

TERMISK EFFEKTIVITET AF EN SOLFANGER,

BEREGNET OG MÅLT

AF

HENRIK LAWÆTZ OG S. SVENDSEN

LABORATORIET FOR VARMEISOLERING

DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE



APRIL 1977

MEDDELELSE NR. 57

INDHOLDSFORTEGNELSE

SIDE

1.	INDLEDNING	1
2.	BESKRIVELSE AF SOLFANGEREN	1
3.	MATEMATISK SOLFANGERMODEL	4
3.1.	Forudsætninger	4
3.2	Transmission gennem glassene	5
3.2.1	Beregning af glassets absorptionskoefficient ..	6
3.3	Absorption	6
3.3.1	Solfangerens effektive transmission-absorption	7
3.4	Varmetab	8
3.4.1	Tab gennem dæklag	8
3.4.2	Tab gennem sidekanter og bagbeklædning	13
3.4.3	Eksempel på dæklagets varmetabskoefficient	13
3.5.	Nyttiggjort energi	18
3.5.1	Absorberet energi	18
3.5.2.	Varmetab og effektivitetsfaktorer	18
3.5.3	F_R for Nul-energihusets solfanger	20
4.	MÅLING AF SOLFANGERENS TERMISKE EFFEKTIVITET ..	20
4.1	Målemetoder	21
4.1.1	NBS-målemetoden	21
4.1.2	Den anvendte målemetode	22
4.2	Måle- og registreringssystemet	23
4.2.1	Måling af vejrdata	23
4.2.2	Måling af driftsdata	27
4.2.3	Registreringsudstyret	31
5.	SAMMENLIGNING MELLEM BEREGNET OG MÅLT EFFEK- TIVITET	31
5.1	Mulige fejlkilder	33
5.2	Konklusion	34
6.	REFERENCELISTE	35
7.	BILAG	37

TERMISK EFFEKTIVITET AF EN SOLFANGER, BEREGNET OG MÅLT

Henrik Lawaetz og S. Svendsen
Laboratoriet for Varmeisolering
Danmarks tekniske Højskole

1. Indledning

Ved laboratoriet har man bl.a. i forbindelse med Nul-energihuset [1] foretaget dels en række edb-beregninger af forskellige solvarmesystemers ydeevne og dels en række målinger af forskellige solfangeres ydeevne. Specielt er der foretaget nogle meget omfattende målinger af Nul-energihusets solfanger, og det er derved blevet muligt at sammenligne teoretiske beregninger med praktiske målinger.

I det følgende vil der derfor blive beskrevet en matematisk model af en solfanger, og dennes ydeevne på fire udvalgte dage sammenlignes med målingerne.

2. Beskrivelse af solfangeren

Solfangeren består af fire sektioner, der er ens på nær randisoleringen af de to ydersektioner. Målingen blev foretaget på en af sektionerne, nemlig nummer to fra vest. På fig. 1 er der vist en opstalt og to snit i solfangeren. På fig. 2 og 3 er der vist et billede af sektionen og af en model.

Solfangeren består af 1) en termorude af 5 mm glas med en afstand på 12 mm, 2) en sortmalet kanalplade i stål, og 3) en bagsideisolering i form af et vægelement af samme type som i Nul-energihusets vægge. Dette er samtidig både den bærende og beklædende del af solfangeren.

Følgende arealer for en sektion er af interesse:

ydre areal	11,0 m ²
transparent glasareal	9,8 m ²
absorbatorareal	9,8 m ²

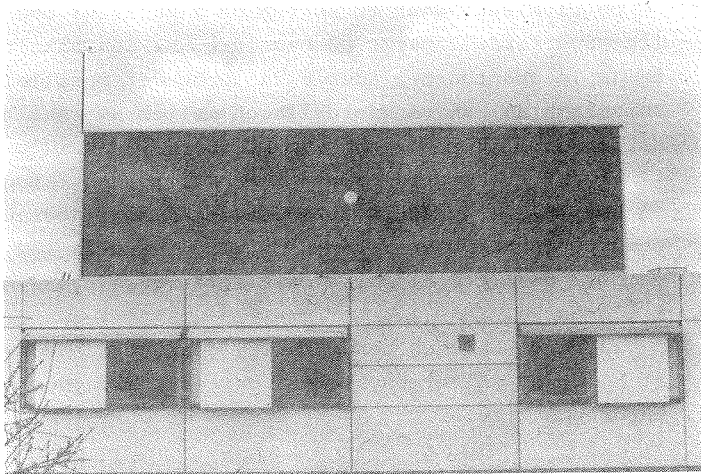


Fig. 2. Solfangeren set forfra.

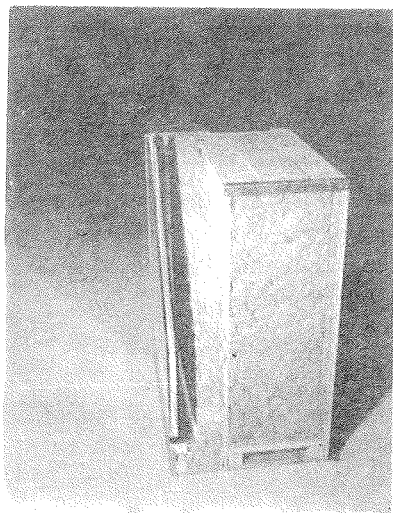


Fig. 3. Model af solfangeren.

3.2 Transmission gennem glassene

Idet solstrålingen passerer glassene, sker der dels en refleksion ved overgangene mellem glasset og luften og dels en absorption i selve glasset.

Den del af den indfaldende stråling, der således transmitteres helt gennem glasset, kan ifølge [2, formel 6.2.3] skrives som:

$$\tau = \tau_r \cdot \tau_a \quad (1)$$

hvor τ_r er transmissionen, når der tages hensyn til refleksionen,

og τ_a er transmissionen under hensyntagen til absorptionen.

For en solfanger med n dæklag fås fra [2, formel 6.1.6], at

$$\tau_r = \frac{1-\rho}{1+(2n-1)\rho} \quad (2)$$

hvor ρ er refleksionskoefficienten for den pågældende indfaldsvinkel. Denne findes som middelværdien af refleksionsfaktorerne r_1 og r_2 for planpolariseret lys, hvis elektriske vektorer svinger hhv. vinkelret på og i indfaldsplanen.

Med i_i = indfaldsvinkel og i_b = brydningsvinkel fås af Fresnels formler:

$$r_1 = \frac{\sin^2(i_i - i_b)}{\sin^2(i_i + i_b)} \quad (3a)$$

$$r_2 = \frac{\text{tg}^2(i_i - i_b)}{\text{tg}^2(i_i + i_b)} \quad (3b)$$

og dermed fås for 2 dæklag:

$$\tau_r = \frac{1}{2} \left(\frac{1-r_1}{1+3r_1} + \frac{1-r_2}{1+3r_2} \right) \quad (4)$$

Brydningsvinklen i_b findes af brydningsloven (Snell's lov [2, formel 6.1.2]), når indfaldsvinklen i_i og brydningsforholdet n ved grænseovergangen luft-glas kendes:

$$(\tau\alpha)_t = \frac{\tau\alpha}{1 - (1-\alpha) \cdot \rho_{i_1=v}} \quad (9)$$

Her er $\rho_{i_1=v}$ reflektionskoefficienten ved glasoverfladen for indfaldsvinklen $i_1=v$.

Man kan ifølge [2, side 115] hævde, at den fra absorptorpladen reflekterede stråling er diffus, og at man derfor med rimelighed kan benytte en middelindfaldsvinkel, der regnes at være konstant uanset den direkte strålings indfaldsvinkel.

Når varmetabet gennem dæklagen skal beregnes (se senere), er det lettest, når der ikke tages hensyn til, at der absorberes solstråling i glassene. Derved begås der en fejl, da glasabsorptionen bevirker, at dæklagenes temperatur hæves, og varmetabet fra absorbatoren derved nedsættes i forhold til det beregnede. For at kompensere for dette forhold indføres begrebet effektiv transmission-absorption, $(\tau\alpha)_e$.

For et dæklag af 2 ens glas fås af formelen [2, formel 7.9.8]:

$$(\tau\alpha)_e = (\tau\alpha)_t + (1-\tau_a)a_1 + (1-\tau_a)a_2 \cdot \tau \quad (10)$$

hvor $(\tau\alpha)_t$ beregnes af formel (9) for 2 lag glas, medens τ_a og τ beregnes af henholdsvis formel (7) og (1) for eet lag glas.

a_1 og a_2 kan med rimelighed regnes at være konstante, og deres værdi kan findes i [2, tabel 7.9.1].

3.3.1 Solfangerens effektive transmission-absorption

Absorbatorens overflade er malet med almindelig sort maling og regnes at have en absorptionskoefficient:

$$\alpha = 0,95$$

uafhængig af indfaldsvinklen. Den fra absorptorpladen reflekterede stråling regnes at være diffus med en middelindfaldsvinkel på glasset lig 60 grader uanset solstrålingens indfaldsvinkel. Dette giver en reflektionskoefficient for 2 lag glas:

EFFEKTIV TRANSMISSION · ABSORPTION

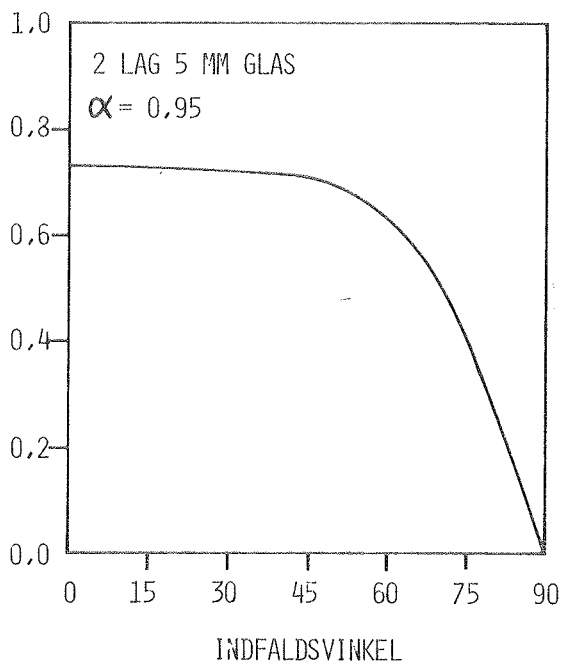


Fig. 4.

T_s kan beregnes af formlen:

$$T_s = 1,15(T_a - 273) - 9 \cdot \cos(HV) + 268 \quad (14)$$

Denne er fundet ved at interpolere mellem de i [6], angivne formler gældende for en lodret og vandret flade.

Konvektionskoefficienten k_v , der skyldes en vis luftbevægelse hen over det yderste dæklag, beregnes af formlen [2, formel 4.14.4]:

$$k_v = 5,7 + 3,8 \cdot v \quad W/m^2 \text{ } ^\circ C \quad (15)$$

hvor v er vindhastigheden i m/s.

Sammenfattende fås, at for en solfanger som skitseret på fig. 5 fås varmetabskoefficienten gennem dæklaget U_t af formlen:

$$U_t = \left(\frac{1}{k_{k_{cl}} + k_{s_{cl}}} + \frac{1}{k_{k_{12}} + k_{s_{12}}} + \frac{1}{k_{sh} + k_v} \right)^{-1} W/m^2 \text{ } ^\circ C \quad (16)$$

hvor k_s , k_k , k_{sh} og k_v beregnes af formlerne (11), (12), (13) og (15) med de på fig. 5 viste temperaturer, emissions-tal og vindhastighed.

Varmetabet gennem dæklaget Q_t beregnes da således:

$$Q_t = U_t \cdot (T_c - T_a) \quad W/m^2 \quad (17)$$

3.4.2 Tab gennem sidekanter og bagbeklædning

Sidekanttabet er vanskeligt at beregne, og derfor vælges ofte blot at sætte varmetabskoefficienten U_S til en procentdel af dæklagets varmetabskoefficient U_t .

I [2] er anført, at U_S normalt skønnes at være under 3% af U_t , mens det i en nærmere analyse af Nul-energi-husets solfanger [7] findes at være ca. 2%. Denne sidste værdi er således brugt ved de her foretagne beregninger.

Bagsidetabskoefficienten U_b beregnes, idet der ses bort fra overgangsmodstande af ligningen:

$$U_b = \frac{\lambda}{e} \quad W/m^2 \quad ^\circ C \quad (18)$$

hvor λ er isoleringens varmeledningsevne, og e er tykkelsen.

Det totale varmetab Q_L for en solfanger som skitseret på fig. 5 kan således beregnes som:

$$Q_L = (U_t + U_S + U_b) (T_c - T_a) \quad W/m^2 \quad (19a)$$

$$= U_L (T_c - T_a) \quad W/m^2 \quad (19b)$$

Det bemærkes, at der er forudsat at være den samme temperatur T_a på bagsiden af solfangeren som på forsiden, hvilket nødvendigvis ikke altid er tilfældet, jævnfør Nul-energi-huset [1], hvor bagsiden vender ud mod en glasoverdækket atriumgård.

3.4.3 Eksempel på dæklagets varmetabskoefficient

Som det fremgår af formel (16) kan dæklagets varmetabskoefficient kun beregnes, når alle temperaturer er kendte, men da disse afhænger af varmetabet, er det ofte nødvendigt at iterere sig frem til U_t . Kendes f.eks. vejrrparametrene og absorberpladetemperaturen, "gættes" der på dæklagens temperatur, og U_t udregnes.

Når man således har bestemt varmetabet, kan der let opstilles en varmebalance for hvert enkelt dæklag, idet der som tidligere nævnt ikke skal tages hensyn til absorberet stråling i dæklaget, da der kompenceres herfor ved at beregne et "effektivt transmissionsabsorptionsprodukt" $(\tau\alpha)_e$.

GLASSETS VARMETABSKOEFFICIENT

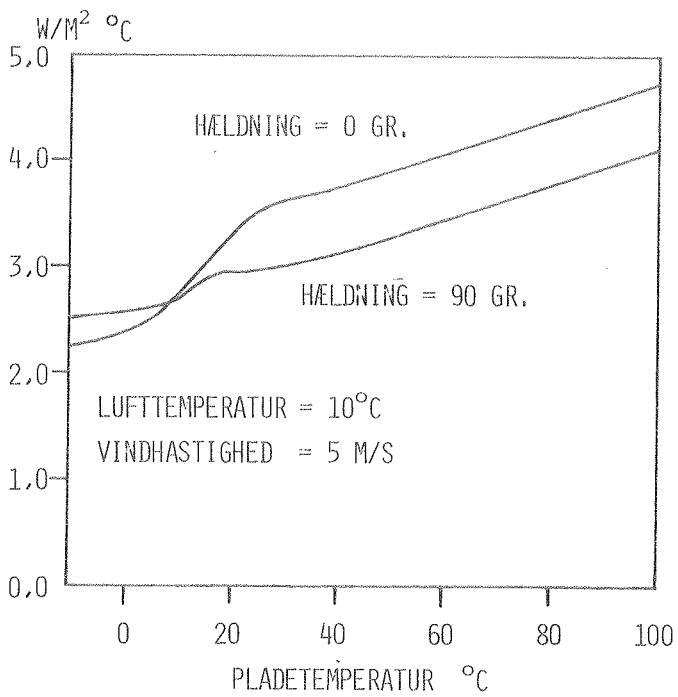


Fig. 6

GLASSETS VARMETABSKOEFFICIENT

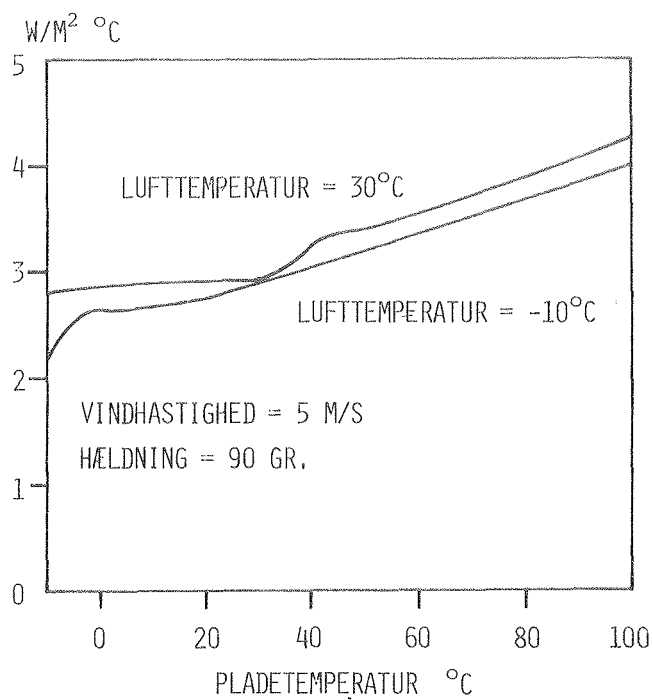


Fig. 8

ning (19), men det er mere hensigtsmæssigt at kunne benytte indløbstemperaturen T_{ind} i stedet for middelpladetemperaturen T_c ændres ligning (20) til

$$Q_u = F_R (Q_{abs} - U_L (T_{ind} - T_a)) \quad W/m^2 \quad (22)$$

hvor faktoren F_R korrigerer for det forhold, at den nyttiggjorte energi beregnet ud fra den lavere indløbstemperatur bliver for stor i forhold til den forekomne beregnet ud fra pladetemperaturen.

F_R kaldes total effektivitetsfaktor (eng. heat removal factor) og består af to faktorer F' og F'' , således at

$$F_R = F' \cdot F'' \quad (23)$$

hvor F' kaldes solfangerens effektivitetsfaktor (eng. collector efficiency factor) og F'' solfangerens flowfactor (eng. collector flow factor).

F' afhænger af solfangerens varmetabskoefficient og den geometriske udformning, idet den repræsenterer forholdet mellem den nyttiggjorte energi man får og den man ville have fået, hvis pladetemperaturen overalt var lig med væsketemperaturen. For forskellige geometriske udformninger af solfangeren kan formler til beregning af F' findes i [2] og [5].

Flowfaktoren F'' korrigerer for det forhold, af væsketemperaturen ikke er konstant men stigende igennem solfangeren, således at F'' repræsenterer forholdet mellem den nyttiggjorte energi man får og den man ville have fået, hvis væsketemperaturen overalt var lig med indløbstemperaturen. F'' afhænger således af væskegennemstrømningen og væskens varmefylde samt af solfangerens varmetabskoefficient og effektivitetsfaktor og den kan beregnes af ligningen [2, fig.7.7.1]:

$$F'' = \frac{G \cdot C_p}{U_L \cdot F'} \left[1 - e^{-\frac{U_L \cdot F'}{G \cdot C_p}} \right] \quad (24)$$

hvor G er massegennemstrømningen pr. areal enhed ($kg/(s \cdot m^2)$) og C_p er varmefylden ($J/(kg \cdot ^\circ C)$).

Solfangerens nyttiggjorte energi kan, når geometrien og flowet er kendt, således beregnes af ligning (22).

vinde erfaringer med henblik på at kunne opstille en standard-metode for måling af solfangerens effektivitet.

4.1. Målemetoder

Da der fra National Bureau of Standards i USA allerede før starten på målingerne var fremkommet et forslag til standard-procedure for måling af solfangeres effektivitet [10], er målesystemet til en vis grad opbygget efter de retningslinjer, der er givet heri.

4.1.1. NBS-målemetoden

Princippet i NBS-målemetoden er, at man under quasi-stationære vejr- og driftsforhold måler solintensitet, lufttemperatur, vindhastighed, temperaturen af vandet i solfangeren, opvarmningen af vandet i solfangeren og endelig gennemstrømningsmængden. Ud fra disses middelværdier over en periode på 15 minutter beregnes solfangerens øjeblikkelige effektivitet.

Ved at måle under forskellige vejr- og driftsforhold kan man få tilstrækkeligt mange datapunkter til at effektivitetskurven kan optegnes. For at få en veldefineret kurve har man dog i NBS-målemetoden bl.a. krævet at solintensiteten er større end 630 W/m^2 , og at indfaldsvinklen er mindre end 45° . Desuden er der krav til vindhastighed og reflektionskoefficienten af fladen foran solfangeren.

Ved optegningen af effektivitetskurven benytter man som abscisse middeltemperaturdifferencen mellem vandet og omgivende luft divideret med solintensiteten på en flade parallel med solfangeren. Teorien herfor er følgende:

Af ligning (22) og med middelvæsketemperaturen

$$T_m = \frac{1}{2} \cdot (T_{ind} + T_{ud})$$

fås

$$Q_u = F' \cdot (I \cdot (\tau\alpha)_e - U_L \cdot (T_m - T_a)) \text{ W/m}^2 \quad (25)$$

hvor det er forudsat, at den absorberede energi, der beregnes efter ligning (21), kan skrives som et produkt af den totale

det taget hensyn til dette forhold, så det ikke skulle afstedkomme fejl på målingerne.

Det skal desuden nævnes, at medens der i NBS-metoden kræves måling af vindhastighed langs med solfangeren, bliver den på Nul-energi-huset målt svarende til den meteorologiske, d.v.s. så vidt muligt uden indflydelse fra omgivelserne. Det er klart, at det er mest korrekt at måle vindhastigheden som NBS-metoden, men da man ved beregningen af solfangeren alene har benyttet den meteorologiske vindhastighed, må det være den tilsvarende, der skal måles, for at der skal kunne sammenlignes. Iøvrigt er dens indflydelse stærkt begrænset ved to-lagssolfangere.

Den diffuse strålingsintensitet kræves målt ved afskærmning af solarimetret for direkte stråling før og efter hver 15-minuttersperiode. Dette er vanskeligt ved automatiske målinger, hvorfor den diffuse strålings intensitet på Nul-energi-huset blev målt på vandret og ved konstant afskærmning. Det er en lidt mere usikker metode, men den er nøjagtig nok til dette formål.

4.2. Måle- og registreringsystemet

I det følgende skal det kort beskrives, hvordan de forskellige størrelser måles og registreres. Målingerne deles naturligt i en gruppe med vejrdata og en med driftsdata. Der skal ikke i detaljer redegøres for, hvordan målingerne udføres, idet der enten anvendes kommercielt udstyr eller gangse metoder. Det sidste gælder alle temperaturmålingerne, der foretages med termoelementer af kobber-konstantan og nikkel-krom-nikkel for lokalreferencens vedkommende. Derimod skal det omtales, hvor målingerne foretages, og så vidt muligt med angivelse af nøjagtigheden.

4.2.1 Måling af vejrdata

Lufttemperaturen måles som vist på fig. 9 foran solfangeren i en afstand fra denne af 0,5 m. Der anvendes et termoelement, der er strålingsbeskyttet ved hjælp af to koncentriske

Solintensiteten på solfangeren og dennes fordeling på direkte og diffus stråling bestemmes ud fra følgende tre intensitetsmålinger.

1. Middelintensiteten af den samlede solstråling på et plan parallelt med solfangeren og i en afstand fra denne på 0,5 m.
2. Intensiteten af den samlede solstråling på et horisontalt plan foran solfangeren.
3. Intensiteten af den diffuse solstråling på et horisontalt plan foran solfangeren.

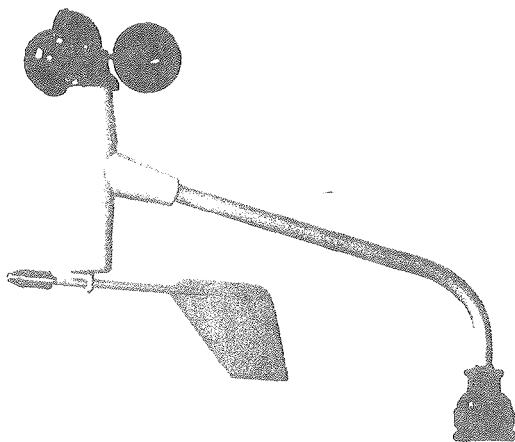


Fig. 10. Vindfløj og kopanemometer.

Vedrørende placeringen af målestederne henvises til fig. 11.

placeringen af solarimetret i en afstand af 0,5 m foran solfangeren skal det bemærkes, at dette skyldes risikoen for, at dele af solarimetret opvarmedes, hvis det sad direkte på solfangeren med deraf følgende fejlmåling.

De to andre solintensiteter måles for at muliggøre bestemmelse af solintensiteten på solfangeren på direkte og diffus stråling. Princippet i denne bestemmelse er følgende. Solintensitet nr. 2 omfatter direkte og diffus himmelstråling, medens solintensitet nr. 3 kun omfatter en del af den diffuse himmelstråling, idet afskærmningen for den direkte stråling af praktiske årsager også bevirker en vis afskærmning for den diffuse stråling. Under forudsætning af en jævn fordeling af den diffuse stråling over himmelhælvningen kan man korrigere den målte diffuse stråling for den uønskede afskærmning. Detaljerne i denne korrektion findes i [11]. Ud fra intensiteten af den samlede stråling og af den korrigerede diffuse stråling kan man beregne intensiteten af den direkte stråling på et horisontalt plan. Ved hjælp af solens højde og azimut omregnes denne til normalstrålingens intensitet og derefter til den direkte strålings intensitet på solfangeren. Herefter kan andelen af den direkte stråling af den totale stråling uden videre bestemmes.

Til måling af solintensiteten anvendes solarimetre af fabrikat KIPP & ZONEN. Den omtalte afskærmning består af en ring, hvis centerakse er parallel med jordens omdrejningsakse, se fig. 12. Ved ugentligt at flytte ringen i forhold til solarimetret kan dette altid holdes afskærmet for den direkte stråling. Solarimetrenes følsomhed er fra fabrikken opgivet svarende til horisontal anbringelse, men man opgiver, at følsomheden ved vertikal anbringelse er 1% mindre, hvilket der følgerlig er taget hensyn til ved det solarimeter, der måler solintensiteten på solfangeren.

4.2.2 Måling af driftsdata

Indløbstemperaturen af vandet måles med et termoelement umiddelbart før indløbet i solfangersektionen. Da solfan-

ment placeret midt på hver af pladerne. Dette giver en tilstrækkelig god måling, da pladerne har en jævn temperaturfordeling, jfr. [12]. På grund af den ujævne solintensitet over solfangeren i dens lodrette udstrækning og på grund af konvektionen mellem absorptorpladerne og glasset er der en vis variation i absorptorpladernes temperatur i lodret retning. Derimod er det ved målinger godtgjort, at der ikke er nogen variation i vandret udstrækning. Det er derfor tilstrækkeligt kun at måle halvdelen af pladernes temperatur, og man måler således kun 7 absorptorpladetemperaturer.

Vandgennemstrømningen må ligesom temperaturdifferencen over solfangersektionen bestemmes med god nøjagtighed. Desuden må den måles uden at medføre tryktab af betydning, da dette ville kræve meget større cirkulationspumper i systemet. Ved demonstration af solvarmesystemets duelighed kan det ikke accepteres at have store pumper. Derfor valgte man at måle vandgennemstrømningen med en elektromagnetisk flowmåler, som også giver en god målenøjagtighed. Flowmåleren er af fabrikat Eckerdts med en dimension på 12 mm, og nøjagtigheden opgives til 1%, se fig. 13. Måleren er anbragt på fordelingsrøret og solfangerens indløb.

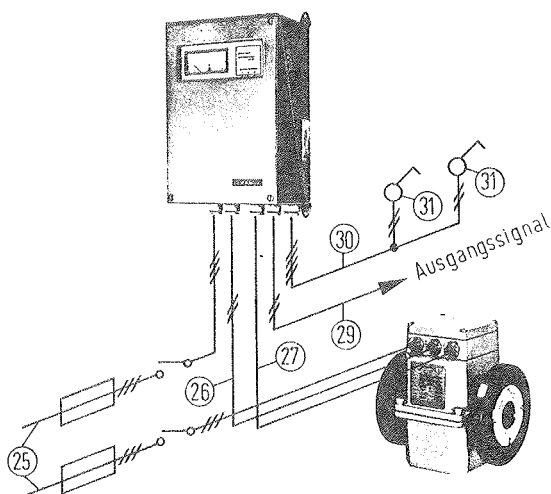


Fig. 13. Elektromagnetisk flowmåler

NUL-ENERGIHUSETS SOLFANGER

AFVIGELSE MELLEM MALT OG BEREGNET UDDBYTTET I % AF BEREGNET.

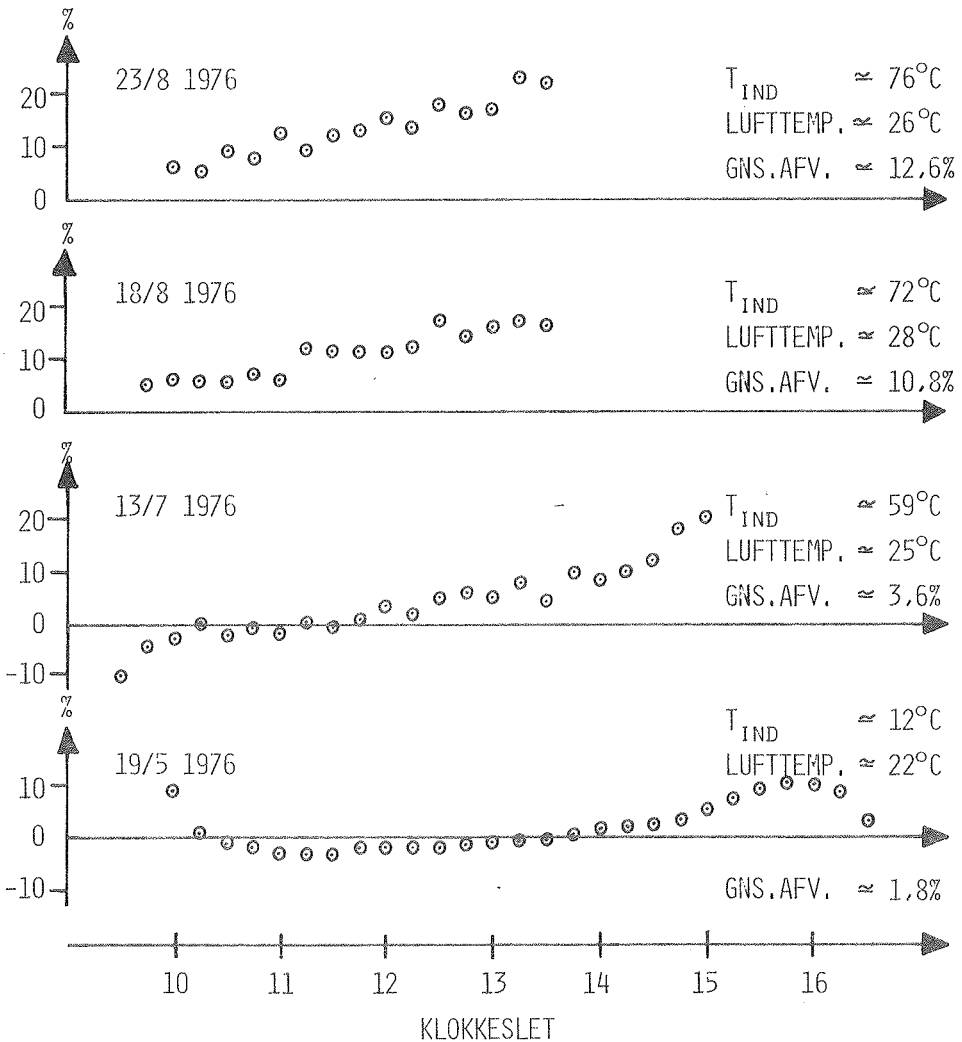


Fig. 14

NUL-ENERGIHUSETS SOLFANGER

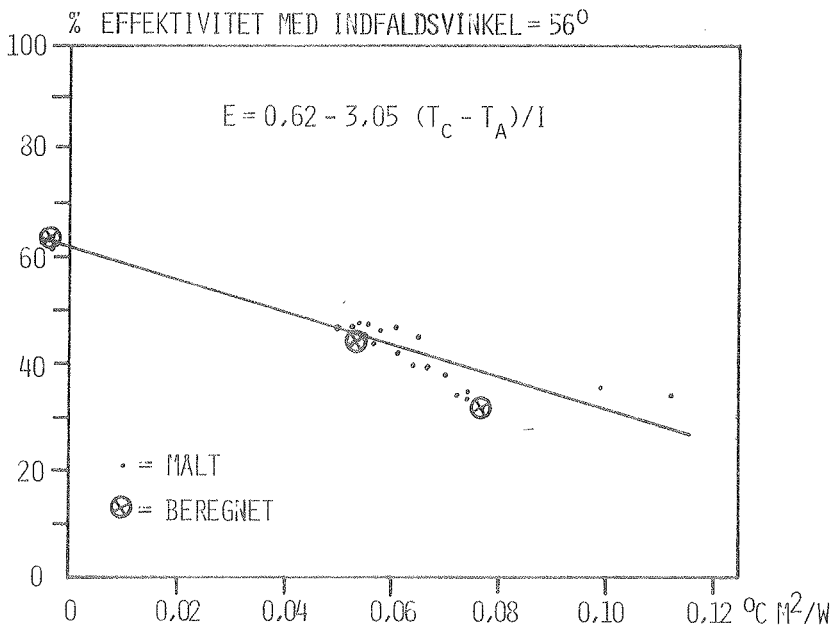


Fig. 15

6. Referenceliste

- [1] DtH-Nul-Energihus
(af LFV - IFV - LFV&I) Danmarks tekniske Højskole
Tutein & Kock, København 1977
- [2] Duffie, J.A. & Beckman, W.A.:
Solar Energy thermal processes
John Wiley & Sons, New York 1974
- [3] Petersen, Erwin, personlig kontakt
- [4] Krægpøth, Kristian:
Eksempler på solfangerberegninger
Solenergidagen juni 1976, Lab. f. varmeisolering
DtH, meddelelse nr. 51, 1976
- [5] Jordan, R.C. (edit):
Low temperature engineering application of solar energy
ASHRAE, New York 1967
- [6] Höglund, Ingmar:
Metod för beräkning av extrema ytemperaturer hos
isolerade ytterkonstruktioner.
Rapport R6 1976
Byggeforskningen, Svensk Byggtjänst
- [7] Krægpøth, K & Korsgaard, V:
Plane, stationære vandgennemstrømmede solfangeres
effektivitet under danske klimaforhold.
Intern rapport, juni 1976.
Lab. f. Varmeisolering, DtH
- [8] Lund, Hans:
Program BA 4 til beregning af rumtemperaturer og varme-
og kølebehov.
Meddelelse nr. 46
Lab. f. Varmeisolering, DtH, 1976

Kort forklaring af edb-udskrifterne.

Der er udvalgt 4 dage i sommeren og efteråret 1976. På disse dage er der foretaget målinger hvert minut af klimaet og solfangerens ydelse. Inden for en 15 minutters periode er der for hver enkel parameter foretaget en beregning af middelværdien og det er disse middelværdier, der dels er benyttet som input til beregningen og dels sammenlignes med beregningsresultatet.

På udskrifterne er følgende angivet:

KL	Klokkeslettet, der repræsenterer 15 minutters perioden.
LTEMP	Udelufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$).
VIND	Vindhastigheden m/s.
SOLIN	Solindfaldet på solfangeren (lodret) W/m^2 .
D.DEL	Den direkte strålings andel af solindfaldet.
INDF	Indfaldsvinkel for den direkte stråling, grader.
TIND	Indløbstemperatur $^{\circ}\text{C}$.
FLOW	Vandflowet gennem een sektion ($9,8 \text{ m}^2$) l/min.
PTEMP	Middelpladetemperatur $^{\circ}\text{C}$.
M.ABS	Målt nyttiggjort effekt W.
M.EF	Effektivitet beregnet ud fra målingerne %.
M.X-V	Abscisse værdi på målt effektivitetskurve (fig.15) $^{\circ}\text{C m}^2/\text{W}$
B.ABS	Beregnet nyttiggjort effekt W.
B.EF	Effektivitet på grundlag af beregningerne %.
B.X-V	Abscisseværdi på beregnet effektivitetskurve (fig.15) $^{\circ}\text{C m}^2/\text{W}$
AFV	Differencen mellem målt og beregnet nyttiggjort effekt i % af beregnet værdi. $((\text{M.ABS}-\text{B.ABS}) \times 100/\text{B.ABS})$.

Endelig er angivet summen af solindfaldet i Wh/m^2 og sektionens ($9,8 \text{ m}^2$) nyttiggjorte energi i Wh målt og beregnet samt middel-effektiviteterne og middelafrvigelsen mellem målt og beregnet nyttiggjort energi.

SAMMENLIGGENDE MULLENS MAALINGS RESULTAT EFFEKTIVITET AF NULEMERGIHUSETS SULFANGER
DEN 15/7 (19. DAG I AARET)

KL	KLIP C	VIND M/S	SULIN W/EC	KLIMADATA	INDF G	SOLFANJER : MAALT	M. ABS W	M. EF %	M. X-V CM2/W	BEREGNET	H. X-V CM2/W	AFV %
						IND FLOW L/MI C	PTEMP C			B. ABS W	H. EF %	
913	21.2	3.3	4.1	0.62	67.	50.6	7.6	60.6	0.075	1324.	28.1	0.076
939	22.4	3.4	5.16	0.63	65.	57.9	6.8	62.2	0.071	1575.	31.0	0.072
949	22.7	3.4	5.85	0.65	64.	58.1	6.8	62.3	0.069	1766.	33.1	0.069
1000	22.6	3.3	5.70	0.66	62.	58.2	6.8	63.3	0.066	1955.	35.0	0.066
1017	24.4	3.3	5.14	0.67	60.	58.4	6.8	63.8	0.064	2126.	36.5	0.064
1030	23.1	3.6	5.80	0.66	59.	58.5	6.8	64.2	0.061	2324.	38.4	0.061
1043	23.6	3.4	6.24	0.66	56.	58.7	6.8	64.6	0.060	2460.	39.6	0.060
1100	24.6	2.9	6.00	0.69	57.	58.8	6.8	64.9	0.057	2647.	41.0	0.057
1113	26.1	2.1	6.74	0.69	56.	59.0	6.8	65.3	0.054	2710.	42.0	0.054
1140	26.3	2.0	6.75	0.69	56.	59.1	6.8	65.6	0.053	2851.	43.5	0.053
1180	26.7	3.4	6.75	0.69	56.	59.2	6.8	65.8	0.053	2887.	43.6	0.053
1200	26.0	3.0	6.77	0.69	56.	59.3	6.8	66.1	0.055	2947.	44.0	0.055
1235	26.4	2.9	6.77	0.69	56.	59.5	6.8	66.1	0.056	2915.	44.2	0.056
1245	26.2	2.7	6.81	0.69	57.	59.7	6.8	66.0	0.057	2940.	44.5	0.057
1300	26.2	2.7	6.81	0.67	58.	59.8	6.8	66.0	0.057	2732.	43.7	0.057
1313	26.3	2.1	6.84	0.66	59.	59.9	6.8	65.9	0.056	2600.	42.5	0.056
1339	26.4	2.8	6.81	0.68	60.	60.0	6.8	65.7	0.060	2417.	41.0	0.060
1345	26.4	3.4	5.73	0.65	62.	60.0	6.8	65.3	0.063	2313.	39.3	0.060
1400	26.5	2.0	5.92	0.64	63.	60.1	6.8	65.2	0.063	2087.	37.0	0.062
1413	26.4	2.4	5.44	0.63	65.	60.2	6.8	64.9	0.065	1936.	35.8	0.065
1430	26.0	2.4	4.97	0.62	67.	60.3	6.8	64.6	0.066	1690.	32.9	0.066
1443	26.6	2.0	4.56	0.61	69.	60.4	6.8	64.2	0.072	1467.	30.4	0.071
1500	26.8	2.0	4.17	0.59	71.	60.4	6.7	63.6	0.079	1174.	26.4	0.077
1513	26.7	3.0	3.91	0.57	74.	60.5	6.7	63.4	0.064	938.	23.0	0.063
1530	26.6	3.0	3.40	0.54	76.	60.5	6.7	63.0	0.094	589.	15.3	0.093
1543	26.0	3.1	3.00	0.50	78.	60.6	6.7	62.6	0.104	345.	10.4	0.104
1549	26.0	3.1	3.00	0.50	78.	60.6	6.7	62.6	0.120	90.	3.1	0.119
SUM			37.42							13356.	35.9	3.6

