

**ÅRSRAPPORT FOR 2000 FOR DTU's
AKTIVITETER INDEN FOR
SOLENERGICENTRET**



SIMON FURBO

JANUAR 2001

SAGSRAPPORT

SR-0106

ISSN 1396-402X

BYG•DTU

BYG•DTU

DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET



**ÅRSRAPPORT FOR 2000
FOR DTU's AKTIVITETER INDEN FOR
SOLENERGICENTRET**

SIMON FURBO

INDHOLD

FORORD	2
1. INTRODUKTION	3
2. NATURGASKEDEL/SOLTANK-UNITS	3
3. HØJTEMPERATUR SOLVARME.....	4
4. ASSISTANCE.....	4
4.1 Lille low flow solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning baseret på "ideel beholder"	5
4.2 Varmelager til solvarmeanlæg til kombineret rumopvarmning og brugsvandsopvarmning.	5
4.3 Intelligent styresystem.....	5
5. FORMIDLING	6
5.1 Foredrag.....	6
5.2 Papers	7
5.3 Rapporter	7
5.4 Artikler	8
5.5 I øvrigt	9

FORORD

Denne rapport omtaler kort de opgaver som i 2000 er gennemført ved Institut for Bygninger og Energi, DTU, inden for SolEnergiCentret.

1. INTRODUKTION

I 2000 blev der inden for SolEnergiCentret gennemført arbejde på 3 områder ved Institut for Bygninger og Energi, se tabellen.

Område	Budget
NATURGASKEDEL/SOLTANK-UNITS	390.000 kr.
Nilan Sunshine ecoTEC, Nilan A/S	
Gas-Sol Compact minipur, Thermo-Sol ApS	
HØJTEMPERATUR SOLVARME	140.000 kr.
ASSISTANCE	370.000 kr.
Lille low flow solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning baseret på "ideel beholder", AquaHeat I/S	
Varmelager til solvarmeanlæg til kombineret rumopvarmning og brugsvandsopvarmning, Batec A/S	
Intelligent styresystem, Danotek	
ADMINISTRATION	100.000 kr.
I ALT	1.000.000 kr.

I de følgende afsnit omtales for de 3 områder kort det gennemførte arbejde.

2. NATURGASKEDEL/SOLTANK-UNITS

Ydelserne for solvarmeanlæg baseret på naturgaskedel/soltank-units eller oliefyr/soltank-units har i praksis vist sig at være utilfredsstillende små. Årsagerne til de små ydelser er både knyttet til udformningen af og styresystemet for de pågældende units. Derfor er de to mest anvendte units (olie eller gas) fra fabrikkerne grundigt undersøgt eksperimentelt.

De to afprøvede units er Nilan Sunshine ecoTEC fra Nilan A/S og Gas-Sol Compact minipur fra Thermo-Sol ApS. I begge tilfælde er der tale om naturgaskedel/soltank-units.

Først blev de to units afprøvet i en indendørs lagerprøvestand uden at naturgaskedlen var i drift. Herved blev det klarlagt om opbygningen af unitten er hensigtsmæssig og soltankens termiske karakteristika blev bestemt. Efter afprøvningen i lagerprøvestanden blev udformningen af de to units forbedret hvis der var behov for det.

Efter (den eventuelle) forbedring af de to units blev de afprøvet i en prøvestand for solvarmeanlæg som en del af et komplet lille solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning. Herved blev det klarlagt hvorledes solvarmeanlæg baseret på de to units og naturgaskedler fungerer både i perioder med og uden rumopvarmningsbehov.

3. HØJTEMPERATUR SOLVARME

Danske og udenlandske undersøgelser tyder på, at højtemperatursolfangere som vakuumrørsolfangere og koncentrerende solfangere kan tilbyde højtemperatur solvarme ($>80^{\circ}\text{C}$) med bedre pris-ydelsesforhold end plane solfangertyper. Høje temperaturer er interessante i mange termiske systemer, herunder fjernvarme, procesvarme, absorptionskøling, el-produktion m.v.

Der er gennemført:

- Litteraturstudie for at indhente udenlandske erfaringer.
- Undersøgelser af anvendelsesmuligheder for højtemperatur solvarme i Danmark.
- Case-studier for udvalgte lovende områder.

4. ASSISTANCE

Fabrikanter og rådgivere stillede i alt 9 forslag om mindre undersøgelser, som de ønskede gennemført på Institut for Bygninger og Energi.

Følgegruppen bestående af:

Jens Windeleff, Energistyrelsen

Erik Scheldon/Klaus Ellehauge, Prøvestationen for Solenergi

Max Kjellerup, A/S Wissenberg

Emanuel Brender, Batec A/S

Per Elklit, Djurs Solvarme I/S

udvalgte blandt de 9 forslag tre projekter, se tabellen:

Projekt	Forslag stillet af	Budget
Lille low flow solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning baseret på "ideel beholder"	AquaHeat I/S	120.000 kr.
Varmelager til solvarmeanlæg til kombineret rumopvarmning og brugsvandsopvarmning	Batec A/S	200.000 kr.
Intelligent styresystem	Danotek	50.000 kr.

I alt: 370.000 kr.

De tre projekter omtales kort i de følgende afsnit.

4.1 Lille low flow solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning baseret på "ideel beholder".

Den "ideelle beholder" til små solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning blev udviklet af AqualHeat I/S i forbindelse med assistanceordningen i 1999. Beholderen, som har et brugsvandsvolumen på 152 l, er en kappebeholder med særdeles gode termiske egenskaber, da omrøring under varmtvandstapning er forsvindende, varmetabet er lille og temperaturlagdelingen opretholdes særligt godt, idet beholdermaterialet er rustfrit stål og højde/diameter-forholdet er stort.

I Instituttets prøvestand for solvarmeanlæg blev et 2,78 m² solvarmeanlæg baseret på den "ideelle beholder" afprøvet. Anlæggets ydelse blev sammenlignet med ydelsen af tidligere afprøvede anlæg i prøvestanden og med ydelsen af et nyt schweizisk "Solkit" anlæg, som sandsynligvis er et af de højstydende anlæg på det europæiske marked.

4.2 Varmelager til solvarmeanlæg til kombineret rumopvarmning og brugsvandsopvarmning.

En 500 l lagertank med en indbygget 135 l varmtvandsbeholder blev afprøvet i Instituttets lagerprøvestand. Blandt andet blev det undersøgt hvorledes lagertanken skal udformes så temperaturlagdelingen i tanken bliver størst mulig under typisk drift. I den forbindelse blev det undersøgt hvorledes flowet igennem varmeafgivelsessystemet påvirker temperaturlagdelingen. På basis af afprøvningen blev varmelagerets udformning forbedret.

Herefter blev varmelageret installeret som en del af et komplet solvarmeanlæg inklusive et backup energianlæg i Instituttets prøvestand for solvarmeanlæg.

Anlægget blev afprøvet i prøvestanden igennem en måleperiode. På basis af afprøvningen blev anlæggets årlige ydelse bestemt for typiske driftsforhold og der blev opstillet anbefalinger til driftsudformningen.

4.3 Intelligent styresystem.

Det af Danotek nyudviklede styresystem til såkaldt intelligente solvarmeanlæg blev undersøgt med tanke på videreudvikling. Styresystemet kan blandt andet styre varmetilførslen fra den supplerende energikilde til varmtvandsbeholderen på en sådan måde at volumen af varmt vand i toppen af varmtvandsbeholderen tilpasses forbrugernes varmtvandsforbrug og -mønster.

Styresystemet blev afprøvet i et forsøgsanlæg i Instituttets prøvestand for solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning.

5. FORMIDLING

Instituttets arbejde vedrørende solvarmeanlæg er blevet præsenteret ved en række konferencer og møder. Desuden er der udarbejdet en række rapporter og artikler til tidsskrifter. En del af de i 2000 gennemførte undersøgelser rapporteres i 2001.

5.1 Foredrag

Ved EuroSun 2000 kongressen i København i juni

"CFD-modelling of a smart solar tank for SDHW systems." Søren Knudsen.

"Energy labelling of glazings and windows in Denmark". Karsten Duer.

"Utilizing CFD results in less detailed models." Louise Jivan Shah.

"Small solar domestic hot water systems based on smart solar tanks." Simon Furbo.

"Advances in large-scale solar heating and long-term storage in Denmark." Alfred Heller.

"Marstal gravel pit storage. Description and first performance results." Karsten Duer.

Ved TERRASTOCK 2000 konferencen i Tyskland i august-september

"Development of seasonal storage in Denmark. Status of storage programme 1997-2000." Alfred Heller.

"Pit water storage Ottrupgaard – A follow up." Alfred Heller.

Ved DANVAK-møder

22. november i Helsingør: "Målte ydelser for 336 m² solvarmeanlæg med varmtvandsbeholder med SOLVIS indløbsrør". Niels Kristian Vejen.

22. november i Helsingør: "Design af soltank." Louise Jivan Shah.

22. november i Helsingør: "Intelligent solvarmeanlæg." Simon Furbo.

22. november i Helsingør: "Udvikling af bedre solvarmeanlæg." Simon Furbo.

I øvrigt

17. januar: Foredrag ved Arktisk Teknologi på DTU: "Solenergi på Grønland." Simon Furbo.

5. april: Foredrag ved temamøde om solenergi, Center for Byøkologi i Kolding: "Varmelagring i bygninger." Karsten Duer.

8. april: Foredrag i Rambøll: "Glasfacaders energimæssige forhold." Karsten Duer.

3. maj: Foredrag på DTU: "Solar energy research at Marburg Universität." Klaus Vajen.

4. maj: Foredrag på DTU i forbindelse med besøg fra Technische Universiteit Eindhoven: "Research on solar heating systems." Simon Furbo.

4. maj: Foredrag på DTU i forbindelse med besøg fra Technische Universiteit Eindhoven: "CFD calculations for smart solar tanks." Søren Knudsen.

21. juni: Foredrag på DTU i forbindelse med besøg af EuroSun 2000 kongresdeltagere: "Active solar heating R&D activities." Louise Jivan Shah.

5.2 Papers

Til EuroSun 2000 kongressen i København i juni

"Utilizing CFD results in less detailed models." Louise Jivan Shah.

"Small solar domestic hot water systems based on smart solar tanks." Simon Furbo og Søren Knudsen.

"CFD-modelling of a smart solar tank for SDHW systems." Søren Knudsen.

"A central solar heating plant for new settlements." Jacob Birch Laustsen, Alfred Heller og Svend Svendsen.

"Energy labelling of glazings and windows in Denmark." Karsten Duer, Svend Svendsen og Morten Møller Mogensen.

"Advances in large-scale solar heating and long-term storage in Denmark." Alfred Heller.

"Solar combi systems in Denmark – the most common system designs." Klaus Ellehauge, Provestationen for Solenergi og Louise Jivan Shah.

"Parabolic trough collectors for district heating systems at high latitudes." D. Krüger, Alfred Heller, K. Hennicke og Karsten Duer.

"Marstal gravel pit storage. Description and first performance results." Karsten Duer.

Til TERRASTOCK 2000 kongressen i Tyskland i august-september

"Development of seasonal storage in Denmark." Alfred Heller.

"Pit water storage Ottrupgaard, Denmark." Alfred Heller.

5.3 Rapporter

"Demand modelling for central heating systems." Rapport R-40. Alfred Heller.

"Characterisation of advanced windows – Determination of thermal properties by measurements." Rapport R-045. Karsten Duer.

"Large scale solar district heating. Evaluation, modelling and designing." Rapport R-46. Alfred Heller.

"Large scale solar district heating. Evaluation, modelling and designing. Appendix." Rapport R-47. Alfred Heller.

- "Varmetab fra spjæld i solvægge." Trine Dalsgaard Jacobsen og Søren Østergaard Jensen, Provestationen for Solenergi og Karsten Duer.
- "Status for aktiv varmelagring i mindre bygninger." På hjemmesiden: www.solenergi.dk/aktiv.htm. Karsten Duer.
- "Ideel solvarmebeholder." Sagsrapport SR-0007. Louise Jivan Shah.
- "Beregnete og målte ydelser for solvarmeanlæg afprøvet under laboratoriemæssige forhold." Sagsrapport SR-0008. Elsa Andersen.
- "Udvikling af flydende lågkonstruktioner til damvarmelagre." Sagsrapport SR-0009. Karsten Duer.
- "Analysis of calculated and measured energy properties of windows." Sagsrapport SR-0010. Karsten Duer og Svend Svendsen.
- "Block Gas Sol" unit i Haderslev." Sagsrapport SR-0012. Niels Kristian Vejen.
- Undersøgelse af Nilan Sunshine ecoTEC i lagerprøvestand." Sagsrapport SR-0024. Niels Kristian Vejen.
- "Måling af optiske egenskaber for tre solafskærmningsduge." Sagsrapport SR-0025. Karsten Duer.
- "Et energirenoveret dannebrogsvindues energimæssige egenskaber." Sagsrapport SR-0030. Karsten Duer.
- "Solfanger med antirefleksionsbehandlet glas." Sagsrapport SR-0032. Niels Kristian Vejen.
- "Assistanceordning 2000: Afprøvning af "Ideel solvarmebeholder" i solvarmeanlæg." Sagsrapport SR-0102. Louise Jivan Shah.
- "Cost function for solar combi systems." Sagsrapport SR-0103. Louise Jivan Shah.
- "Assistanceordning 2000: Intelligent styresystem fra Danotek." Sagsrapport SR-0105. Søren Knudsen.

5.4 Artikler

- "15 years of R&D in central solar heating in Denmark." Solar Energy Vol. 64, No. 6. Alfred Heller.
- "Characteristics of vertical mantle heat exchangers for solar water heaters." Solar Energy, Volume 67. Louise Jivan Shah og G.L. Morrison og M. Behnia, School of Mechanical and Manufacturing Engineering, the University of New South Wales, Sydney, Australia.
- "Heat transfer correlations for vertical mantle heat exchangers." Solar Energy. Louise Jivan Shah.
- "Solar energy a realistic option for district heating." Euroheat & Power, Fernwärme International, 2001. Alfred Heller.
- Glas i bygninger – set fra et energimæssigt synspunkt." DANVAK-konferenceartikel. Karsten Duer.

5.5 I øvrigt

DTU deltog i arbejdet vedrørende forberedelse og afholdelse af EuroSun 2000 kongressen i København i juni.

Lektor Klaus Vajen fra Marburg Universität i Tyskland (april-september) og PhDstuderende Andras Zachar fra Szent Istvan University i Ungarn (juni-september) arbejdede som gæsteforskere ved DTU.

Alfred Heller fik tildelt PhD-graden for sit arbejde vedrørende solvarmecentraler.