



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R91:1979

A149 (657)

**Solvärmetillförsel till
fjärrvärmenät**

Lennart Berndtsson

Jan Nylund

Bertil Udd

Martin Åberg

Byggforskningen

R91:1979

SOLVÄRMETILLFÖRSEL TILL FJÄRRVÄRMENÄT

Lennart Berndtsson
Jan Nylund
Bertil Udd
Martin Åberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 781254-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Stockholms
Energiverk, Byggnadsbyrån, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R91:1979

ISBN 91-540-3076-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

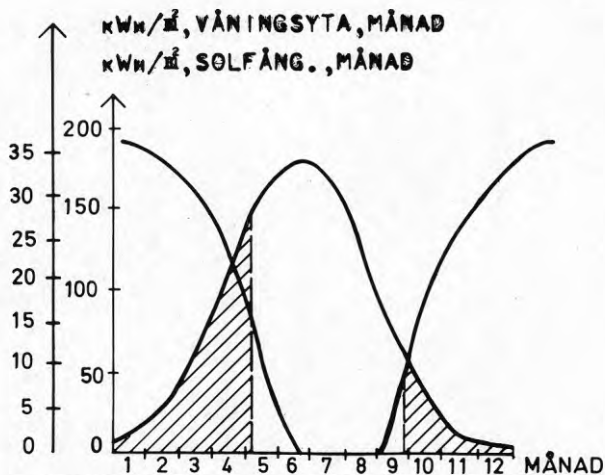
LiberTryck Stockholm 1979 955369

<u>INNEHÅLL</u>	<u>SID</u>
FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	7
ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR	8
SYSTEM- OCH KOMPONENTVAL	11
BERÄKNING AV NYTTIGGJORD SOLENERGI	15
LÖNSAMHETSBEDÖMNING	27
RESULTAT	30
FÖRSLAG TILL FORTSATT UTVECKLINGSARBETE	31
LITTERATUR	31

FÖRORD

Avsikten med denna utredning har varit att undersöka tekniska och ekonomiska förutsättningar för solvärmeförsel till ett fjärrvärmenät.

Endast en mindre del av årets solinstrålning infaller under den tid då värmebehov för byggnadsuppvärmning föreligger. Se figur 1.



FIGUR 1 ENERGIBEHOVET FÖR UPPVÄRMNING JÄMFÖRT MED TOTAL SOLINSTRÅLNING MOT HORIZONTELL YTA I STOCKHOLM. (SKRAFFERAD DEL ANTAS MEDVERKA TILL ENERGIBALANSEN).

Detta medför behov av stora värmeackumulatörer för långtidslagring i solvärmeanläggningar. Värmeackumulatörerna utförs i de flesta fall som välisolerade vattentankar, vilka ger höga investeringskostnader. Dessa kostnader bidrar till att denna typ av solvärmeanläggningar ger dålig lönsamhet vid nuvarande energipriser.

Anläggningar som nyttjas endast för tappvarmvattenvärmning ger bättre ekonomiskt utbyte eftersom värmebehovet är ungefär lika stort under året. Värmeackumulatorer erfordras i dessa fall endast för dygnslagring vilket ger betydligt lägre investeringskostnader per nyttiggjord kWh.

I ett fjärrvärmenät föreligger värmebehov under hela året. De till nätet anslutna fastigheterna nyttjar värmets för både byggnader och tappvarmvattenvärmning. Den stora vattenvolym som cirkuleras i nätet kan användas för solvärmelagring. Lönsamheten för en solvärmearläggning där solenergin tillförs fjärrvärmenätets returledning borde bli bättre än i anläggningar med värmeackumulator enligt ovan.

På taket till kv Apotekaren, en av Stockholms Energiverk tillhörig fastighet i Vasastan i Stockholm, avses monteras solfångare. Den infångade solenergin skall tillföras fjärrvärmenätet via värmeväxlare inom byggnaden.

Denna utredning avser att analysera förutsättningarna för den föreslagna solvärmearläggningen. Härvid studeras bl a möjligheterna att installera solfångare på befintlig byggnad samt deras energiutbyte. Anläggningens lönsamhet bedöms på basis av en kostnadsuppskattning.

Arbetet har bedrivits vid Wahlings Konstruktionsbyrå AB med civilingenjörerna Jan Nylund, Bertil Udd och Lennart Berndtsson som utredningsmän och ingenjör Martin Åberg vid Stockholms Energiverk som projektledare.

I rapporten redovisade data beträffande infångad solenergi har erhållits från Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik, Tekniska Högskolan (KTH), Stockholm.

Datorberäkningar har genomförts med bordskalkylator vid Wahlings Installationsutveckling AB.

SAMMANFATTNING

Utredningsresultatet visar att det är möjligt att installera ca 200 m² solfångare på taket på den aktuella byggnaden. Orienteringen blir sydostlig och solfångarnas lutning mot horisontalplanet föreslås överensstämma med taklutningen som är 45°.

Solenergin föreslås tillföras fjärrvärmeverkets huvudreturledning i kvarterets nordöstra del. Temperaturen i returledningen ligger i intervallet 35-45°C.

Transporten av solenergin föreslås ske medelst ett vattenburet värmesystem med värmeväxlare och pump placerad vid inkopplingspunkten till fjärrvärmenätet.

Den årliga nyttiggjorda energin har beräknats till 400-450 kWh/m² solfångare vilket ger totalt 80.000 - 90.000 kWh/år. Solfångarnas årsmedelverkningsgrad blir ca 40 %.

Investeringskostnaden har uppskattats till ca 500.000 kr. (Prisnivå januari 1979, inkl moms, exkl ränte- och byggherrekostnader). Vid en avskrivningsperiod på 20 år skall dagspriset på energi överstiga ca 0,30 kr/kWh för att internräntefoten skall bli 10 % vid en årlig energikostnadshöjning med 10 %.

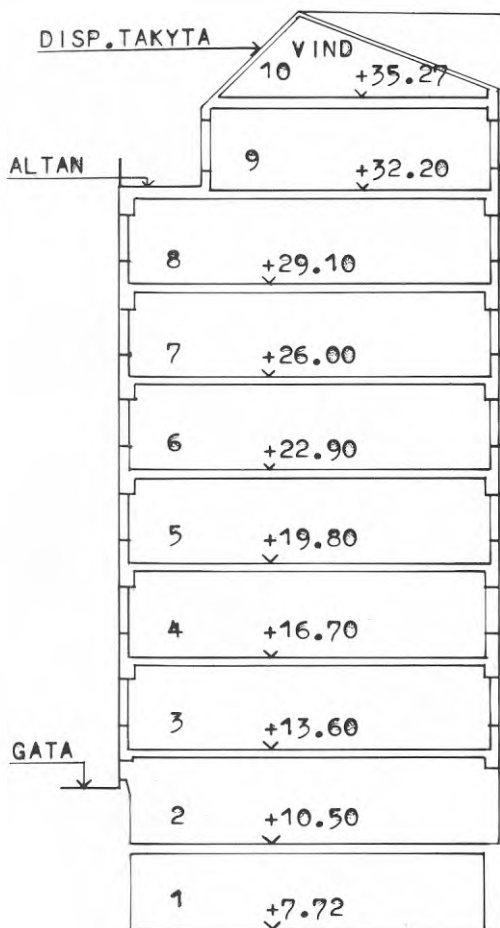
På basis av utredningsresultatet rekommenderar projektgruppen att projektering och upprättande av provningsprogram genomförs i en ny arbetsetapp. Därefter följer solvärmeinstallationen varefter projektet avslutas med ett provnings- och utvärderingsskede.

ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR

Byggnad

Byggnaden utgörs av ett 7-vånings kontorshus. Den för solfångare disponibla takytan är orienterad mot sydost och har lutningen 45° mot horisontalplanet. Takbeklädningen utgörs av kopparplåt. Vinden är oinredd och ej uppvärmd. Se figur 2.

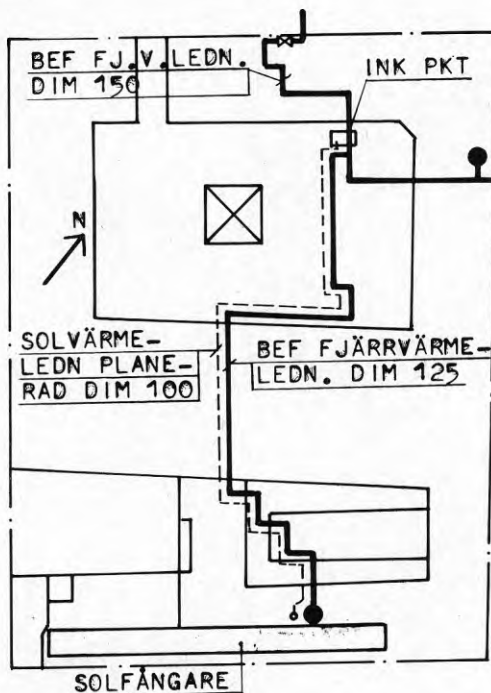
Takytan skuggas ej av omgivande byggnader.



FIGUR 2 SEKTION GENOM BYGGNAD
SKALA 1:200

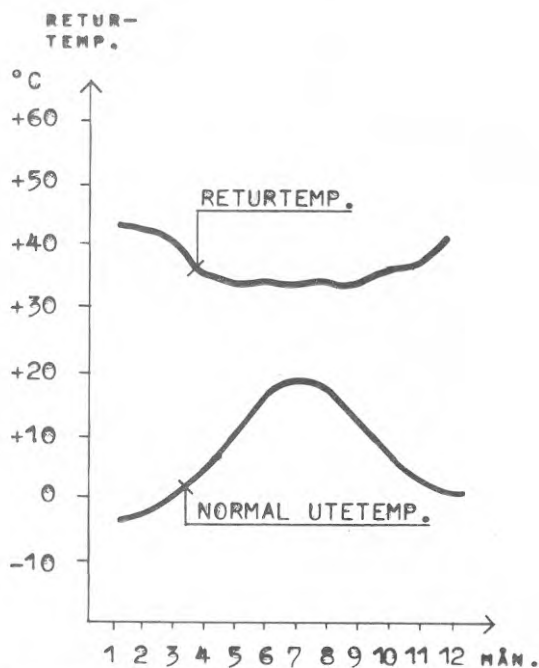
Fjärrvärmeledning

Inkoppling till fjärrvärmenätet kan ske, via värmeväxlare, till en huvudreturledning som är förlagd i kvarterets nordöstra hörn. Se figur 3.



FIGUR 3 FJÄRRVÄRME- OCH SOL-
VÄRMELEDNINGARS PLACERING I
KVARTERET APOTEKAREN.

Returtemperaturen i fjärrvärmereturledningen vid den planerade inkopplingspunkten framgår av figur 4. Denna temperaturkurva ligger lägre än vad som gäller för fjärrvärmenätet i sin helhet, vilket beror på att i huvudsak nya abonnentcentraler med modern automatik är inkopplade. Kurvan kan således anses representativ för framtida fjärrvärmenät. Flödet i ledningen har ett minimum under juni-juli på ca 4 l/s (15 m³/h).



FIGUR 4 RETURTEMPERATUR I FJÄRRVÄRMENÄTET SOM FUNKTION AV NORMAL UTETEMPERATUR I STOCKHOLM.

SYSTEM OCH KOMPONENTVAL

Systemval

Befintliga solvärmeanläggningar i Sverige är i de flesta fall utrustade med plana solfångare anslutna till ett vattenburet värmesystem. Erfarenheter från fokuserande solfångare och system med luft eller hetolja som värme-medium saknas ännu i Sverige. För att kunna jämföra lönsamheten med befintliga anläggningar väljs en konventionell vattenburen solvärmeanläggning med plana solfångare.

Solfångare

Val av solfångarfabrikat genomförs ej i detta skede. Vid beräkningarna nyttjas data för 1-, 2- och 3-glas plana solfångare utan selektiva ytskikt, som framtagits vid Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik vid KTH.

Takytan är ca 250 m² med måtten 4,5 x 55,0 m (B x L). Med hänsyn till rördragningar och erforderliga takstegar är den för solfångare disponibla ytan ca 200 m².

Solfångarna avses monteras över befintlig takyta, förankrade i takreglarna med takgenombrytande bärjärn. Solfångarna bör ha samma lutning som takytan, ca 45°, för att undvika problem genom vindpåkänning och vid snöröjning. Detta montagesätt är även det bästa från estetisk synpunkt och förordas bl a i BFR-rapport R86:1977 "Möjlig användning av solfångare i befintlig stadsbebyggelse - en inventering" /8/.

Om taklutningen skulle medföra betydligt försämrad solenergiinfångning jämfört med optimal lutningsvinkel övervägs att ändra montagesättet.

Värmeväxlare

Fjärrvärmeledningens returvatten cirkuleras genom värmeväxlarens batteridel, där solenergin upptas från det omgivande solvärmevattnet.

Expansionskärl

Expansionskärl av sluten typ installeras vid inkopplingspunkten.

Rörledningar

Rörledningarna från solfångarna till värmeväxlaren förläggs i trapphus samt i kulvertgångar. Rördragningen fram till den planerade inkopplingspunkten framgår schematiskt av figur 3, sid 9. Rörledningarna utförs av svetsade stålrör, dim 100, och isoleras med 50 mm mineralull.

Pumpar

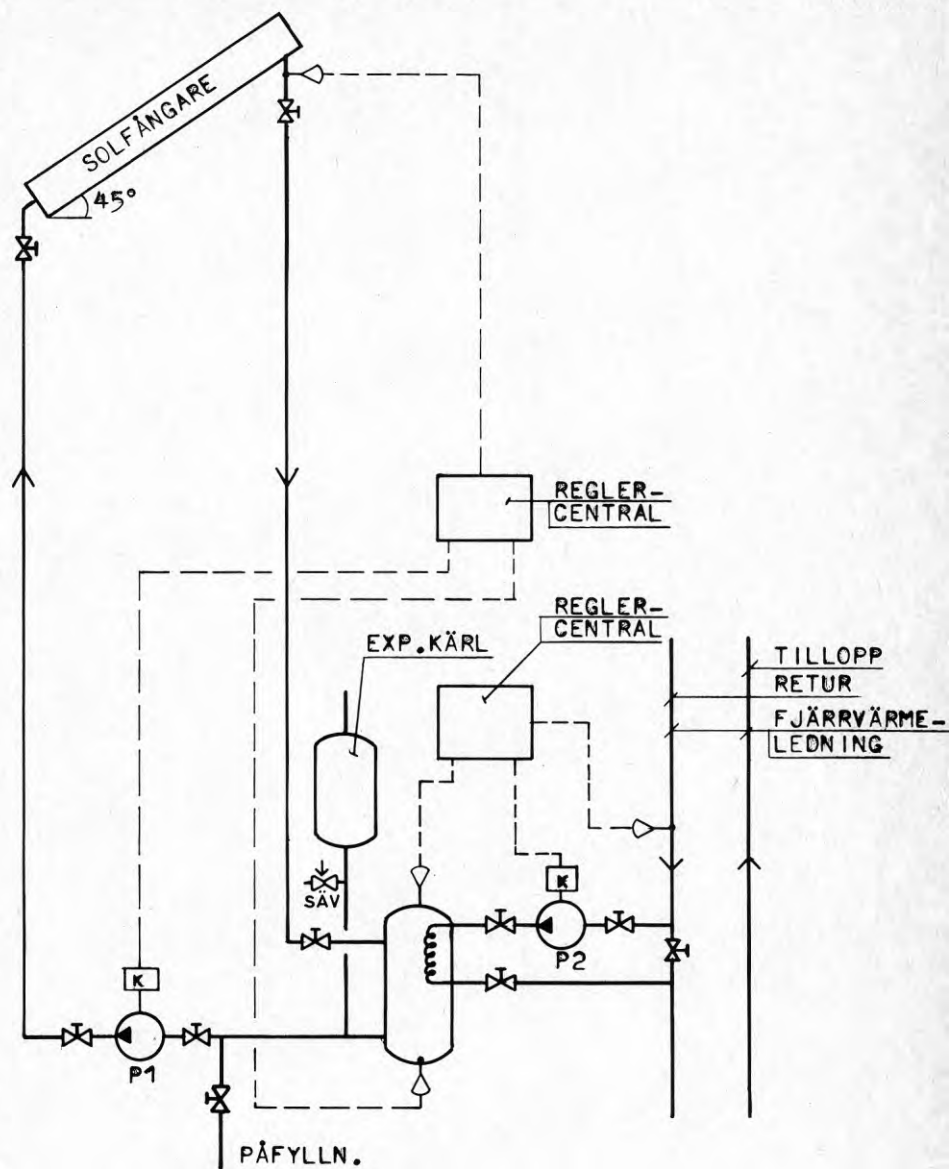
Solfångarkretsens cirkulationspump placeras i anslutning till värmeväxlaren. Pumpkapacitet ca 5,5 l/s (20 m³/h).

För att erhålla konstant vattenflöde på värmeväxlarens fjärrvärmesida samt för att undvika tryckvariationer i nätet installeras en pump i enlighet med figur 5, sid 13.

Frys-skydd

För att undvika sönderfrysning och driftavbrott inblandas 20 % radiatorglykol i solfångarsystemet.

En blandningstank för glykol installeras i anslutning till värmeväxlaren.



FIGUR 5 FLÖDESSCHEMA FÖR SOLVÄRMEANLÄGGNING.

Funktion

Figur 5, sid 13, visar ett flödesschema för anläggningen. Funktionen är följande:

Då temperaturen på solvärmevattnet efter värmeväxlaren understiger temperaturen vid solfångarnas utlopp med 5°C startar cirkulationspumpen P1.

Om vattentemperaturen efter solfångarna sjunker under temperaturen i värmeväxlaren stoppas pumpen. Förloppet styrs av en reglercentral och temperaturgivare.

En annan reglercentral startar och stoppar pumpen P2 om temperaturen i värmeväxlarens överdel överstiger temperaturen i returledningen med 5°C respektive understiger denna.

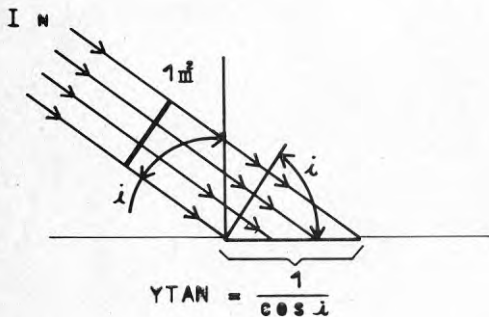
Då P2 är avställd finns ingen cirkulation genom värmeväxlarens fjärrvärmesida.

BERÄKNING AV NYTTIGGJORD SOLENERGI

Beräkningsgång

Solinstrålningens funktion av solfångarens lutningsvinkel undersöks, varvid optimal lutning mot horisontalplanet kan bestämmas. Därefter beräknas produkten av medelvärdena för solfångarens transmissions- och absorptionstal ($\overline{T \cdot a}$) under den tid energiupptagning sker. Solfångarens verkningsgrad bestäms därefter för olika inloppstemperaturer på vattnet. Slutligen beräknas den nyttiggjorda energin vid optimal solfångarlutning och vid samma lutningsvinkel som taket, dvs 45°C .

Undersökning av optimal lutningsvinkel



Strålning mot snedställd yta

Strålning mot lutande yta

$$I_L = I_H \cdot \sin \gamma + I_V \cdot \cos \gamma \dots (1)$$

Strålningen I mot en yta är

$$I = I_N \cdot \cos i$$

Strålningen I_V mot vertikal yta

$$I_V = I_N \cdot \cos h \cdot \cos \beta$$

där β är horisontalvinkeln och h är solhöjden.

Strålningen I_H mot horisontell yta

$$I_H = I_N \cdot \sin h.$$

Strålningen I_L mot en lutande yta

$$I_L = I_H \cdot \sin \gamma + I_V \cdot \cos \gamma$$

där γ = vinkeln mellan ytans normal och horisontalplanet.

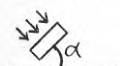
Sambandet (1) ger oss att instrålad energi har ett maximum när derivatan av I_L med avseende på γ är noll dvs

$$\frac{dI_L}{d\gamma} = 0 = \frac{d}{d\gamma} (I_H \cdot \sin \gamma + I_V \cos \gamma) \quad \frac{dI_L}{d\gamma} = 0$$

$$\gamma = \arcsin \sqrt{\frac{\left(\frac{I_H}{I_V}\right)^2}{\left(\frac{I_H}{I_V}\right)^2 + 1}} \quad \dots\dots(2)$$

Vi ser således av (2) att det värde på γ som ger I_L 's maximum beror på strålningen mot horisontell respektive vertikal yta.

TABELL 1



Mån

$$\alpha = 90 - \gamma$$

$$\alpha \cdot$$

Januari	74,2
Februari	64,7
Mars	53,0
April	41,5
Maj	33,0
Juni	28,9
Juli	30,0
Augusti	36,8
September	47,4
Oktober	59,2
November	70,6
December	76,8
Mars-Sept	37,0
April-Aug	33,7
Maj-Juli	30,6

Genom att sätta in värden som gäller för olika månader så erhålls optimala lutningar hos solfångarna med orientering SO, se tabell 1.

Tabellvärden har hämtats från solinstrålningstabeller gällande klara dagar, utgivna av Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik, KTH.

Liknande beräkning med data för medelmolniga dagar ger värden enligt tabell 2, sid 17.

TABELL 2



$$\alpha = 90 - \gamma$$

$$\alpha^\circ$$

Mån

Januari	54,5
Februari	52,5
Mars	44,4
April	38,2
Maj	32,1
Juni	28,5
Juli	29,6
Augusti	35,5
September	42,3
Oktober	51,5
November	54,3
December	54,5
Mars-Sept	34,4
April-Aug	32,3
Maj-Juni	31,1

Genom att väga samman de instrålade energimängderna under de olika månaderna erhålls den optimala lutningen på solkollektorerna till ca 30°C.

$$\overline{T \cdot a} = \frac{T \cdot a \cos i}{\sum \cos i}$$

i = infallsvinkeln

Beräkning av produkten $\overline{T \cdot a}$

Beräkningen utförs timme för timme under en medeldag per månad.

T = medelvärdet av transmissionstalet för solfångarens glasning under tiden τ .

a = medelvärdet av absorptionstalet för absorberytan under tiden τ .

τ = tiden under vilken energiuptagning sker i solfångaren.

Beräkning av infallsvinkeln i , utförs timme för timme parallellt med beräkningen för $\overline{T \cdot a}$.

$$\cos i = \sin h \cdot \sin \gamma + \cos h \cdot \cos \beta \cdot \cos \delta$$

$\cos i = \sin h \cdot \sin \gamma + \cos h \cdot \cos \beta \cdot \cos \delta$
 där i = infallsvinkeln mellan
 strålningsvinkeln och ytnormalen.

$$\beta = a_s - v$$

$$\beta = 360 - (a_s - v) \quad \text{om } (a_s - v) > 180$$

h = solhöjden

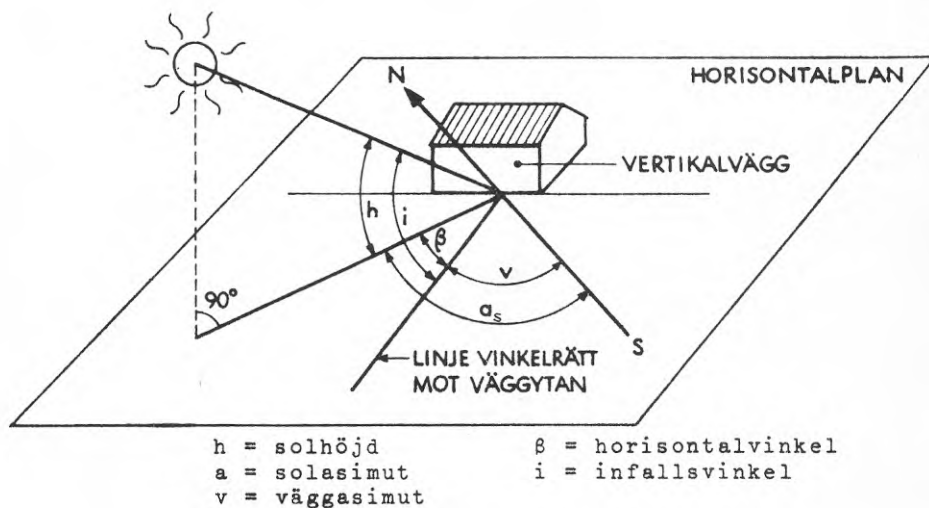
γ = vinkeln mellan ytnormalen
 och horisontalen vid
 lutande yta

β = horisontalvinkeln

a_s = solasimut

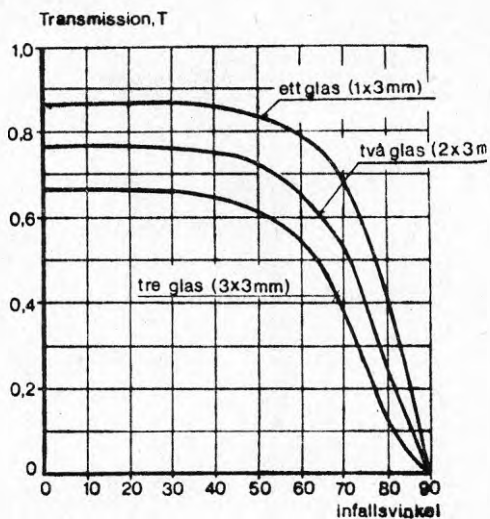
v = väggasimut

Se figur 6.



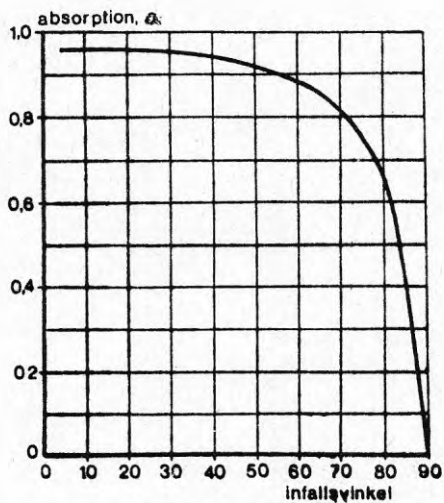
FIGUR 6 DEFINITION AV VINKLAR VID SOLBELYST VÄGG.

Källa: Brown G, Isfält E. Solinstrålning och solavskärmning.
 /3/



FIGUR 7 TRANSMISSIONEN SOM FUNKTION AV INFALLS-
VINKELN

Källa: Peterson F, Ringblom L /6/



FIGUR 8 ABSORPTIONEN HOS SVART FÄRG SOM FUNKTION
AV INFALLSVINKELN

Källa: Peterson F, Ringblom L /6/

Resultatet av beräkningen av infallsvinkeln mot solfångare med lutningen 45° redovisas i tabell 3, sid 21.

$\overline{T \cdot a}$ har beräknats för infallsvinklarna enligt tabell 3 samt med transmissionstal (T) och absorptionstal (a) enligt figur 7 respektive figur 8.

Resultatet av beräkningen av $\overline{T \cdot a}$ för 1-glas-solfångare med svartmålad absorptor och lutningen 45° avseende den 15:e varje månad framgår av tabell 4. Motsvarande värden för 2-glas-solfångare redovisas i tabell 5. I båda fallen var orienteringen SO.

TABELL 4

Månad	1-glas	
	tim	$\overline{T \cdot a}$
Januari	5	0,74
Februari	7	0,76
Mars	8	0,79
April	10	0,77
Maj	10	0,78
Juni	11	0,77
Juli	11	0,77
Augusti	10	0,78
September	9	0,79
Oktober	7	0,78
November	6	0,73
December	4	0,74

TABELL 5

Månad	2-glas	
	tim	$\overline{T \cdot a}$
Januari	5	0,66
Februari	7	0,67
Mars	8	0,70
April	10	0,67
Maj	10	0,69
Juni	11	0,67
Juli	11	0,66
Augusti	10	0,68
September	9	0,69
Oktober	7	0,68
November	6	0,63
December	4	0,64

TABELL 3

Infallsvinklar mot solfångare med lutning 45° mot SO den 15:e varje månad

Månad	Kl 3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1 SO							44.1	42.4	45.6	52.9	62.7	74.2	86.7						
2 SO						43.4	36.1	34.	38.	46.6	57.7	70.1	83.2						
3 SO					47.7	35.7	26.4	23.5	28.9	29.4	51.9	65.3	79.2						
4 SO			70.3	56.4	42.5	28.8	16.6	11.7	20.4	33.2	47.	60.9	74.8	88.7					
5 SO		81.1	67.5	53.8	39.9	26.	12.	3.3	16.6	30.5	44.4	58.3	72.	85.5					
6 SO		79.6	66.5	53.	39.3	25.6	11.8	3.1	16.3	30.	43.8	57.3	70.7	83.9					
7 SO		80.2	66.9	53.3	39.5	25.6	11.7	2.3	16.3	30.2	44.	57.7	71.3	84.5					
8 SO			68.9	55.	41.	27.2	13.9	7.5	18.1	31.7	45.6	59.6	73.4	87.2					
9 SO				58.6	45.2	32.4	21.9	18.4	24.9	36.4	49.5	63.2	77.2						
10 SO						40.3	32.2	29.8	34.3	43.6	55.3	68.1	81.5						
11 SO							41.6	39.8	43.2	50.9	61.2	72.9	85.5						
12 SO								44.6	47.6	54.5	64.1	75.3							

Beräkning av solfångarnas verkningsgrad

Verkningsgraden för en solfångare beräknas enligt ekvation 1.

EKV 1

$$\eta = \overline{T \cdot a} - \frac{k \cdot \tau \left(\frac{\vartheta_{in} + \vartheta_{ut}}{2} - \vartheta_{ute} \right)}{W_{sol}}$$

$\overline{T \cdot a}$ = Se tidigare beräkning

k = värmegenomgångstalet för solfångare

W_{sol} = instrålad energi mot solfångaren under tiden τ

τ = tiden under vilken energiupptagning sker i solfångaren

ϑ_{in} = temperatur på vattnet in i solfångaren

ϑ_{ut} = temperatur på vattnet ut ur solfångaren

ϑ_{ute} = utomhustemperaturen under tiden τ

Någon utförlig beräkning på k-värden har ej gjorts eftersom dessa varierar för olika fabrikat.

Man vet dock att det k-värde som glasningen har är avgörande och därtill kommer k-värde för baksida och vissa kanter.

De riktvärden som här anges är hämtade från solenergiboken (Peterson, Wettermark) /7/ och gäller om isoleringen är 100 mm mineralull för baksida och kanter.

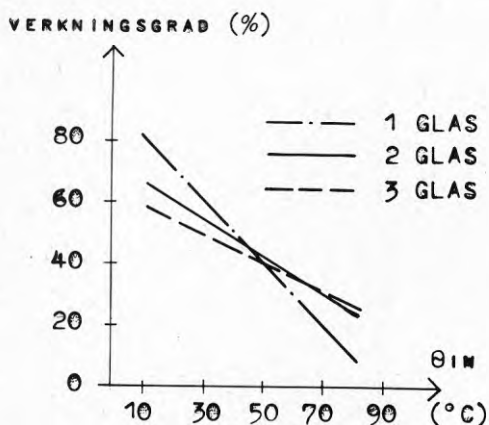
1-glas $k = 5,3 \text{ W/m}^2\text{C}$

2-glas $k = 3,3 \text{ W/m}^2\text{C}$

3-glas $k = 2,3 \text{ W/m}^2\text{C}$

Inloppstemperaturen (θ_{in}) antas vara 5° högre än utloppstemperaturen (θ_{ut}).

Figur 9 visar verkningsgraden för juni månad med värden på $T \cdot a$ och k enligt ovan samt W_{sol} enligt Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik, KTH.



FIGUR 9 VERKNINGSGRADEN SOM FUNKTION AV INLOPPSTEMPERATUREN I SOLFÅNGARE MED TEMPERATURDIFFERENS 5°C ORIENTERAD SO, LÖTNING 45° UNDER MEDELMÖLNIG DAG I JUNI.

Temperaturen på vattnet in i solfångaren, θ_{in} , är vid dimensionerande fall 5°C högre än i fjärrvärmereturledningen efter värmewäxlaren. Av figur 9 framgår att ju lägre temperatur fjärrvärmereturen har, desto större blir verkningsgraden, vilket i sin tur medför större mängd nyttiggjord energi.

Beräkning av nyttiggjord solenergi

Beräkningarna av nyttiggjord energi har gjorts för solfångare, orienterade mot SO, glasade med 2 glas med optimal lutning 30° och lutningen 45° . Solinstrålningsvärden för medelmolniga dagar har nyttjats, vilka är utgivna av Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik, KTH.

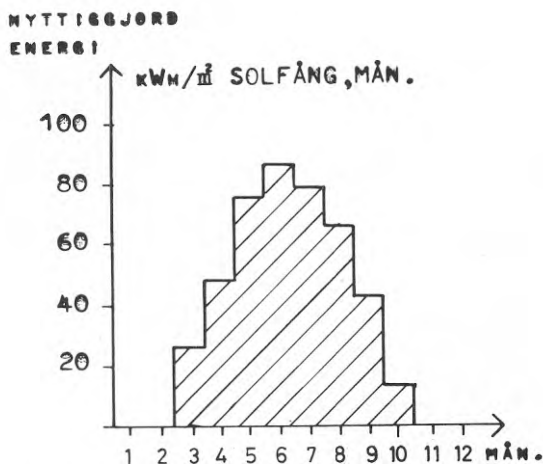
Medelmolnig dag innebär ett vägt värde på antal klara, halvmulna och mulna dagar under den månad som värdet avser.

Resultatet av beräkningarna framgår av figur 10 och 11, som grafiskt visar den nyttiggjorda solenergin vid lutningen 45° respektive 30° .

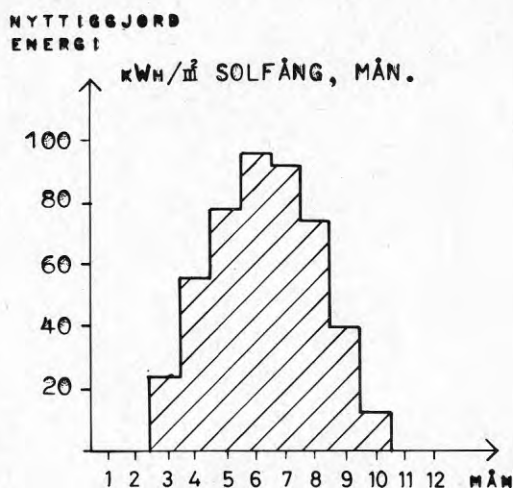
Den nyttiggjorda energin per m^2 solfångare blir 435 kWh vid lutningen 45° och 473 kWh vid lutningen 30° .

Genom att välja lutningen på solfångaren lika med taklutningen dvs 45° minskar således den nyttiggjorda solenergin med ca 8 % jämfört med den optimala lutningen 30° .

P g a att reduktionen av nyttiggjord energi således är ganska ringa väljs den från andra synpunkter lämpligare lutningen 45° .



FIGUR 10 NYTTIGGJORD ENERGI FRÅN SOLFÅNGARE, ORIENTERAD SO, LUTNING 45° .



FIGUR 11 NYTTIGGJORD ENERGI FRÅN SOLFÅNGARE, ORIENTERAD SO, LUTNING 30°.

Som framgår av figur 9, sid 23 ger 3-glas-solfångare sämre verkningsgrad under sommarmånaderna då den övervägande delen av solenergiupplagringen äger rum vid här aktuella temperaturer. Den nyttiggjord solenergin för 1-glas-solfångare har även beräknats. Resultatet blir 415 kWh/m², dvs ca 5 % lägre värde än för 2-glas-solfångare.

Maximalt nyttiggjord energi under en timme en klar dag i juni-juli uppgår till ca 500 W/m². Med temperaturdifferensen 5°C mellan solfångarens inlopp och utlopp blir erforderligt vattenflöde 0,024 l/s, m². Totala flödet med 200 m² solfångare blir således 4,8 l/s (17 m³/h). Detta flöde överensstämmer väl med fjärrvärmeledningens minimiflöde, varför maximala temperaturdifferensen 5°C mellan inlopp och utlopp gäller både på värmväxlarens solvärmesida och fjärrvärmesida.

Resultat

Beräkningarna har visat att det är möjligt att nyttiggöra 400-450 kWh solenergi per m^2 solfångaryta, vid en solfångarlutning som överensstämmer med taklutningen, dvs 45° . Solfångare med ett glas utan selektiv yta ger ca 420 kWh/år medan en liknande solfångare med två glas ger ca 440 kWh/år. Den årligen nyttiggjorda energin med 200 m^2 solfångaryta uppgår till 80.000 - 90.000 kWh.

Årsverkningsgraden för solfångarna blir ca 40 % eftersom totalt mot solfångarytan instrålad energi uppgår till ca 1100 kWh/ m^2 .

Den valda lutningen 45° ger ca 8 % mindre nyttiggjord solenergi per år jämfört med optimal lutning 30° .

LÖNSAMHETSBEDÖMNINGEnergibesparing

Energibesparingen blir enligt ovanstående ca 80.000-90.000 kWh per år.

Investeringskostnad

En kostnadsuppskattning av installationerna har givit följande resultat.

Solfångare	140.000:-
Pumpar, värmeväxlare, expansionskärl	40.000:-
Rörledningar med ventiler	110.000:-
Styrutrustning	10.000:-
Elinstallationer	10.000:-
Mätutrustning	10.000:-
Byggnadsåtgärder	<u>40.000:-</u>
Summa	360.000:-
Moms 11,43 %	<u>40.000:-</u>
Summa	400.000:-
Ändringar och kompletteringar 15 %	<u>60.000:-</u>
Summa	460.000:-
Projektering	<u>40.000:-</u>
Totalt	500.000:-

Kostnaderna avser kostnadsläget januari 1979 och inkluderar ej ränte- och byggherrekostnader.

Lönsamhet

För att få en uppfattning om lönsamheten betraktas följande samband.

$$K = A \cdot I + D - E \cdot W \text{ kr/år}$$

där

I = total investeringskostnad för solvärmesystemet (kr)

A = annuitet. Här väljs A = 12 % vilket ungefär motsvarar 20 års avskrivningstid och 10 % kalkylränta eller 15 år och 8 %

D = ökad årlig drift- och underhållskostnad p g a solvärmesystemet

E = energipris (kr/kWh)

W = årligt solvärmestillskott (kWh)

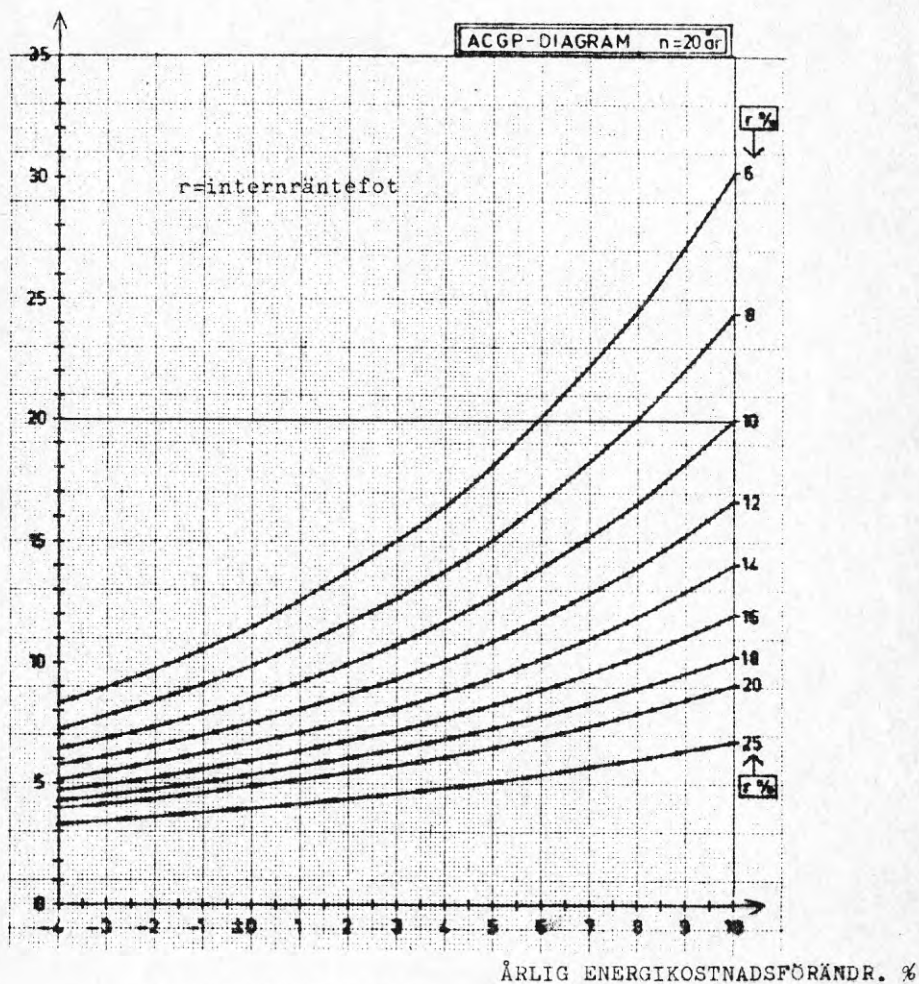
K = merkostnad för solenergi

Ökad driftkostnad till följd av pumpdrift rengöring av solfångare och service antas uppgå till 2.000 kr/år.

Vid energipris överstigande $E = 0,71$ kr/kWh blir K negativt vilket innebär att installationen blir lönsam.

Lönsamheten kan även bedömas med ACGP-metoden (annual changes with geometric progression) /4/. Figur 12 visar ett ACGP-diagram ur vilket framgår att lönsamhet inträffar då det aktuella energipriset är högre än 0,3 kr/kWh om årlig kostnads- och energiprishöjning liksom förväntad internräntefot är 10 %. Avskrivningstiden är 20 år.

INVESTERINGSKOST/BESPARING



Investeringskostnad: 500000 kr

Nettobesparing första året: $500000/20 = 25000$ kr

Energibesparing per år: 80000 - 90000 kWh

Motsvarande energipris: $(25000+2000)/80000 = 0,34$ kr/kWh
 $(25000+2000)/90000 = 0,30$ kr/kWh

(2000 kr utgör ökade underhållskostn.)

FIGUR 12 ACGP-DIAGRAM FÖR LÖNSAMHETSBEDÖMNING

RESULTAT

Utredningen har visat att det är möjligt att placera ca 200 m² solfångare på den aktuella takytan som är orienterad mot sydost. Solfångarna föreslås monteras mot takytan vilket ger lutningen 45° mot horisontalplanet. Minskningen i nyttiggjord solenergi jämfört med att välja en med hänsyn till solinstrålningen optimal lutning, ca 30°, blir ca 8 %. Denna minskning av nyttiggjord solenergi anses vara av mindre betydelse än de nackdelar i form av ökad vindpåkänning och sämre utförande från estetisk synpunkt som ett montage på ställning medför.

Som värmetransporterande medium föreslås vatten med fryspunktnedsättande och korrosionsförhindrande tillsatsmedel.

Ett rörsystem föreslås installeras som förbinder solfångarna med en värmeväxlare som överför värmets till fjärrvärmereturledningen. Den lämpligaste inkopplingspunkten till fjärrvärmenätet med hänsyn till vattenflöde och temperaturer är belägen i kvarterets nordöstra hörn där en huvuddistributionsledning är belägen.

Den årliga nyttiggjorda solenergin är beroende bl a på solfångarkonstruktionen. Solfångare utan selektivt ytskikt med ett eller två glas ger 400 - 450 kWh/m²,år. Med en solfångaryta på 200 m² blir den totalt nyttiggjorda energin 80.000-90.000 kWh. Årsmedelverkningsgraden för solfångare blir ca 40 % eftersom totalt mot solfångaren instrålad solenergi under året är ca 1100 kWh/m² vid 45° lutningsvinkel och orientering mot sydost.

Den föreslagna solvärmeinstallationen ger en uppskattad investeringskostnad på ca 500.000 kr. En lönsamhetsbedömning visar att vid annuiteten 12 % skall det genomsnittliga energipriset överstiga ca 0,70 kr/kWh för att investeringen skall vara lönsam. Om energipriset antas öka med 10% per år under anläggningens 20-åriga avskrivningstid och internräntefoten enligt ACGP-metoden antas vara 10 % skall energins dagspris överstiga ca 0,30 kr/kWh för att investeringen skall ge lönsamhet.

FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Utredningen har visat att nyttjande av solenergi för värmning av fjärrvärmesystemets returvatten är möjligt. Lönsamhetsbedömningen har dessutom visat att en sådan anläggning ger lönsamhet vid för solvärmeprojekt relativt låga energipriser. Detta är en följd av solfångarnas höga årsmedelverkningsgrad som uppgår till ca 40 %, tack vare den goda utnyttjningen av installationen sommartid.

Projektgruppen föreslår därför att projektet fortsätter med projektering och upprättande av provningsprogram, installation av solvärmeanläggningen och därefter avslutas med en provnings- och utvärderingsperiod.

LITTERATUR

1. Berndtsson L, Lindgren S.
Solvärmesystem för tappvarmvatten i flerbostadshus.
Förstudie till experimentbygge.
R7:1979
Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1979
(30 s)
2. Berndtsson L, Lindgren S.
Solvärmesystem för tappvarmvatten.
R75:1977
Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1977
(84 s)
3. Brown G, Isfält E
Solinstrålning och solavskärmning.
R19:1974
Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1974
(458 s)

4. Järnefors U
Lönsamhetskalkyler vid energibesparande åtgärder för befintliga byggnader.
R40:1975
Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1975
(49 s)

5. K-Konsult, Höjer - Ljungqvist Arkitektkontor AB,
AB Stångåstaden.
Experimenthus i Linköping. Systemhandling. Projektbeskrivning. Stockholm 1978
(76 s)

6. Peterson F, Ringblom L
Varmvattenberedning med hjälp av solenergi-förutsättningar och kostnader.
R83:1978
Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1978
(172 s)

7. Peterson F, Wettermark G.
Solenergiboken
Stockholm 1977
(120 s)

8. Widegren K.
Möjlig användning av solfångare i befintlig stadsbebyggelse - en inventering.
R86:1977.
Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1977
(143 s)

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 781254-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Stockholms
Energiverk, Byggnadsbyrån, Stockholm**

R91:1979

ISBN 91—540-3076-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr. 6600991

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 20 kr exkl moms