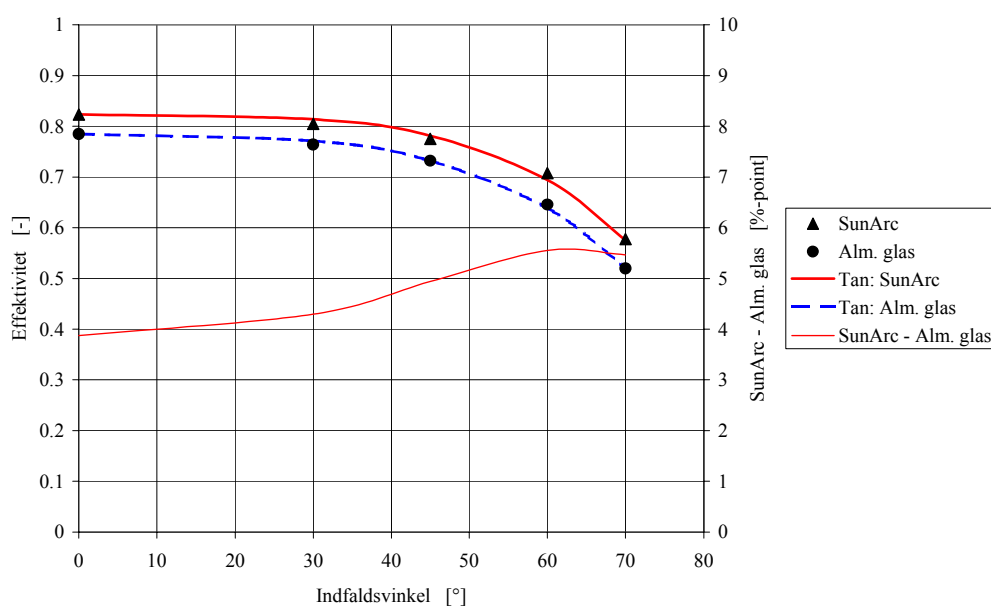


SOLFANGER MED

ANTIREFLEKSIONSBEHANDLET GLAS

NIELS KRISTIAN VEJEN



2000

SAGSRAPPORT
SR-0032

ISSN 1396-402X



INSTITUT FOR BYGNINGER OG ENERGI
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET



INDHOLDSFORTEGNELSE

1	INDLEDNING.....	1
2	TRANSMITTANS MÅLINGER.....	2
2.1	Transmittans ved diffusstråling.....	3
2.2	Transmittans ved forskellige indfaldsvinkler.....	4
2.3	Sammenligning af almindeligt og antirefleksionsbehandlet glas.....	7
3	SOLFANGEREFFEKTIVITET OG INDFALDSVINKELKORREKTION.....	10
3.1	Beskrivelse af målesystem.....	11
3.1.1	Udendørs effektivitetsafprøvning.....	11
3.2	Solfangereffektivitet.....	12
3.3	Indfaldsvinkelkorrektion.....	14
4	KONKLUSION.....	19
	REFERENCER.....	20

1 INDLEDNING.

Soltransmittansen for et almindeligt glas og for et af SunArc A/S antirefleksionsbehandlet glas er målt i DTU's udendørs soltracker for forskellige indfaldsvinkler.

En solfangers effektivitet med de to afprøvede glas som dæklag er målt for forskellige indfaldsvinkler i samme prøvestand.

På basis af målingerne er den effektivitetsmæssige fordel, som er knyttet til anvendelsen af antirefleksionsbehandlede dæklag for solfangere bestemt.

Projektet er gennemført som en del af Institut for Bygninger og Energis aktiviteter inden for SolEnergiCentret.

Projektet er finansieret af Energistyrelsen.

2 TRANSMITTANS MÅLINGER.

Der er foretaget målinger af soltransmittansen for et almindeligt jernfrit glas og for et tilsvarende glas der er blevet antirefleksbehandlet hos SunArc A/S.
Glassene er 4 mm Diamant fra Scan Glas A/S.

Målingerne er foretaget i Institutet for Bygninger og Energi's udendørs soltracker for forskellige indfaldsvinkler mellem 0° og 90° .

Figur 2.1 viser soltrackeren. Måleplanet kan dreje om den lodrette akse og vippe omkring den horisontale akse. Der ses tre solarimetre (Kipp og Zonen, Type CM 11), som alle følger måleplanet. Det højre solarimeter måler totalstrålingen, det venstre den diffuse stråling og det midterste den totale transmitterede stråling gennem måleobjektet (glasset).



Figur 2.1 Udendørs soltracker.

2.1 Transmittans ved diffusstråling.

Den diffuse - hemispheriske transmittans $\tau^{\text{diff-h}}$, er målt i gråvejrsforhold hvor der ingen direkte stråling er. Det vil sige når den totale stråling, E^{diff} , og den diffuse stråling, E_d^{diff} , er lige store. Den diffuse - hemispheriske transmittans, $\tau^{\text{diff-h}}$, bestemmes ud fra den totale stråling, E^{diff} , og den transmitterede stråling, E_t^{diff} , målt under diffuse forhold.

$$\tau^{\text{diff-h}} = E_t^{\text{diff}} / E^{\text{diff}}$$

Resultaterne kan ses i tabel 2.1.

Glas	Total	Transmitteret	Transmittans
	E^{diff}	E_t^{diff}	$\tau^{\text{diff-h}}$
	[W/m ²]	[W/m ²]	[%]
Almindeligt	46,9	38,4	82,0
Antirefleksionsbehandlet	34,0	29,5	86,8

Tabel 2.1 Måleresultater og transmittans for almindeligt og antirefleksionsbehandlet glas ved diffus himmelstråling.

Det ses at det antirefleksionsbehandlede glas har en diffus - hemispherisk transmittans, $\tau^{\text{diff-h}}$, der er ca. 5 %-point bedre end det almindelige glas.

2.2 Transmittans ved forskellige indfaldsvinkler.

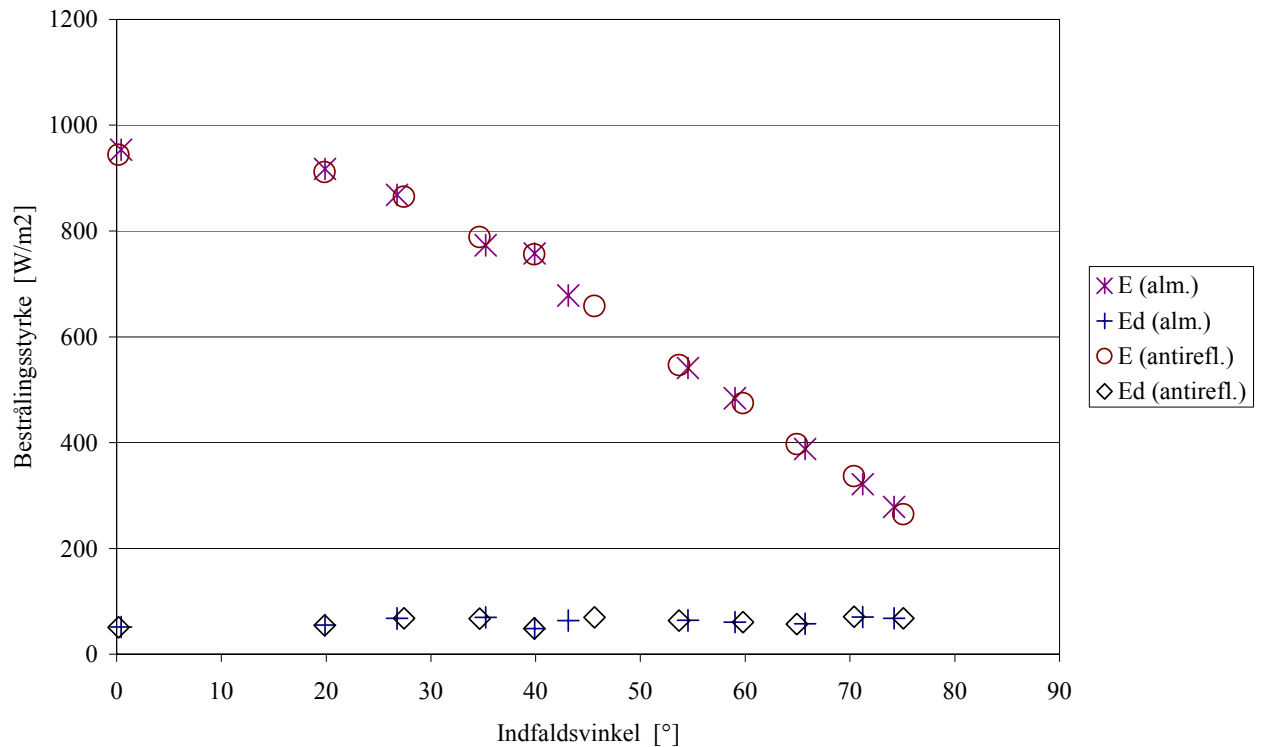
I figur 2.2 er et af glassene monteret i soltrackeren mens det andet står ved foden af måleplanet.



Figur 2.2 Glas monteret i soltracker.

Målingerne er gennemført ved at dreje måleplanet til en ønsket indfaldsvinkel og så foretage måling først med det ene glas og umiddelbart efter med det andet glas (inden for 2 minutter) således, at målingerne ved én indfaldsvinkel er foretaget under så identiske forhold som muligt.

Figur 2.3 viser den totale, E, og diffuse, E_d, bestrålingsstyrke som det almindelige og det antirefleksionsbehandlede glas har været udsat for under målingerne. Det ses at forholdene har været næsten ens for de to glas.



Figur 2.3 Total og diffus bestrålingsstyrke under målingerne på det ubehandlede og det antirefleksionsbehandlede glas.

Der er foretaget målinger ved 11 forskellige indfaldsvinkler.

Ved målingerne måles den totale bestrålingsstyrke, E, og den diffuse bestrålingsstyrke, E_d, på planet samt den totale transmitterede bestrålingsstyrke, E_t, gennem glasset.

Ud fra disse størrelser beregnes den hemispheriske - hemispheriske transmittans /1/, τ^{hh} :

$$\tau^{hh} = E_t / E$$

og den retningsbestemte - hemispheriske transmittans /1/, τ^{dh} :

$$\tau^{dh} = (E_t - \tau^{diff-h} E_d) / (E - E_d)$$

For det almindelige jernfri glas er følgende måleresultater opnået.

Indfaldsvinkel	Total bestrålingsstyrke	Diffus bestrålingsstyrke	Transmitteret stråling	Transmittans	Transmittans
Θ	E	E_d	E_t	τ^{hh}	τ^{dh}
[°]	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]	[%]	[%]
0	953,7	51,6	863,4	90,5	91,0
20	917,2	55,3	827,0	90,2	90,7
27	868,4	67,6	787,8	90,7	91,5
35	773,0	69,9	698,5	90,4	91,2
40	757,2	48,8	677,5	89,5	90,0
43	678,0	63,8	601,1	88,6	89,3
55	541,0	64,0	455,2	84,1	84,4
59	484,0	61,1	393,9	81,4	81,3
66	388,0	57,7	288,2	74,3	72,9
71	321,3	70,5	215,0	66,9	62,7
74	278,3	67,9	172,7	62,1	55,6

Tabel 2.2 Måleresultater og transmittans for det almindelige glas.

Det almindelige glas har en transmittans, τ^{hh} , ved 0° indfaldsvinkel på 90,5 %, ved 59° indfaldsvinkel på 81,4 % og ved 74° indfaldsvinkel på 62,1 % af den totale bestrålingsstyrke. Transmittansen, τ^{dh} , af den direkte solstråling er henholdsvis 91,0 % ved 0° indfaldsvinkel, 81,3 % ved 59° indfaldsvinkel og 55,6 % ved 74° indfaldsvinkel.

For det antirefleksionsbehandlede jernfri glas er følgende måleresultater opnået.

Indfaldsvinkel	Total bestrålingsstyrke	Diffus bestrålingsstyrke	Transmitteret stråling	Transmittans	Transmittans
Θ	E	E_d	E_t	τ^{hh}	τ^{dh}
[°]	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]	[%]	[-]
0	944,0	50,8	895,2	94,8	95,3
20	911,4	54,8	862,5	94,6	95,1
27	864,8	68,1	824,8	95,4	96,1
35	788,7	67,3	751,7	95,3	96,1
40	755,9	49,0	717,1	94,9	95,4
46	657,9	69,7	616,5	93,7	94,5
54	546,7	63,5	500,2	91,5	92,1
60	474,6	61,0	414,8	87,4	87,5
65	396,7	57,4	327,9	82,7	82,0
70	336,6	71,0	256,0	76,1	73,2
75	264,3	68,3	180,1	68,1	61,6

Tabel 2.3 Måleresultater og transmittans for det antirefleksionsbehandlede glas.

Det antirefleksionsbehandlede glas har en transmittans, τ^{hh} , ved 0° indfaldsvinkel på 94,8 %, ved 60° indfaldsvinkel på 87,4 % og ved 75° indfaldsvinkel på 68,1 % af den totale bestrålingsstyrke. Transmittansen, τ^{dh} , af den direkte solstråling er henholdsvis 95,3 % ved 0° indfaldsvinkel, 87,5 % ved 60° indfaldsvinkel og 61,6 % ved 75° indfaldsvinkel.

2.3 Sammenligning af almindeligt og antirefleksionsbehandlet glas.

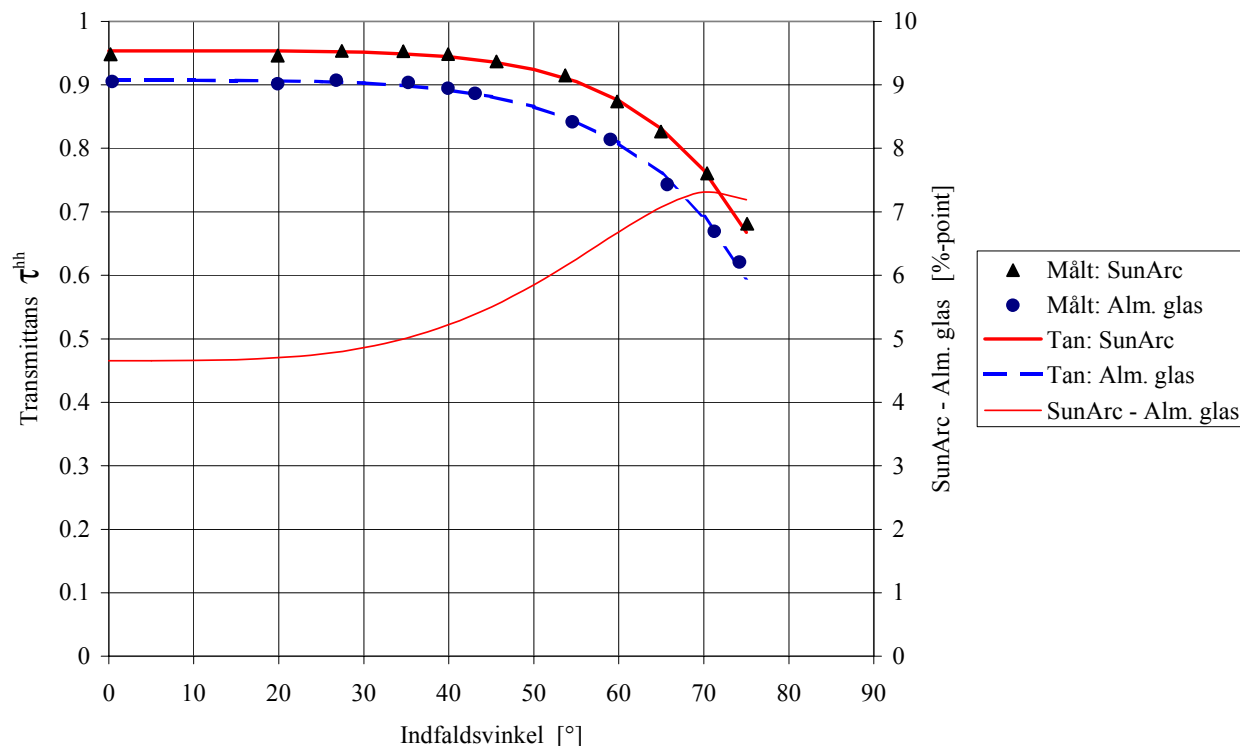
Ud fra målingerne er der fundet nogle tilnærmede tangensudtryk for transmittanserne af formen:

$$\tau_{\Theta} = (1 - \tan^a(\Theta/2))\tau_{\max}$$

hvor

τ_{Θ}	Transmittansen ved en given indfaldsvinkel	[-]
τ_{\max}	Den største målte transmittans	[-]
Θ	Indfaldsvinklen	[°]
a	Indfaldsvinkelkorrektionsfaktoren	[-]

I figur 2.4 er den hemispherisk - hemispherisk transmittans, τ^{hh} , for både det almindelige og det antirefleksionsbehandlede glas vist sammen med forskellen mellem dem ved forskellige indfaldsvinkler.



Figur 2.4 Målepunkter for transmittansen, τ^{hh} , for det antirefleksionsbehandlede og det almindelige glas ved forskellige indfaldsvinkler samt kurver for tilnærmede tangensudtryk for målepunkterne og forskellen mellem dem.

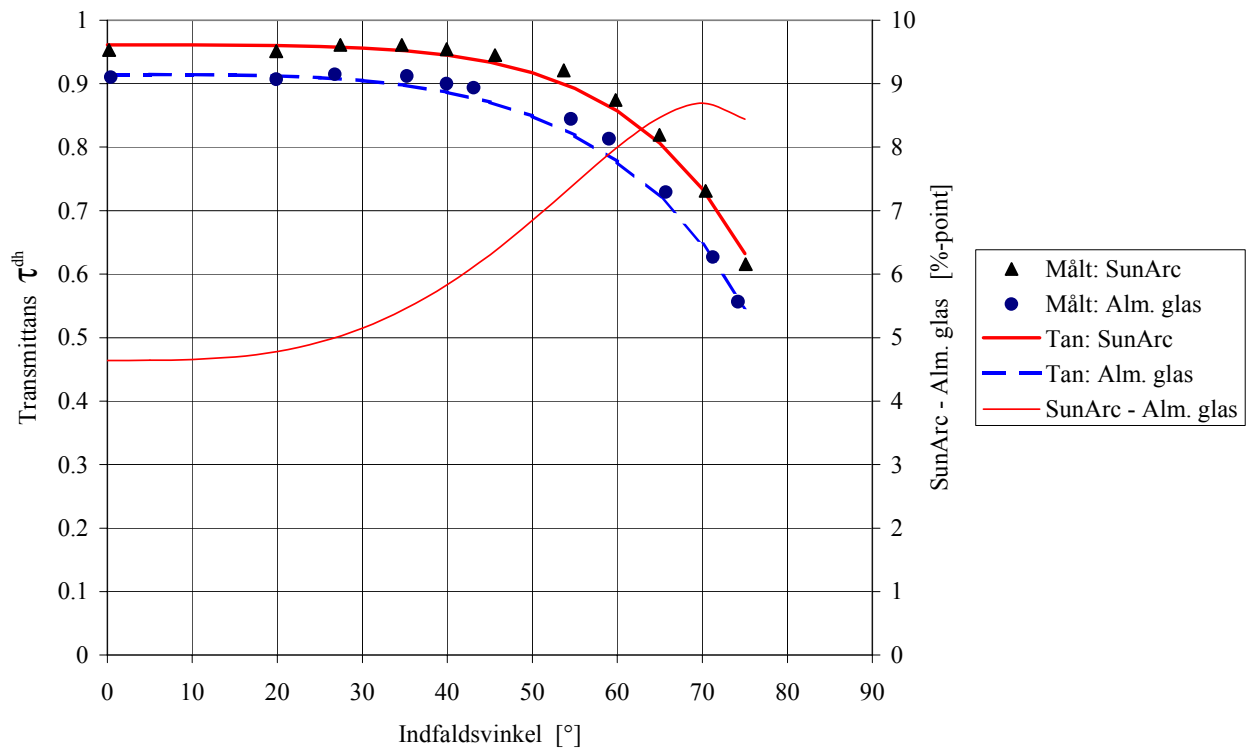
Følgende tilnærmede tangensudtryk er fundet for transmittans, τ^{hh} :

Med almindeligt dæklag :
$$\tau_{\Theta} = (1 - \tan^{4,04}(\Theta/2)) \cdot 90,7$$

Med antirefleksionsbehandlet dæklag :
$$\tau_{\Theta} = (1 - \tan^{4,55}(\Theta/2)) \cdot 95,4$$

Det ses at det antirefleksionsbehandlede glas har en højere transmittans (τ^{hh}) end det almindelige glas ved alle indfaldsvinkler. Ved antirefleksionsbehandlingen er der opnået en forøgelse af transmittansen, τ^{hh} , på 4,7 - 7,4 %-point.

I figur 2.5 er den retningsbestemte - hemispherisk transmittans, τ^{dh} , for både det almindelige og det antirefleksionsbehandlede glas vist sammen med forskellen mellem dem ved forskellige indfaldsvinkler.



Figur 2.5 Målepunkter for transmittansen, τ^{dh} , for det antirefleksionsbehandlede og det almindelige glas ved forskellige indfaldsvinkler samt kurver for tilnærmede tangensudtryk for målepunkterne og forskellen mellem dem.

Følgende tilnærmede tangensudtryk er fundet for transmittans, τ^{dh} :

Med almindeligt dæklag :
$$\tau_{\Theta} = (1 - \tan^{3,45}(\Theta/2)) \cdot 91,5$$

Med antirefleksionsbehandlet dæklag :
$$\tau_{\Theta} = (1 - \tan^{4,05}(\Theta/2)) \cdot 96,1$$

Det ses at det antirefleksionsbehandlede glas har en højere transmittans (τ^{dh}) end det almindelige glas ved alle indfaldsvinkler. Ved antirefleksionsbehandlingen er der opnået en forøgelse af transmittansen, τ^{dh} , på 4,6 - 8,7 %-point.

3 SOLFANGEREFFEKTIVITET OG INDFALDSVINKELKORREKTION

Efter bestemmelsen af transmittansen for det almindelige glas og det antirefleksionsbehandlede glas er glassene benyttet som dæklag i en solfanger. Med de to dæklag er solfangerens effektivitetsudtryk og indfaldsvinkelkorrektion bestemt ved hjælp af målinger.

Den benyttede solfanger er en type LB 2.5 fra tyske Wagner & Co. Solartechnik GmbH. Solfangeren er en almindelig plan solfanger med selektiv strip-absorber og et enkelt dæklag af glas. Solfangeren har et udvendigt areal på $2,84 \text{ m}^2$ og et transparent areal på $2,56 \text{ m}^2$.

Figur 3.1 viser et foto af solfangeren i soltrackeren.



Figur 3.1 Solfanger i soltrackeren.

Vand er brugt som solfangervæske under målingerne.

3.1 Beskrivelse af målesystem.

Målingerne til bestemmelse af solfangerens effektivitetskurve og vinkelkorrektionsfaktor er foretaget i Institut for Bygninger og Energi's udendørs soltracker, se afsnit 2.

Solfangeren var koblet til instituttets lille mobile lagerprøvestand således at der kan opnås en konstant indløbstemperatur til solfangeren samt et konstant flow igennem solfangeren.

Den totale og den diffuse solstråling blev målt af to solarimetre (Kipp og Zonen, Type CM 11), som følger måleplanet.

Udelufttemperaturen samt væskens ind- og udløbstemperatur til/fra solfangeren blev målt med kobber-konstantan-termotråd type TT. Temperaturforskellen over solfangeren blev målt med en termosøjle.

Flowet igennem solfangeren målt med en flowmåler med pulsudgang.

Målingerne blev opsamlet ved hjælp af en datalogger hvert minut.

3.1.1 Udendørs effektivitetsafprøvning

For at bestemme solfangerens effektivitetskurve er solfangeren testet for normale driftstemperaturer i klart vejr, /2/. Der er gennemført 4 målinger ved forskellige indløbstemperaturer. Én indløbstemperatur er valgt så middelvæsketemperaturen i solfangeren ligger i nærheden af omgivelsernes temperatur for at opnå en præcis bestemmelse af η_0 . Den maksimale indløbstemperatur var ca. 70°C.

Hver måling er foretaget med konstant indløbstemperatur og under konstante vejrforhold med en indsvingningsperiode efterfulgt af en testperiode med konstante temperaturforhold på mindst 15 minutter.

Den totale solstråling under prøvningerne var større end 900 W/m² på solfangerplanet.

Indfaldsvinklen for den direkte solstråling var $0^\circ \pm 1^\circ$.

Solfangervæskens volumenstrøm lå imellem 3,5 og 4,0 l/min.

3.2 Solfangereffektivitet.

Solfangeres effektivitet er normalt bestemt ved:

$$\eta = \eta_0 - k_0 \cdot X - k_1 \cdot X^2 \cdot G$$

hvor

$$X = \frac{(t_m - t_l)}{G}$$

η	Solfangerens effektivitet	[-]
η_0	Solfangerens starteffektivitet	[-]
k_0	Varmetabskoefficient	[W/Km ²]
k_1	Varmetabskoefficient	[W/K ² m ²]
G	Total solbestrålingsstyrke	[W/m ²]
t_m	Middeltemperatur af solfangervæsken	[°C]
t_l	Udelufttemperatur	[°C]

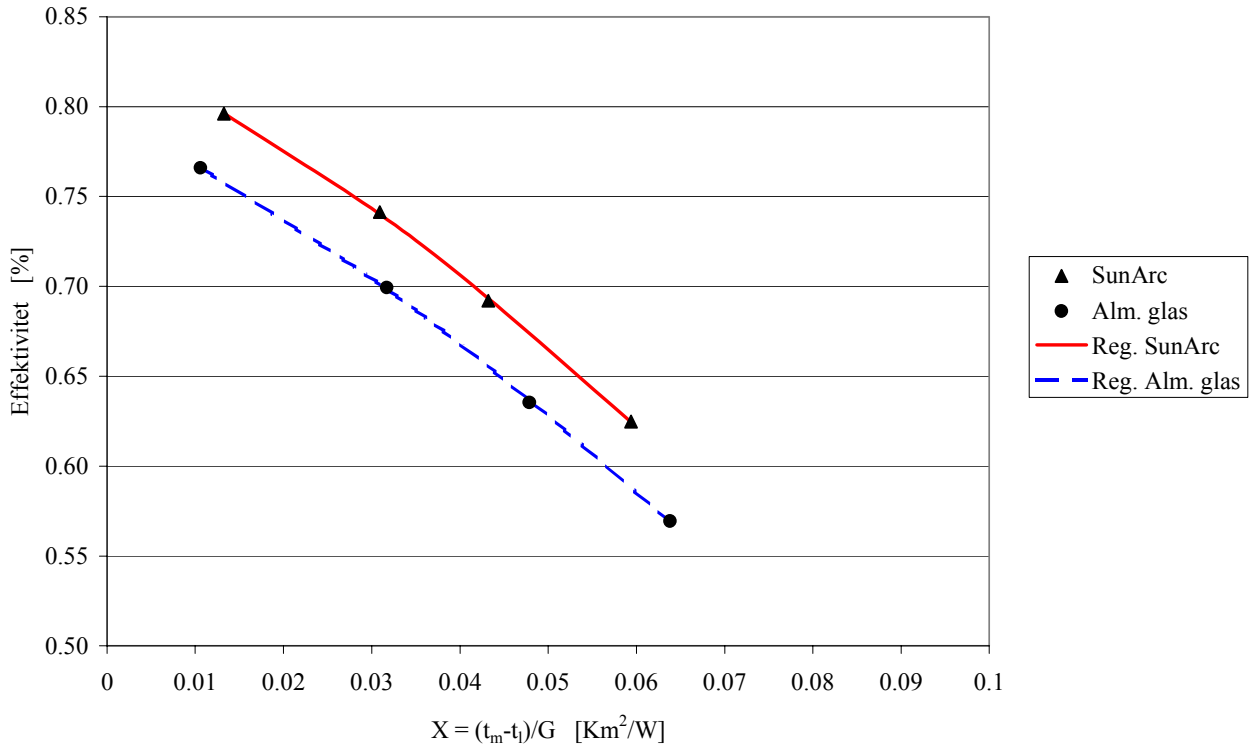
Målingerne til bestemmelse af solfangereffektiviteten er foretaget ved direkte solstråling og med 4 forskellige indløbstemperaturer af væsken til solfangeren.

I tabel 3.1 er de målte solfangereffektiviteter med de to dæklag vist ved forskellige indløbstemperaturer og dermed forskellige X-værdi.

Solfanger	Indløbs-temperatur [°C]	Retur-temperatur [°C]	Flow [l/min]	Bestrålings- styrke [W/m ²]	Udeluft- temperatur [°C]	X-værdi [K m ² /W]	Effek- tivitet [-]
Almindeligt glas	21,3	28,7	3,54	930	15,1	0,0106	0,766
	41,7	48,2	3,75	939	15,2	0,0317	0,699
	56,8	62,7	3,75	937	14,9	0,0479	0,635
	69,5	74,5	3,89	908	14,1	0,0638	0,569
Anti- refleksions- behandlet glas	23,5	31,7	3,54	990	14,5	0,0132	0,796
	40,9	48,0	3,71	959	14,8	0,0309	0,741
	55,0	61,8	3,79	998	15,3	0,0432	0,692
	70,0	76,0	3,90	995	13,9	0,0594	0,625

Tabel 3.1 Målte solfangereffektiviteter.

I figur 3.2 er de målte effektiviteter indtegnet som funktion af X-værdien for solfangeren med de to forskellige dæklag. Der er foretaget en regressionsanalyse for at bestemme effektiviteterne for solfangeren med de to dæklag. Regressionsudtrykkene er vist som kurver.



Figur 3.2 Målte solfangereffektiviteter.

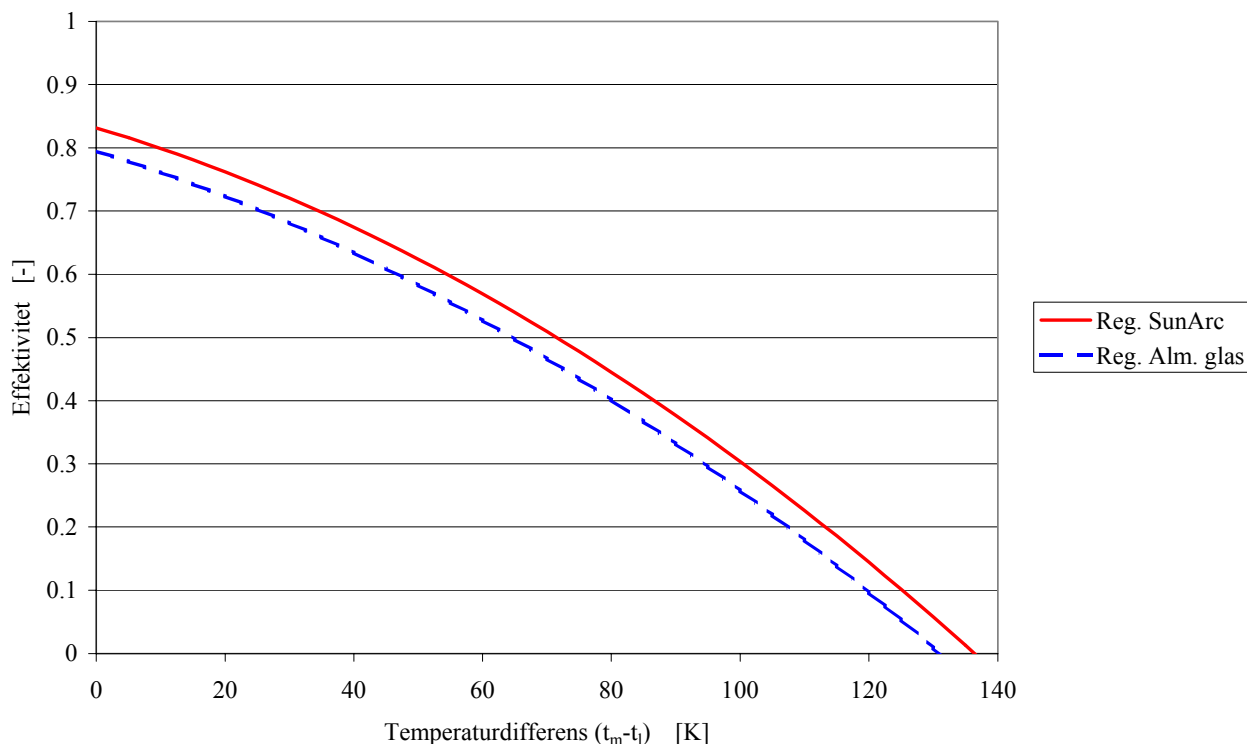
Ud fra målingerne af solfangereffektiviteterne er følgende regressionsudtryk for solfangereffektiviteterne fundet :

Med almindeligt dæklag : $\eta = 0,794 - 2,49 \cdot X - 0,018 \cdot X^2 \cdot G$

Med antirefleksionsbehandlet dæklag : $\eta = 0,832 - 2,43 \cdot X - 0,018 \cdot X^2 \cdot G$

Ud fra regressionsudtrykkene ses det at antirefleksionsbehandlingen af glasset har betydet en forøgelse af solfangereffektiviteten med ca. 4 - 5 %-point.

I figur 3.3 er solfangereffektiviteterne baseret på regressionsudtrykkene optegnet som funktion af solfangervæskens middeltemperatur minus udelufttemperaturen i hele solfangerens funktionsområde ved en bestrålingsstyrke på 800 W/m^2 .



Figur 3.3 Solfangereffektivitet ved en solbestråling på 800 W/m^2

3.3 Indfaldsvinkelkorrektion

For at bestemme solfangerens indfaldsvinkelkorrektion er solfangeren testet ved indfaldsvinkler på 0° , 30° , 45° , 60° og 70° . Målingerne for hvert dæklag er udført samme dag.

Solfangervæskens indløbstemperatur til solfangeren var indstillet så tæt på omgivelsestemperaturen som muligt.

Hver måling, som er foretaget under konstante vejrforhold og med konstant volumenstrøm, indløbstemperatur og indfaldsvinkel består af en indsvingningsperiode efterfulgt af en testperiode på mindst 15 minutter.

Indfaldsvinklen for den direkte solstråling varierede $\pm 1^\circ$ fra den ønskede indfaldsvinkel.

Solfangervæskens volumenstrøm var ca. $3,5 \text{ l/min}$.

Solfangeres indfaldsvinkelkorrektion er normalt bestemt ved tangensudtrykket :

$$K_{\Theta} = 1 - \tan^a (\Theta/2)$$

hvor

Θ	Indfaldsvinklen	[°]
a	Indfaldsvinkelkorrektionsfaktoren	[-]

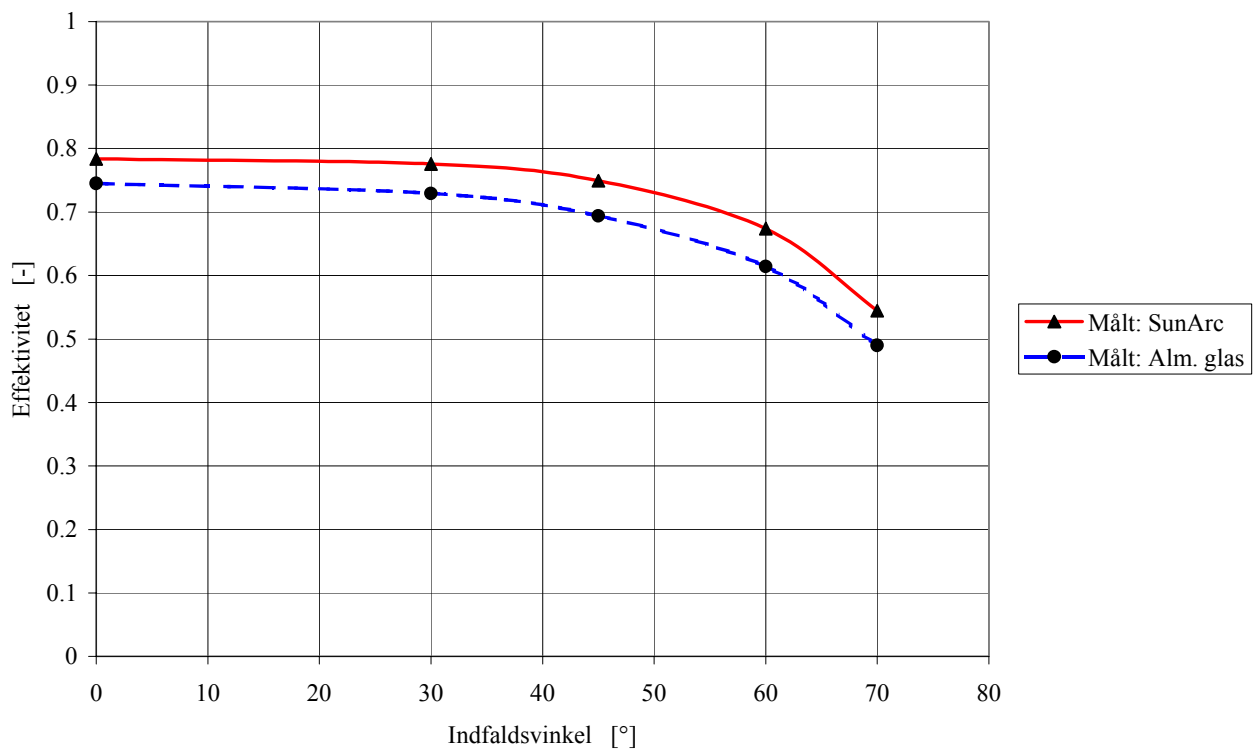
I tabel 3.2 er de målte solfangereffektiviteter med de to dæklag vist ved forskellige indfaldsvinkler og dermed forskellige solbestrålingsstyrker i solfangerplanet og forskellige X-værdier. I sidste kolonne er den korrigerede solfangereffektivitet bestemt ved hjælp af solfangerens effektivitetsudtryk angivet. De målte solfangereffektiviteter er korrigeret så de svarer til en X-værdi på 0.

Solfanger	Indfaldsvinkel [°]	Indløbstemperatur [°C]	Returtemperatur [°C]	Flow [l/min]	Bestrålingsstyrke [W/m ²]	Udelufttemperatur [°C]	X-værdi [Km ² /W]	Effektivitet [-]	Effektivitet X = 0 [-]
Almindeligt glas	0	24,6	31,5	3,50	877	15,1	0,0149	0,745	0,785
	30	23,7	30,2	3,53	859	15,6	0,0132	0,729	0,764
	45	23,6	28,5	3,51	685	15,5	0,0154	0,694	0,732
	60	21,2	24,4	3,44	498	15,6	0,0146	0,614	0,645
	70	20,1	21,7	3,44	319	15,4	0,0174	0,490	0,520
Anti-refleksionsbehandlet glas	0	24,8	31,7	3,58	877	15,0	0,0151	0,784	0,824
	30	22,2	28,6	3,52	801	16,0	0,0118	0,776	0,805
	45	21,3	26,4	3,50	651	16,7	0,0110	0,749	0,775
	60	21,4	25,0	3,49	524	15,1	0,0155	0,674	0,708
	70	20,1	21,9	3,42	312	15,1	0,0187	0,545	0,577

Tabel 3.2 Målt solfangereffektivitet ved forskellige indfaldsvinkler og X-værdier.

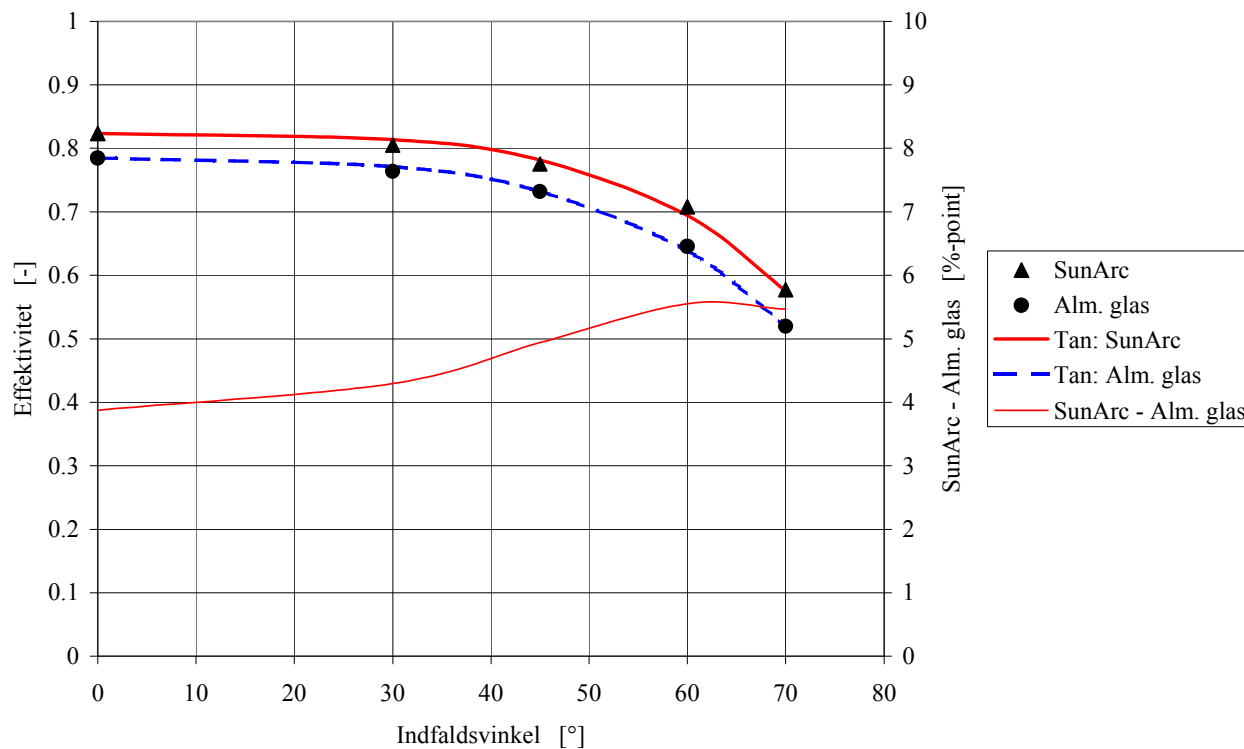
Forskellen i X-værdierne skyldes hovedsageligt at bestrålingsstyrken i solfangerplanet bliver mindre ved voksende indfaldsvinkel.

I figur 3.4 er de målte effektiviteter for solfangeren med de to forskellige dæklag indtegnet som funktion af indfaldsvinklen.



Figur 3.4 Målte solfangereffektiviteter ved forskellige indfaldsvinkler.

I figur 3.5 er de korrigerede solfangereffektiviteter svarende til en X-værdi på 0 vist som funktion af indfaldsvinklen. Derudover er de tilnærmede tangens udtryk for indfaldsvinkelkorrektionen samt forskellen mellem dem i %-point vist.



Figur 3.5 Solfangereffektiviteter svarende til en X-værdi på 0 ved forskellige indfaldsvinkler.

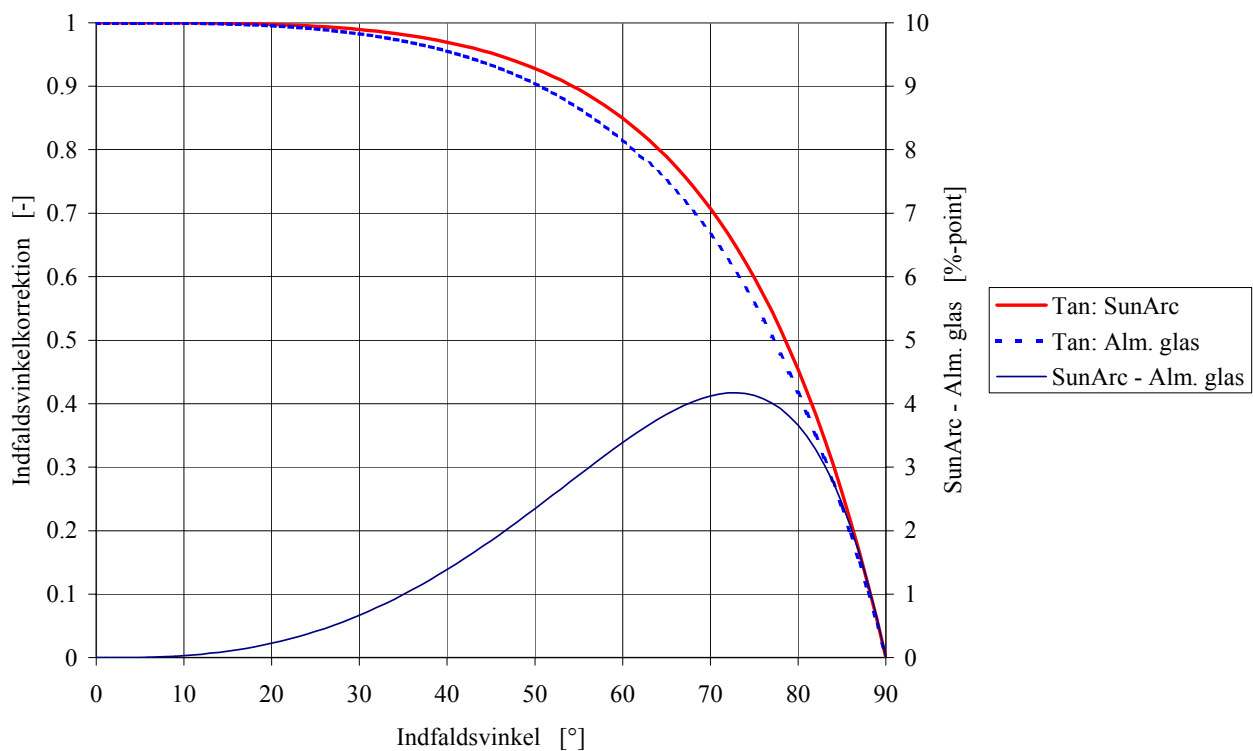
Det ses at solfangereffektiviteten forøges med ca. 4 %-point ved en indfaldsvinkel på 0° og med ca. 5,6 %-point ved en indfaldsvinkel på ca. 60° , hvis almindeligt glas erstattes af antirefleksionsbehandlet glas.

Ud fra solfangereffektiviteterne svarende til en X-værdi på 0 er følgende indfaldsvinkelkorrektioner, K_Θ , bestemt :

Med almindeligt dæklag :
$$K_\Theta = 1 - \tan^{3,06}(\Theta/2)$$

Med antirefleksionsbehandlet dæklag :
$$K_\Theta = 1 - \tan^{3,37}(\Theta/2)$$

I figur 3.6 er indfaldsvinkelkorrektionerne vist sammen med forskellen imellem dem i %-point.



Figur 3.6 Indfaldsvinkelkorrektion

Det ses at antirefleksionsbehandlingen af glasset betyder en forøgelse af indfaldsvinkelkorrektionen med op til ca. 4 %-point ved en indfaldsvinkel på 70° - 75°.

Det betyder at antirefleksionsbehandlingen af glasset ud over at forbedre solfangereffektiviteten også medfører en yderligere forbedring af solfangereffektiviteten ved indfaldsvinkler større end 0°.

4 KONKLUSION

Transmittansen for et almindeligt jernfrit glas og et tilsvarende glas med en SunArc antirefleksionsbehandlet overflade er blevet målt udendørs i Institutets soltracker. Transmittansmålingerne er foretaget i overskyet vejr samt i klart vejr med forskellige indfaldsvinkler.

Den diffuse-hemispheriske transmittans, $\tau^{\text{diff-h}}$, målt i overskyet vejr for de to glas er fundet til:

Glas	Transmittans, $\tau^{\text{diff-h}}$
Alm. glas [%]	82,0
SunArc [%]	86,8
Forbedring [%-point]	Ca. 4,8

Ud fra målingerne er følgende tilnærmede tangensudtryk for transmittansen τ^{hh} og τ^{dh} fundet :

Glas	Transmittans, τ^{hh}	Transmittans, τ^{dh}
Alm. glas	$\tau_{\theta} = (1 - \tan^{4,04}(\Theta/2)) \cdot 90,7$	$\tau_{\theta} = (1 - \tan^{3,45}(\Theta/2)) \cdot 91,5$
SunArc	$\tau_{\theta} = (1 - \tan^{4,55}(\Theta/2)) \cdot 95,4$	$\tau_{\theta} = (1 - \tan^{4,05}(\Theta/2)) \cdot 96,1$

Ved antirefleksionsbehandlingen er der opnået en forøgelse af transmittansen, τ^{hh} , på 4,7 - 7,4 %-point og af transmittansen, τ^{dh} , på 4,6 - 8,7 %-point. De største forbedringer er opnået ved en indfaldsvinkel på ca. 70° for den direkte stråling.

Det almindelige glas og det antirefleksionsbehandlede glas er benyttet som dæklag i en solfanger. Med de to dæklag er solfangerens effektivitetsudtryk og indfaldsvinkelkorrektioen bestemt ved udendørs effektivitetsafprøvning.

Ud fra målingerne er følgende regressionsudtryk for solfangereffektiviteterne fundet :

Med almindeligt dæklag : $\eta = 0,794 - 2,49 \cdot X - 0,018 \cdot X^2 \cdot G$

Med antirefleksionsbehandlet dæklag : $\eta = 0,832 - 2,43 \cdot X - 0,018 \cdot X^2 \cdot G$

Af regressionsudtrykkene ses det at antirefleksionsbehandlingen af glasset har betydet en forøgelse af solfangereffektiviteten med ca. 4 - 5 %-point.

Ud fra måling af solfangereffektiviteterne ved forskellige indfaldsvinkler er følgende indfaldsvinkelkorrektioner, K_{θ} , bestemt :

Med almindeligt dæklag : $K_{\theta} = 1 - \tan^{3,06}(\Theta/2)$

Med antirefleksionsbehandlet dæklag : $K_{\theta} = 1 - \tan^{3,37}(\Theta/2)$

Antirefleksionsbehandlingen af glasset betyder en forøgelse af indfaldsvinkelkorrektionen med op til ca. 4 %-point ved en indfaldsvinkel på 70° - 75°.

Det betyder at antirefleksionsbehandlingen af glasset ud over at forbedre solfangereffektiviteten også medfører en yderligere forbedring af solfangereffektiviteten ved indfaldsvinkler større end 0°.

REFERENCER

- /1/ "B13 Directional Optical Properties Measurements". Francois Olive, Jean-Luc Chevalier. T18/B13/FRP/96.
- /2/ "Thermal performance tests for solar collectors - Part 1: Glazed liquid heating collectors". Draft International Standard, ISO/DIS 9806-1.2. International Organization for Standardization, 1992.