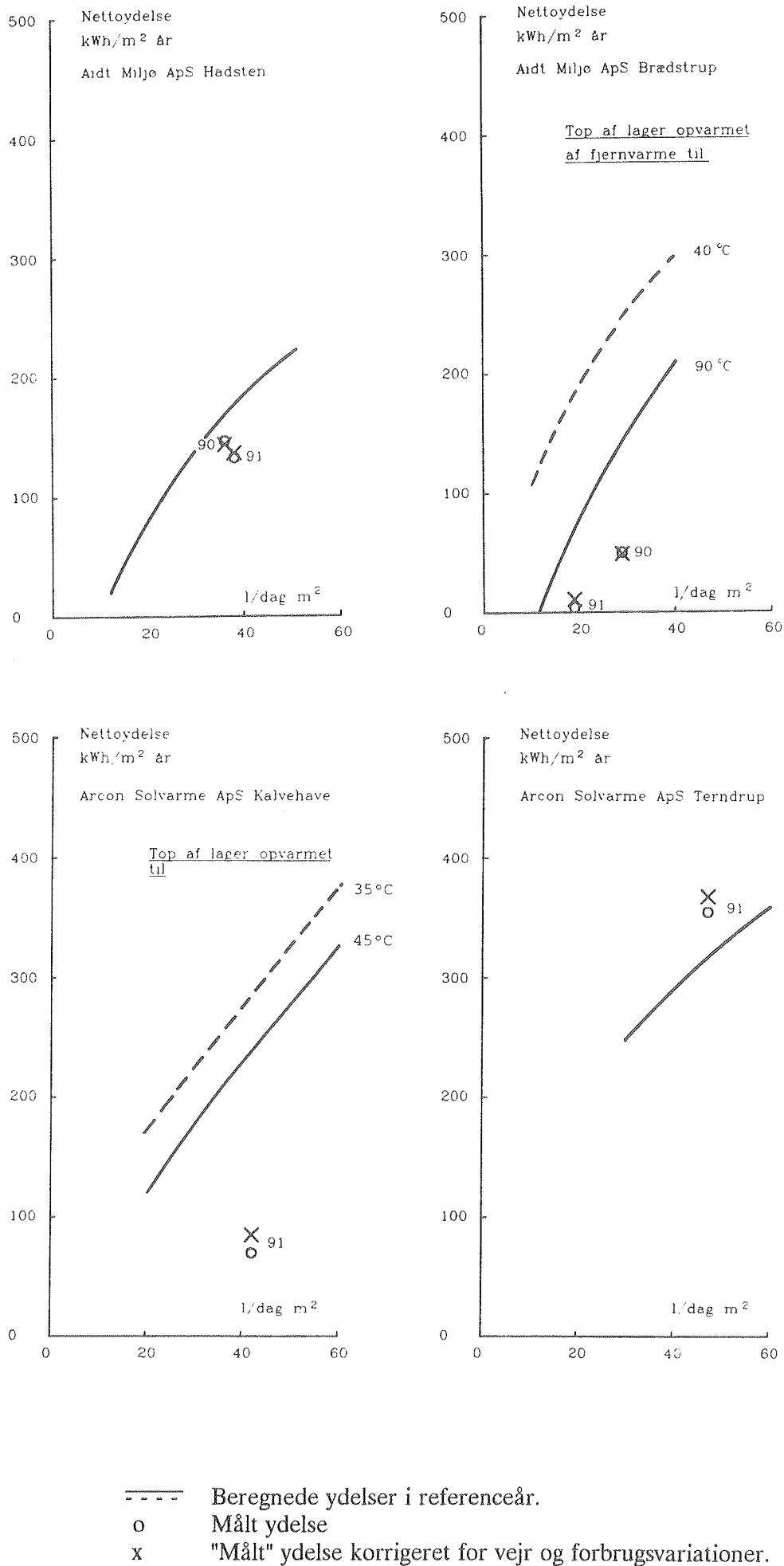
De målte ydelser for Hørsholmanlægget har i visse perioder været større end de beregnede ydelser. Forskellen er dog ikke større end at forklaringen kan være måleunøjagtighed og usikkerhed med hensyn til beregningsforudsætningerne. Det kan konkluderes, at anlægget er særdeles velfungerende med høje anlægsydelser.

De målte ydelser for Hadstenanlægget har været tæt på de beregnede ydelser. Forklaringen på de forholdsvis små ydelser er først og fremmest den høje temperatur, som toppen opvarmes til



- Beregnet ydelse i referenceåret.
- o Målt ydelse.
- x "Målt" ydelse korrigeret for vejr og forbrugsvariationer.

Figur 27. Beregnede og målte ydelser for de tre Batec-anlæg og Aidt Miljø ApS-anlægget i Hørsholm.



Figur 28. Beregnede og målte årsydelser for Aidt Miljø ApS-anlæggene i Hadsten og Brødstrup og Arcon Solvarme ApS-anlæggene i Kalvehave og Terndrup.



Figur 29. Svendborganlæggets solfangere og omgivelser.

af den supplerende energikilde. Også her skal det bemærkes, at cirkulationsledningen ikke har resulteret i en forøget ydelse. Endelig bemærkes det, at anlægsydelse er specielt små i de måneder, hvor oliefyret har stået for opvarmningen af toppen af varmtvandsbeholderen. Varmen overføres fra fyrekredsen til varmtvandsbeholderen ved hjælp af en varmevekslerspiral, som er placeret øverst i beholderen. Årsagen til de lave ydelser er at der i perioder hvor fyret er slået fra overføres varme fra varmtvandsbeholderen til fyrekredsen ved hjælp af varmevekslerspiralen. Denne "modsatrettede" varmetransport er der ikke taget højde for ved udformningen af målesystemet, idet den benyttede energimåler ikke kan registrere negative energimængder. Varmen, som på denne måde overføres fra beholderen til fyrekredsen, dækker en del af varmesystemets varmetab. Den varmemængde, som reelt tilføres beholderen fra fyrekredsen i disse perioder er altså mindre end de målte størrelser. Solvarmeanlæggets virkelige ydelse er derfor større end den målte ydelse i disse perioder.

Brædstrupanlæggets ydelse har i størstedelen af måleperioden været utilfredsstillende lille. De små ydelser kan forklares med en fejlagtig styring af varmetilførslen fra fjernvarmenettet til toppen af varmtvandsbeholderen. Ventilen, som skulle afbryde varmetilførslen var ikke i stand til at lukke for væskestrømmen gennem varmevekslerspiralen i varmtvandsbeholderens øverste del. Derfor blev toppen af varmtvandsbeholderen opvarmet til 90°C i lange perioder med et stærkt forøget varmetab fra toppen af lagertanken til følge. I september 1991 blev både varmtvandsbeholderen og den defekte ventil udskiftet. Herefter blev toppen af varmtvandsbeholderen kun opvarmet til 40°C ved hjælp af fjernvarmen. Tilsyneladende har anlægget fungeret tilfredsstillende herefter.

Som nævnt i afsnit 4.3 har Kalvehaveanlægget fungeret særdeles tilfredsstillende. Anlægget blev modificeret i slutningen af august 1991, men selv herefter har de målte anlægsydelser været små. Hovedårsagen til de små ydelser er de mange rørtilslutninger i varmelagerets top. Disse rørtilslutninger resulterer som omtalt i afsnit 4.1 i store lagervarmetab og små anlægsydelser. Detaljerede undersøgelser, som inkluderer måling af forskellige anlægstemperaturer og af solfangerydelser i solfangerkredsen, er imidlertid påkrævede for fuldstændigt at klarlægge årsagerne til de små anlægsydelser. Dette projekts økonomiske og tidsmæssige rammer har ikke gjort det muligt at gennemføre sådanne undersøgelser.

Terndrupanlægget har fungeret særdeles tilfredsstillende med målte ydelser, som er lidt større end de beregnede ydelser. Årsydelsen er uden bidrag fra januar, idet anlægget først kom i drift i februar 1991.

Som nævnt blev ydelsen af Svenstrupanlægget ikke beregnet. På basis af tabel 13 og 14 må det dog konkluderes at de målte anlægsydelser er lave. Årsagen til de små ydelser er et stort varmetab fra varmtvandsbeholderen. Der tabes sandsynligvis forholdsvis store energimængder til fyrekredsen ved naturlig cirkulation baglæns gennem kappen. Den herved tabte varmemængde, som jo ikke måles, bidrager til at reducere fyrekredsens varmetab. Derfor er anlæggets virkelige ydelser større end anført i tabellerne. Desuden tabes der i perioder uden solvarmetilførsel varme ved naturlig cirkulation i varmevekslingskredsen mellem varmtvandsbeholderen og solfangerkredsen. Endvidere er det svært at etablere og opretholde en for solvarmeanlægget fordelagtig temperaturlagdeling i varmtvandsbeholderen, dels fordi beholderen ligger vandret dels fordi den supplerende energikilde ikke udelukkende opvarmer den øverste del af beholderen - den nederste del af beholderen bliver også noget opvarmet af den supplerende energikilde. På basis af målingerne kan anlægstypen med en vandretliggende kappebeholder og en ekstern varmeveksler til varmeoverførslen fra solfangerkredsen til varmtvandsbeholderen ikke anbefales.

De målte årsydelser for de velfungerende anlæg har været højere end tidligere målte årsydelser for tilsvarende små traditionelle solvarmeanlæg, [5]. Målingerne viste endvidere, at små low flow solvarmeanlæg kan fungere uden driftsproblemer med ydelser, som er lige så høje som man kan beregne sig til. Altså kan små low flow solvarmeanlæg også i praksis yde ca. 10 - 20 % mere end traditionelle solvarmeanlæg. Målingerne viste imidlertid også, at det er særdeles vigtigt - helt som for traditionelle solvarmeanlæg - at anlæggene dimensioneres, udformes og installeres på den rigtige måde. Ved udformningen og installationen er det derfor væsentligt at tage højde for de i afsnit 4.1 omtalte driftserfaringer.

Som nævnt har introduktionen af cirkulationsledninger ikke resulteret i de forventede forøgede anlægsydelser. Der er derfor behov for at undersøge, hvorledes anlæg med cirkulationsledning bedst udformes, så omrøringen i tanken begrænses til et minimum når vandet strømmer tilbage til tanken fra cirkulationsledningen og så temperaturlagdelingen i tanken etableres og bevares i størst muligt omfang.

5. Konklusion

Ni små low flow solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning er blevet opført af tre solfangerfabrikanter, og anlæggenes drift er blevet fulgt siden installationen.

Undersøgelserne viste, at små solvarmeanlæg med små volumenstrømme i praksis kan fungere uden driftsproblemer med særdeles høje ydelser.

Undersøgelserne viste imidlertid også, at det er særdeles vigtigt at anlæggene - lige som det er tilfældet for traditionelle solvarmeanlæg - dimensioneres, designes og installeres på den rigtige måde. Kun herved bliver anlæggene pålidelige, holdbare og højtydende.

Foruden forøgede ydelser muliggør anvendelsen af low flow princippet en billiggørelse af anlæggene. I dag markedsføres low flow anlæg kun af en enkelt dansk fabrikant. Erfaringerne fra dette projekt kan derfor nyttiggøres i forbindelse med de andre fabrikanters udviklingsarbejde, således at der kan udvikles billige, pålidelige, holdbare og højtydende markedsførte low flow solvarmeanlæg.

Summary

Nine small low flow solar heating systems for domestic hot water supply have been built by three producers of solar collectors. The operation of the systems have been followed since the installation.

The investigations showed that the promising results from laboratory experiments with small DHW low flow systems can be transferred to practice. Small DHW low flow systems can thus work without any problems with very high thermal performances.

However, the investigations also showed that it is essential to optimize, design and install the systems in the right way. Only in this way the systems will be reliable and durable with high thermal performances.

The design and control of the system should ensure that the heat loss from the heat storage is minimized and that the auxiliary energy source(s) only heat the needed volume of water to the required hot water temperature. Furthermore, thermosyphoning in the solar collector loop during nights and boiling in the solar collector during summer holidays should be avoided.

Furthermore, in systems with a circulation piping it is important that the water returning from the circulation piping enters the hot water tank without causing mixing inside the tank.

The low flow principle makes it possible both to increase the thermal performance and to decrease the costs of the solar heating systems. To day only one Danish manufacturer is producing low flow systems. The experience from this project can therefore be utilized in connection with the developing work of the other producers in such a way that inexpensive, reliable, durable marketed low flow systems with high thermal performances can be developed.

Referencer

- [1] "Fordele ved små volumenstrømme i solvarmeanlæg. Måling på 3 små brugsvandsanlæg". Simon Furbo, Laboratoriet for Varmeisolering. Meddelelse nr. 188, december 1987.
- [2] "Is low flow operation an advantage for solar heating systems ?" Simon Furbo & Svend Erik Mikkelsen, Laboratoriet for Varmeisolering. ISES Solar World Congress, september 1987.
- [3] "Solvarmeanlæggene bliver fortsat bedre". Torben Skøtt. Vedvarende Energi 94, dec-jan 87/88.
- [4] "Højtydende solvarmeanlæg med små volumenstrømme. Eksperimentelle undersøgelser". Simon Furbo, Laboratoriet for Varmeisolering. Meddelelse nr. 205, marts 1989.
- [5] "Ydelser og erfaringer med 31 solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning. "Svend Erik Mikkelsen, Laboratoriet for Varmeisolering. Rapport nr. 86-1, februar 1986.
- [6] "Små low flow solvarmeanlægs ydelser". Simon Furbo & Peter Fagerlund Carlsson, Laboratoriet for Varmeisolering. Meddelelse nr. 221, august 1991.
- [7] "Investigations on solar DHW systems combined with auxiliary heaters". G.A.H. van Amerongen, P.W. Bergmeijer. TNO, Institute of Applied Physics, Delft, Holland. North Sun' 90, Reading, september 1990.
- [8] "Styresystem. Fabrikat Batec. Type Pilotsol Combi og Pilotsol". Jens-Michael Simonsen. Rapport nr. D5015 og D5016. Prøvestationen for Solvarmeanlæg. Teknologisk Institut. November 1988.
- [9] "Højtydende solvarmeanlæg med små volumenstrømme. Teoretiske undersøgelser". Peter Berg, Laboratoriet for Varmeisolering. Meddelelse nr. 209, marts 1990.
- [10] "To solvarmeanlæg til varmt brugsvand. En beskrivelse og vurdering efter 4 måneders drift af anlæggene". Klaus Ellehauge, Leif Sønderskov Jørgensen, Mads Lange, Svend Erik Mikkelsen, Carsten Nielsen, Laboratoriet for Varmeisolering. Meddelelse nr. 104, december 1980.
- [11] "Solvarmeanlæg til varmt brugsvand. En udredning baseret på et års målinger på to anlæg". Klaus Ellehauge, Leif Sønderskov Jørgensen, Mads Lange, Svend Erik Mikkelsen, Carsten Nielsen, Laboratoriet for Varmeisolering. Meddelelse nr. 114, september 1981.

