



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

R48:1978

Polypropylen-solfångare för bassänguppvärmning

**Kort översikt av
dimensioneringsgrunder**

**Leif Ekström
Hans Ottosson**

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R48:1978

POLYPROPYLEN-SOLFÅNGARE FÖR BASSÄNGUPPVÄRMNING

Kort översikt av dimensioneringsgrunder

Leif Ekström
Hans Ottosson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770727-0 från
Statens råd för byggnadsforskning till Ekström & Ottosson
Konsultbyrå, Linköping.

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

Nyckelord:

solvärme
simbassänger
vattenuppvärmning
beräkningar
ekonomi
lönsamhet
plastsolfångare

UDK 620.93:551.5
725.74

R48:1978

ISBN 91-540-2866-3
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1978 854513

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	5
INLEDNING	7
TERMISKA BERÄKNINGAR	9
UPPVÄRMNINGSPERIODEN	10
ANVÄNDNINGSPERIODEN	16
KONSTRUKTIONASPEKTER	22
EXEMPEL PÅ EN ANLÄGGNINGSINSTALLATION	26
PROJEKTERINGSEXEMPEL	28
SAMMANFATTNING	33
REFERENSER	38

FÖRORD

Alltsedan oljekrisen har kostnaderna för uppvärmning av simbas-sänger med konventionella bränslen blivit avskräckande höga, och bränslekostnaderna kommer otvivelaktigt att fortsätta att stiga. Dessvärre blir en ouppvärmd bassäng ofta endast använd under en så kort tidsperiod, att dess potentiella möjligheter går förlorade.

Tillverkare och installatörer av uppvärmningssystem, vilka bygger på konventionell teknik, beräknar vanligtvis anläggningarna för en relativt kort uppvärmningsperiod. Detta är kanske motiverat vid försök att optimera bränsleutbytet, men detta gäller däremot inte för solenergianläggningar, där bränslekostnaderna är noll. För utomhusbassänger är uppvärmningsperiodens längd vanligtvis inte en kritisk storhet. Även om perioden omfattar flera veckor behöver det inte bedömas som orealistiskt. Uppvärmningsperioden kan påbörjas långt innan det blir aktuellt med utomhusbad bl a på grund av den låga omgivningstemperaturen.

Förutsättningarna i denna rapport bygger på att en utomhusbassäng försetts med en solenergianläggning, där solfångarna är tillverkade av polypropylen - ett plastmaterial som visat goda egenskaper vid motsvarande tillämpningar i bl a USA och England. Solfångarna saknar såväl glasning som isolering. Bassängen kan täckas med en lämplig bassängtäckning under uppvärmningsperioden.

I rapporten har det teoretiska underlaget för beräkning av uppvärmnings- och användningsperiodens längd visats generellt. Rapportens sista avsnitt behandlar beräkningarna för ett valt exempel - Slakabadet - en kommunal utomhusbassäng i Linköping.

Linköping 1978-03-20

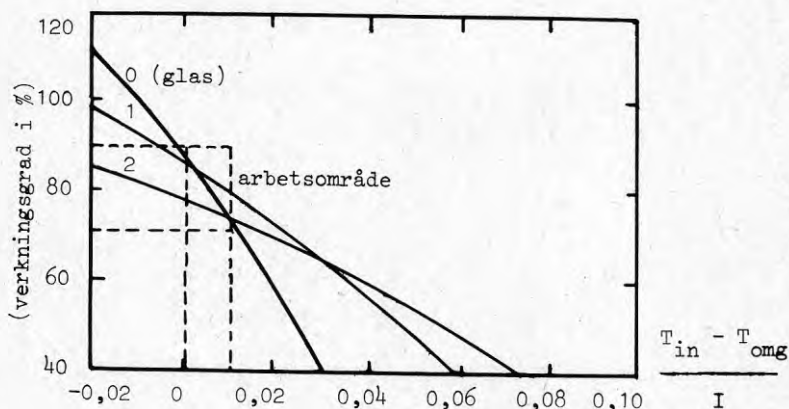
EKSTRÖM & OTTOSSON KONSULTBYRÅ

INLEDNING

Solfångare kan ge avsevärda energibidrag för uppvärmning av såväl inomhus- som utomhusbassänger under stora delar av året. Även för andra tillämpningar där måttliga temperaturökningar erfordras, är solenergi en lönsam teknik, speciellt i de fall energibehovet tidsmässigt sammanfaller med riklig solinstrålning.

En omständighet, som inte alltid beaktas, är att solfångare för lågtemperaturlämpligheter med fördel kan göras enkla till sin konstruktion, utan såväl glasning som isolering. I anläggningar där bassängvattnet kan tillåtas cirkulera genom solfångarna kommer temperaturskillnaden mellan solfångarytan och omgivningen att vara liten. Detta ger i sin tur små värmeförluster till omgivningen, dvs höga verkningsgrader hos solfångarna. I de fall omgivningens temperatur är högre än bassängvattnets, kan t o m verkningsgrader större än 100% erhållas, eftersom den stora solfångarytan då verkar som en mot den omgivande luften värmeväxlande yta. Verkningsgraden har då relaterats till den instrålade effekten från solstrålningen. Detta driftsfall kan t ex uppstå under den första delen av uppvärmningsperioden, då bassängen nyligen fyllts med kallt vatten eller isen tinat upp efter vintern, och då samtidigt relativt höga omgivningstemperaturer kan förekomma.

Schematiska verkningsgradskurvor för en oglasad och oisolerad solfångare jämförd med motsvarande solfångare försedd med enkel respektive dubbelglasning visas i nedanstående figur.



Figuren visar bl a att glasning av solfångarna vid vatten-temperaturer under den omgivande luftens temperatur medför en försämring av solfångarens termiska egenskaper. Om vatten-temperaturen däremot är 10°C eller mer över lufttemperaturen kommer glasningen att medföra en förbättring, men detta är ett sällsynt driftsfall. Vanligtvis ligger temperaturskillnaden mellan vattnet och omgivningsluften mellan $0 - 10^{\circ}\text{C}$. De termiska egenskaperna är då jämförbara för såväl glasade som oglasade solfångare.

Förlusterna från bassängen utgörs huvudsakligen av avdunstning, konvektion och strålning från bassängens yta. En enkel plastpresenning kommer att sörja för att minska dessa förluster, en väl motiverad åtgärd speciellt under uppvärmningsperioden.

Detsamma gäller givetvis även för användningsperioden, men det har bedömts som en så stor hanteringsteknisk olägenhet att använda bassängtäckningen under denna period, att beräkningarna bygger på att täckningen under denna tid inte används.

Avsaknaden av glasning innebär stora fördelar ur säkerhetssynpunkt. Dels undviks risken för vandalisering av anläggningen genom avsiktlig skadegörelse på glasningen, och dels undviks risken för att nedfallande glasskärvor skadar de badgäster som befinner sig i närheten av solfångarna.

I avsnittet TERMISKA BERÄKNINGAR visas en enkel metod för att uppskatta de energiflöden som förekommer i och kring en bassäng kombinerad med solfångare av polypropylen, speciellt utvecklade för denna typ av tillämpning.

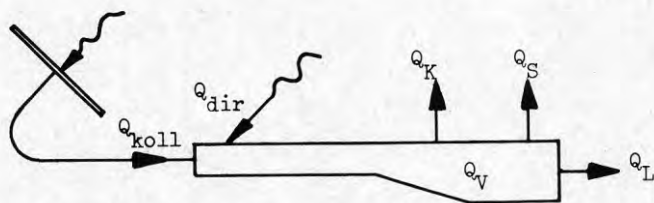
TERMISKA BERÄKNINGAR

Den del av året, under vilken solenergianläggningen skall användas, delas in i två perioder:

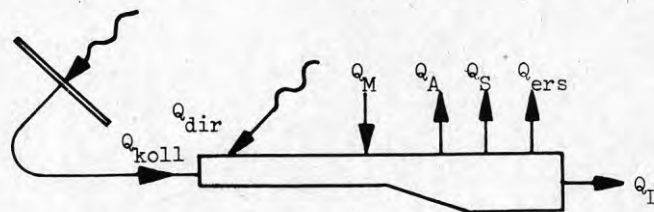
Uppvärmningsperioden, vilken är den tid på våren, då bassängvattnet skall värmas upp till en för bad acceptabel temperatur. Denna period omfattar i första hand månaderna april och maj, men även mars och början av juni kan räknas till uppvärmningsperioden. Under denna tid bör bassängen vara täckt. I beräkningarna har därför förutsatts, att bad inte äger rum.

Användningsperioden är, som benämningen antyder, den tid då bassängen användes för bad. Bassängen förutsättes ej vara täckt under någon del av användningstiden. Visserligen skulle täckningen nattetid minska värmeförlusterna, men på grund av praktiska problem och besvär med nattäckning har beräkningarna förutsatt en under hela perioden öppen bassäng. Denna period inkluderar i bästa fall slutet av maj samt månaderna juni, juli och augusti. Eventuellt kan även delar av september tillhöra användningsperioden.

Vid energibalansberäkningarna på bassängen och dess solenergisystem behandlas de två perioderna var för sig.



Energiflöden under uppvärmningsperioden



Energiflöden under användningsperioden

UPPVÄRMNINGSPERIODEN

Energitillskotten till bassängen kommer från solfångarna samt från solstrålningen på täckningen över bassängen.

Q_{koll}

Energibidraget från solfångarna kan skrivas som:

$$Q_{koll} = \sum_{k=1}^n \eta I A_k \Delta t$$

vilket är en god approximation av

$$Q_{koll} = \int_{t_1}^{t_2} \eta(t) A_k dt$$

η = solfångarens verkningsgrad, vilken varierar med yttre förhållanden och bassängens temperatur

I = solstrålningens irradians (W/m^2)

A_k = solfångarytans area (m^2)

Δt = ett lämpligt tidsintervall, t.ex. 1 h

n = antalet tidsintervall

Solfångarna antages ha lutningsvinkeln 45° samt vara riktade mot söder. Vid beräkningar av η och I tages hänsyn till solhöjden, azimutvinkeln och riktningen på solfångarytans normal samt omgivningens temperatur. Vid beräkning av η tages hänsyn till statistiska värden på klara respektive medelmolniga dagar under de aktuella månaderna.

De så erhållna värdena på Q_{koll} för varje månad divideras med antalet dagar i resp. månad för att erhålla ett medelvärde av per dag levererad energi från solfångarna till bassängen.

För plastsolfångaren kommer dagsmedelvärdena att bli under månaderna:

mars : 3,5 kWh/m² dag
 april : 4,3 kWh/m² dag
 maj : 5.5 kWh/m² dag

$Q_{dir.}$

Energibidraget från solstrålningen direkt på bassängtäckningen
 är beroende på vilken typ av täckning som användes. I detta
 fall skall täckningen i första hand hindra från förluster ge-
 nom avdunstning, konvektion och strålning från bassängen.
 Täckningen måste vara så utformad, att den är lätt hanterbar
 för ut- resp. inrullning vid åtminstone ett tillfälle under
 året. En relativt styv plastpresenning med låg optisk emis-
 sivitet bör vara lämplig. Om täckningens emissivitet antages
 till 0,1, ger den direkta solstrålningen följande energibi-
 drag till bassängen under månaderna:

mars : 0,3 kWh/m² dag
 april : 0,4 kWh/m² dag
 maj : 0,5 kWh/m² dag

Under uppvärmningsperioden åtgår energi till:

uppvärmning av bassängvatten
 konvektionsförluster vid täckningens yttre yta
 strålningsförluster vid täckningens yttre yta
 uppvärmning av täckningen
 ledningsförluster genom marken

Q_V

Uppvärmning av bassängvatten kräver energimängden:

$$Q_V = m_V C_V \Delta T_V$$

m_V = bassängvattnets massa (kg)

C_V = vattnets specifika värmekapacitet (J/kg °C)

ΔT_V = den temperaturstegring man önskar erhålla hos bassäng-
 vattnet (°C)

Om erforderligt ΔT_V är 12°C, är $Q_V = 13,9 \text{ kWh/m}^3$ bassäng-
 vatten.

För att kunna beräkna konvektions- och strålningsförlusterna vid bassängtäckningens yttre yta, måste dess temperatur bestämmas. Detta sker genom en uppskattning av temperaturfallet genom täckningen.

Vattentemperaturen stiger under uppvärmningsperioden. Omgivningstemperaturen varierar mellan dag och natt, vilket även ger ett dygnsmedelvärde, som varierar mellan de olika dygnet.

Om månadsmedelvärdet för ett normalår i Linköping används, kan man uppskatta, att temperaturen på täckningsskiktets yttre yta bör ligga ca 4°C över månadsmedelvärdet.

Konvektionsförlusterna vid täckningens yttre yta kan beräknas ur:

$$Q_K = h A_D (T_T - T_{\text{omg}}) t$$

T_T = täckningens yttemperatur t = tiden

T_{omg} = omgivningens temperatur h = värmeövergångskoefficienten mellan ytan och omgivande luft, vilket bl.a. beror av vindhastigheten vid ytan.

A_D = bassängens area

Nedanstående empiriska formel för beräkning av h har använts:

$$h = 5,7 + 3,8 \text{ vindhastigheten}$$

Med vindhastigheten avses då hastigheten vid ytan, som kan antas vara ca 50 % av den på normal höjd uppmätta vindhastigheten.

Om månadsmedelvärden för Linköping (Malmslätt) användes, fås följande beräknade värden för värmeövergångskoefficienten mellan vattenytans täckmaterial och den omgivande luften:

mars : $h = 13,7 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

april : $h = 13,7 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

maj : $h = 12,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Med de beräknade värdena på värmeövergångskoefficienten vid

täckmaterialets yta kan därefter en uppskattning av konvektionsförlusterna göras ur sambandet

$$\frac{1}{A_b} \frac{dQ_k}{dt}$$

vilket ger för månaderna:

mars : 54,8 W/m²
 april : 54,8 W/m²
 maj : 50,0 W/m²

Q_s Strålningsförlusterna vid täckningens yta kan beräknas ur:

$$Q_s = \epsilon_T \tau (T_T^4 - T_{sky}^4) A_b t$$

ϵ_T = emissiviteten för värmestrålningen hos täckningsytan
 τ = Boltzmanns konstant ($5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$)
 T_{sky} = den för svartkroppsstrålning ekvivalenta himmelstemperaturen. I beräkningarna har använts $T_{sky} = T_{omg} - 6$

På samma sätt som tidigare kan en uppskattning av strålningsförlusterna göras ur sambandet

$$\frac{1}{A_b} \frac{dQ_s}{dt}$$

vilket ger för månaderna:

mars : 7,6 W/m²
 april : 6,8 W/m²
 maj : 6,3 W/m²

Q_T

Energimängden för uppvärmning av täckmaterialet beräknas ur:

$$Q_T = m_T C_T \Delta T_T$$

m_T = täckningens massa (kg)

C_T = täckningens specifika värmekapacitet (J/kg)

ΔT_T = täckmaterialets temperaturhöjning ($^{\circ}\text{C}$)

Med de typer av täckning, som här är aktuella t.ex. plastpressning eller liknande, blir Q_T av storleksordningen 100 kJ per m^2 bassängarea (0,03 kWh/ m^2), vilket är försumbart i jämförelse med övriga energimängder. Denna term får dock ej glömmas om termiskt tyngre material används.

 Q_L

Ledningsförlusterna genom marken, dvs energimängder som transporteras från bassängen ut genom marken, kan skrivas som:

$$Q_L = \lambda_L A_L \frac{dT_L}{dx} t$$

λ_L = markens termiska ledningsförmåga

A_L = bassängens omslutande area mot marken

$\frac{dT_L}{dx}$ = temperaturfallet på sträckan dx vid arean A_L (antages till $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$)

t = tiden

Detta ger för hela perioden mars - maj:

$$\frac{1}{A_L} \frac{dQ_L}{dt} \approx 3 \text{ W}/\text{m}^2$$

----- o -----

Energibalansen för hela uppvärmningsperioden blir således:

$$Q_{\text{koll}} + Q_{\text{dir}} = Q_V + Q_K + Q_S + Q_T + Q_L$$

Om bassängens dimensioner är givna, kan den erforderliga solfångarytan beräknas för önskad uppvärmningstid. Givetvis kan det omvända förhållandet lätt beräknas, dvs uppvärmningstidens längd om solfångarytan är given. Innan dessa beräkningar sker, är det emellertid viktigt att först studera energibalansen och beräkningarna i samband med användningsperioden.

ANVÄNDNINGSPERIODEN

Energitillskottet till bassängen kommer huvudsakligen från solfångarna och från solens strålning direkt på bassängvattnet. En liten del av energitillskottet kommer även från de människor, som badar i bassängen.

För uppvärmningsperioden studerades energimängden till och från bassängen. Detta är inte aktuellt under användningsperioden, då man hellre bör basera beräkningarna på effektbehovet, dvs derivatan av energin med avseende på tiden, eller ännu hellre: energimängden under ett dygn. Tidsperioden ett dygn synes vara en lämplig cykel under användningsperioden, men även andra tidsenheter kan användas.

Bassängtemperaturen antages vara 22°C .

Q_{koll}

Energibidraget från solfångarna kan beräknas på samma sätt som tidigare. Vid tillfällena då irradiansen är låg, men då omgivningstemperaturen är högre än bassängvattnet, fungerar kollektorerna som värmeväxlare mot den omgivande luften. I beräkningarna har emellertid detta försumrats, eftersom detta förhållande kanske inte inträffar så ofta och då dessutom den drivande temperaturskillnaden ej är så stor, att nämnvärda bidrag skall erhållas genom denna effekt.

Solfångarnas beräknade energibidrag framgår av nedanstående tabell, som upptar dygnsvärden per m^2 solfångaryta:

maj	: 5,5	kWh/m^2	dygn
juni	: 5,6	kWh/m^2	dygn
juli	: 5,1	kWh/m^2	dygn
augusti:	4,0	kWh/m^2	dygn
september:	3,1	kWh/m^2	dygn

Q_{dir}

Energibidraget från solstrålning direkt på vattenytan beräknas med användning av statistiska värden på instrålning mot en horisontell yta. Vid vattenytan är reflektansen ca 0,03 och den inre absorptionen för vatten god, varför det direkta bidraget blir stort. Om absorptionskoefficienten sätts till 0,9, vil-

ket inte är alltför optimistiskt värde, kommer den direkta solinstrålningen att ge:

maj : 4,5 kWh/m² dygn
 juni : 5,9 kWh/m² dygn
 juli : 5,2 kWh/m² dygn
 augusti : 3,9 kWh/m² dygn
 september: 2,6 kWh/m² dygn

Q_M

Energibidraget från badande människor kan uppskattas till 100 W per person motsvarande 40 W/m². Antages medelbaddtiden till 2,5 h/dygn, ger detta ett uppskattat tillskott på 0,1 kWh/m² dygn.

Energiförlusterna under användningsperioden är:

avdunstning från bassängytan
 konvektionsförluster vid bassängytan
 strålningsförluster från bassängytan
 ledningsförluster genom marken
 uppvärmning av ersättningsvatten för att täcka avdunstningen
 uppvärmning av ev. regnvatten som faller i bassängen
 uppvärmning av stänkvattenförluster

Q_A

Avdunstning från bassängytan och konvektionsförluster vid ytan äger rum i jämvikt med värmeövergången mellan vattenytan och den omgivande luften. Storleken beror därför på flera faktorer. Ett empiriskt uttryck enl. nedan kan användas för beräkningarna:

$$\frac{1}{A_b} \frac{dQ_A}{dt} = |1,47(P_b - P_{omg}) + (T_b - T_{omg})| 12,1 v^{0,8}$$

(W/m²)

P_b = vattenångans partialtryck i luften, i kontakt eller omedelbar närhet av bassängytan (mb)

P_{omg} = vattenångans partialtryck i luften, som rör sig över bassängytan (mb)

T_b = bassängvattnets temperatur

v = vindhastigheten

Antages $P_b = 24$ och $P_{omg} = 13$ samt om man i beräkningarna liksom tidigare använder 50 % av den normalt uppmätta vindhastigheten som ett mått på hastigheten hos luften ovanför bassängytan, kan en uppskattning av förlusterna göras. T_b har antagits till 22°C , och som vindhastighet har månadsmedelvärdena för Malmslätt använts.

maj : 8,2 kWh/m² dygn
 juni : 5,9 kWh/m² dygn
 juli : 4,7 kWh/m² dygn
 augusti : 5,2 kWh/m² dygn
 september: 7,5 kWh/m² dygn

 Q_S

Strålningsförlusterna från bassängytan beror av temperaturerna på nedanstående sätt:

$$\frac{1}{A_b} \frac{dQ_S}{dt} = \epsilon_v \tau (T_b^4 - T_{sky}^4)$$

ϵ_v = emissionskoefficienten för vatten, vilken satts lika med 0,95

Användes månadsmedelvärden för Linköping på utetemperaturer för beräkningarna på T_{sky} , kan strålningsförlusterna uppskattas för de olika månaderna:

maj : 1,6 kWh/m² dygn
 juni : 1,3 kWh/m² dygn
 juli : 1,0 kWh/m² dygn
 augusti : 1,2 kWh/m² dygn
 september: 1,7 kWh/m² dygn

 Q_L

Ledningsförlusterna genom marken beräknas på samma sätt som för uppvärmningsperioden. Under användningsperioden sättes däremot $\frac{dT_L}{dx} = 2$ grad/m, vilket ger $\frac{Q_L}{A_L}$ för ett sommarygn lika med 0,14 kWh/m² och dygn.

 Q_{ers}

Uppvärmning av ersättningsvattnet kräver en energimängd som beräknas när man känner avdunstningshastigheten från bas-

sängytan och temperaturen på det vatten, som skall ersätta vattenförlusten.

$$\frac{dQ_{\text{ers}}}{dt} = \dot{m}_A C_v \Delta T_v$$

\dot{m}_A = avdunstningshastigheten i kg vatten per s och m^2 . I beräkningarna har detta värde satts lika med $1,36 \cdot 10^{-3}$ och ΔT_v antages vara 8°C . Dessutom har antagits, att avdunstningen huvudsakligen äger rum dagtid. Energiåtgång för uppvärmning av ersättningsvatten, som stänks bort av badande, antages försumbar.

Med dessa värden insatta fås den erforderliga energimängden för uppvärmning av ersättningsvatten till $0,5 \text{ kWh/m}^2$ dygn.

Uppvärmning av regnvatten, som faller inom bassängytan, utgör en så liten del av de totala energimängderna, att denna term kan försummas.

Energibalansen för ett sommarygn kan således skrivas som:

$$Q_{\text{koll}} + Q_{\text{dir}} + Q_M = Q_A + Q_S + Q_L + Q_{\text{ers}}$$

De båda tabellerna nedan visar en sammanställning över energimängderna under uppvärmnings- respektive användningsperioderna.

UPPVÄRMNINGSPERIODEN

storhet	mars	april	maj
Q_{koll}	$3,5A_k n$	$4,3A_k n$	$5,5A_k n$
Q_{dir}	$0,3A_b n$	$0,4A_b n$	$0,5A_b n$
Q_v	13,9 bassängvattnets volym		
Q_K	$1,32A_b n$	$1,32A_b n$	$1,20A_b n$
Q_S	$0,18A_b n$	$0,16A_b n$	$0,15A_b n$
Q_L	$0,07A_L n$	$0,07A_L n$	$0,07A_L n$

ANVÄNDNINGSPERIODEN

storhet	maj	juni	juli	augusti	september
Q_{koll}	$5,5A_k$	$5,6A_k$	$5,1A_k$	$4,0A_k$	$3,1A_k$
Q_{dir}	$4,5A_b$	$5,9A_b$	$5,2A_b$	$3,9A_b$	$2,6A_b$
Q_M	$0,1A_b$	$0,1A_b$	$0,1A_b$	$0,1A_b$	$0,1A_b$
Q_A	$8,2A_b$	$5,9A_b$	$4,7A_b$	$5,2A_b$	$7,6A_b$
Q_S	$1,6A_b$	$1,3A_b$	$1,0A_b$	$1,2A_b$	$1,7A_b$
Q_L	$0,14A_L$	$0,14A_L$	$0,14A_L$	$0,14A_L$	$0,14A_L$
Q_{ers}	$0,5A_b$	$0,5A_b$	$0,5A_b$	$0,5A_b$	$0,5A_b$

Dimensionen på A är i m^2 och på n i dagar. Energimängderna under uppvärmningsperioden är i kWh, medan de för användningsperioden anges i kWh per dygn.

Från de båda tabellerna kan några intressanta slutsatser dragas om vilka faktorer som kommer att vara betydelsefulla under de olika perioderna.

Under uppvärmningsperioden är energibidraget från solfångarna dominerande. Energiupptagningen från solfångarna förstärks genom den direkta solstrålningen på täckningens yta. Med de antaganden som gjorts beträffande täckmaterialets optiska egenskaper, kommer detta bidrag dock endast att uppgå till ca 10% av energimängden från solfångarna om $A_k/A_b = 1$. Om däremot $A_k/A_b < 1$, och framför allt om täckmaterialet har bra absorptionsegenskaper, blir det direkta bidraget av större betydelse. Konvektionsförlusterna är genom den stora ytan betydande, och utgör tillsammans med bassängvattenuppvärmningen de båda huvudsakliga energiförbrukningsställena. En isolerande täckning kunde givetvis minska konvektionsförlusterna, men reducerar då även det direkta energibidraget från solstrålningen på täckningen.

Under användningsperioden är bassängen enligt de antagna förutsättningarna helt öppen. Direktstrålningen mot bassängvattnet ger stora energitillskott och motsvarar vid $A_k/A_b = 1$ de energimängder, som fås från solfångarna. Genom att

täckningen är borta, ökar även förlusterna avsevärt, och termen Q_A , vilken innehåller såväl avdunstnings- som konvektionsförlusterna, antyder att ca 50 % eller mer av de upptagna energimängderna förbrukas på denna post. En täckning av bassängen vid tillfällen när den inte är i bruk vore därför en energiteknisk ekonomisk åtgärd, speciellt i början resp. slutet av badsäsongen.

Bassängtäckningen medför ett problem av energiteknisk karaktär, som ännu inte har berörts. Det vatten, som samlas ovanpå täckningen, förbrukar vid avdunstning energi från bassängvattnet genom direkt värmeledning i täckmaterialet. Av detta skäl bör täckningen perforeras så att en minsta möjlig mängd vatten tillåts stanna kvar ovanpå täckningen efter ett regnväder.

KONSTRUKTIONASPEKTER

Den praktiska tillämpningen av solenergianläggningar i drift ger värdefulla kunskaper om bl a materialtekniska problem och konstruktionsfrågor, specifika för det klimat, som råder i vårt land. Erfarenheter från anläggningar i andra länder kan vanligtvis inte helt överföras. Ett exempel på problemställning är den besvärliga vinterperioden, som ger extra påkänningar på såväl solfångarens absorbatoryta som konstruktionen i övrigt.

I detta avsnitt har några av de, enligt vår bedömning, viktigare frågorna tagits upp, när det gäller materialval och konstruktionslösningar i samband med solenergianläggningar för simbasänguppvärmning. Avsnittet gör emellertid inte anspråk på att vara uttömmande, och de praktiska försök med olika anläggningar som kommer att utföras, medför att ett bättre bedömningsunderlag blir tillgängligt.

Materialvalet till solfångarens absorbatorelement styrs av två viktiga storheter:

- värmeledningsförmågan
- korrosionsbeständigheten

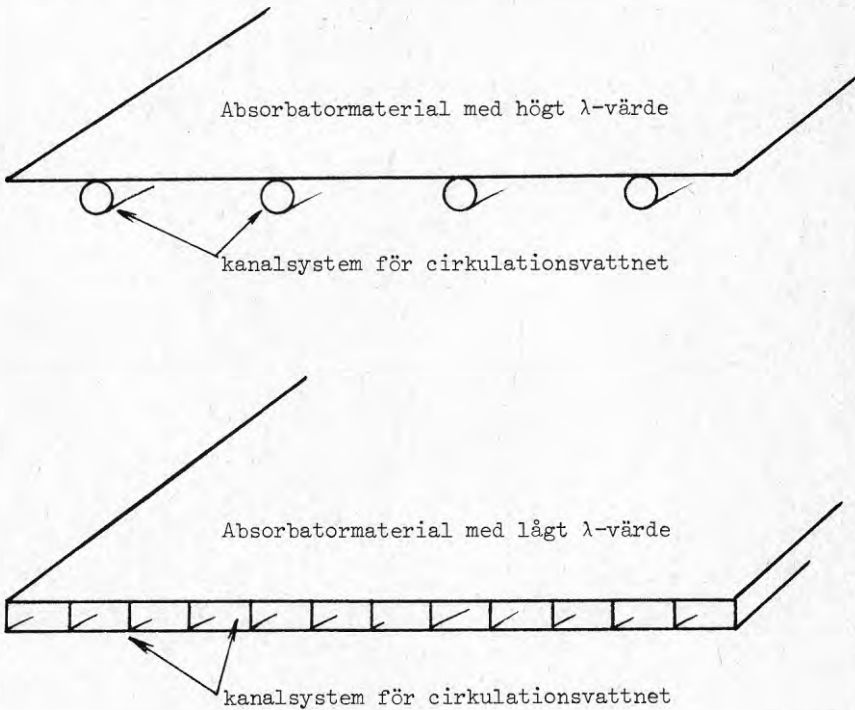
Värmeledningsförmågan hos materialet i solfångarens absorbatorelement skall vara så god som möjligt. De flesta metaller har bra egenskaper i detta avseende, medan plaster är dåliga värmeledare. För att förbättra plasternas värmeledningsförmåga blandas ibland metallpulver i plasten. Värmeledningsförmågan kvantifieras bäst med värmeledningstalet, vilket anger den värmemängd som, vid en bestämd temperatueskillnad och tid, transporteras genom en kropp med specificerad area och tjocklek.

$$Q = k \frac{\lambda}{d} A (T_1 - T_2) t \quad (\text{kWh})$$

λ = värmeledningstalet

d = materialtjockleken

Material med god värmeledningsförmåga har höga värden på värmeledningstalet, medan värmeisolerande material har låga. Ett lågt värmeledningstal kan delvis kompenseras om materialtjockleken kan göras liten, så att värmetransportvägen blir kort. Detta återspeglas i absorbatorelementets uppbyggnad. Två konstruktionsexempel visas nedan:



Korrosionsbeständigheten hos absorbatormaterialet måste vara hög. För simbassängtillämpningen är detta speciellt viktigt, om bassängvattnet skall cirkuleras direkt genom solfångarna utan att använda mellanliggande värmeväxlare. Vattnet är starkt korrosivt på grund av den ständiga syresättningen och av de kemikalier, som tillsätts vid vattenreningen. Materialet måste även vara väderbeständigt, och inte korrodera i fuktig miljö under inverkan av förhöjd temperatur.

Plaster har vanligtvis god resistens mot kemikalier, medan väderbeständigheten är ett osäkert område. Många material blir med tiden missfärgade och spröda samt förlorar sin mekaniska styrka. Man kan emellertid med relativt enkla medel väsentligt förbättra väderbeständigheten för en plast, genom att tillätta stabilisatorer, av vilka de vanligaste är:

- antioxidanter, som förbättrar polymerens resistens mot nedbrytning i luftatmosfär
- värmestabilisatorer, vilka medför att plastens temperaturavvändningsområde vidgas
- UV-stabilisatorer, som motverkar nedbrytning av polymeren i solljus.

Effekten av en UV-stabilisator belyses bäst genom följande exempel: En folie av etenplast börjar vittra sönder och blir spröd inom ett år om den används utomhus. Med 2% tillsats av kimrök uppvisar folien fullgoda egenskaper ännu efter 27 års utomhusanvändning.

Vid metalliska absorbatorelement måste förutom väderbeständigheten även hänsyn tagas till t ex galvanisk korrosion i samband med materialvalet för solfångarens absorbatör/rörkanalsystem.

Värmeförlusterna från en solfångare är en funktion av temperaturdifferensen mellan absorbatorytan och omgivningstemperaturen. En solfångares täckglas och isolering är främst avsedda att förbättra verkningsgraden genom att reducera värmeförlusterna. Är emellertid temperaturdifferensen liten, kommer effekten av glasningen och isoleringen att vara relativt obetydlig. Ett riktvärde anger att vid temperaturdifferenser under 6°C, solfångarna lämpligen kan konstrueras utan utan såväl glas som isolering, vilket är det vanligaste driftsfallet i simbassängstillämpningen när bassängvattnet cirkuleras direkt genom solfångarna.

Verkningsgraden för en solfångare kan skrivas som

$$\eta = F_R \left| (\alpha\tau)_{\text{eff}} - U_L \frac{T_{\text{in}} - T_{\text{omg}}}{I} \right|$$

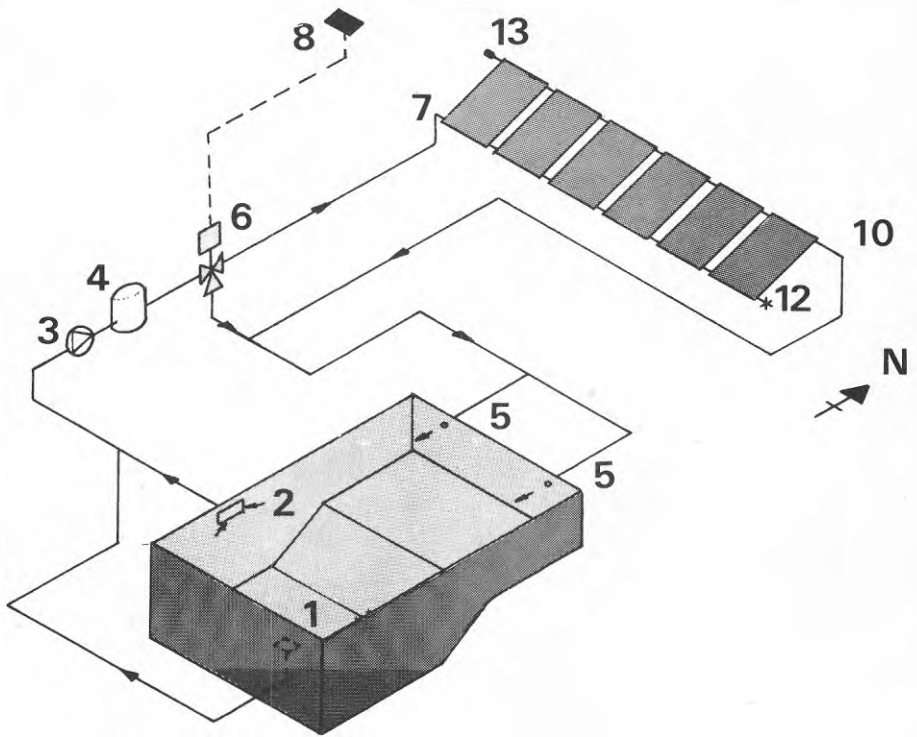
I uttrycket är U_L en förlustkoefficient som bl a beror av antalet täckglas, absorbdatorytans egenskaper, solfångarens isolering, avståndet mellan absorbdatorytan och glaset samt vindhastigheten. U_L är av storleksordningen 4 - 12 W/°C för glasade och isolerade solfångare, medan värdet ökar till 30 - 40 W/°C om glasningen och isoleringen utelämnas. För de små temperaturdifferenser, som råder vid simbassängtillämpningen, kommer storleken på U_L att inverka i liten omfattning.

Vintermånaderna medför att snölasterna kan bli betydande, och i detta avseende är en solfångare med glasning och omslutande lådkonstruktion robustare än t ex en plastsolfångare. Användes den senare typen bör solfångarställningen vara så konstruerad, att den kan taga upp den mekaniska påkänningen, såvida inte solfångarna förvaras inomhus i t ex omklädningsbyggnaden under den period bassängen är oanvänd.

Det är likaledes viktigt att solfångarstativet konstrueras så att vindtrycket, som kan vara betydande genom de stora ytorna, kompenseras genom lämpliga fästanordningar.

För beräkningsmodeller och bestämmelser hänvisas till Svensk Byggnorm.

EXEMPEL PÅ EN ANLÄGGNINGSINSTALLATION



Ett exempel på en anläggnings rörledningstekniska principschema visas i ovanstående figur. I förutsättningarna ingår att bassängvattnet tillåts direktcirkulera genom solfångarsystemet. Bassängvatten från utloppsuttagen (1 och 2) pumpas med cirkulationspumpen (3) genom filtret (4) till en motoriserad trevägsventil (6). Ventilen styr antingen vattnet upp till solfångarnas anslutning (7) eller tillbaka till bassängens tillloppsportar (5). Efter genomströmning i solfångarna ledes det uppvärmda vattnet från solfångarnas utloppsfläns (10) tillbaka till bassängen. Solfångarsystemet har försetts med en luftningsventil (13), som automatiskt släpper in luft i solfångarna när dessa är ur drift. Anslutningsflänsen (12) har utrustats med en magnetventil för automatisk dränering av solfångarna när cirkulationspumpen stoppas.

Användes solfångare, där det av korrosionsskäl inte kan till-

låtats att bassängvattnet direktcirkuleras, ersätts trevägsventilen med en värmeväxlare och installationen förses med ytterligare en pump för solfångarkretsen.

Trevägsventilen styrs av reglerutrustningen (8), som påverkas av temperatur- eller solstrålningsregistrerande givarna.

Reglerutrustningen, för att styra cirkulationspumpens till- respektive frånslag, förtjänar extra omtanke vid simbassängstillsämpningen. Dels är temperaturskillnaden mellan det in- och utgående solfångarvattnet liten ($0 - 3^{\circ}\text{C}$) och dels är solfångarna vanligtvis dränerade när de är ur drift vid direktcirkulationsfallet.

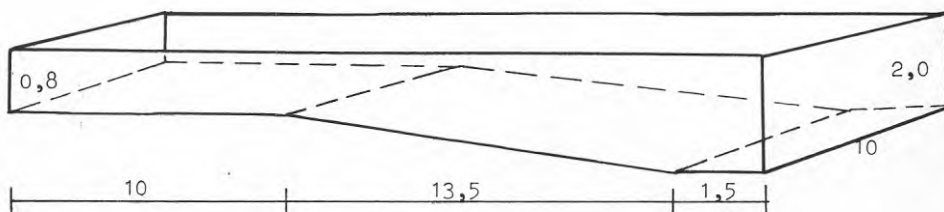
Den kanske vanligaste typen av reglerutrustning består av två temperaturgivare kopplade till en komparator på sådant sätt, att cirkulationspumpen startar när temperaturskillnaden mellan de båda givarna överstiger ett förinställt värde.

Andra metoder än de, som baseras på två temperaturjämförande givare, har föreslagits. Bl a pågår försök med att utnyttja IR-detektorer som styrorgan.

PROJEKTERINGSEXEMPEL

Den för projektering aktuella utomhusbassängen är belägen några kilometer utanför Linköping, i samhället Slaka. Badet besöks varje år av ca 30.000 badgäster. Under juni månad arrangeras en simskola för ca 150 barn/dag. Av bl a denna anledning har önskemål framställts om att någon form av uppvärmningsanordning installeras, för att höja vattentemperaturen i tid för simskolans start.

Badanläggningen består av en omklädningsbyggnad med maskinrum, huvudbassäng 10 X 25 m samt en barnbassäng. Huvudbassängen har följande måttuppgifter:



Bassängyta	: 250 m ²	(A _b)
Bassängvolym	: 300 m ³	(V)
Yta mot mark	: 340 m ²	(A _L)

Av ritningsbilagan framgår anläggningens planlösning.

Beskrivning av föreslagen lösning.

De första frågorna, som ställs inför en projektering, är:

- hur stor total solfångaryta erfordras
- när kan badsäsongen påbörjas
- med hur lång tid förlängs badsäsongen

På dessa frågor finns inget entydigt svar. Svaret beror på ett

flertal olika faktorer, vilka dessutom påverkar varandra inbördes. Vid beräkningarna måste man hålla i minnet, att de tidigare visade tabellvärdena bygger på statistiska medelvärden. Avvikelserna för ett speciellt år kan vara betydande. I avsnittet "Termiska beräkningar" har aktuella värden för Östergötland och Linköping använts. Genom att utnyttja beräkningsmodellen kan man emellertid trots begränsningarna få en uppfattning om vilka vinster som uppnås med en solenergianläggning.

Den för Slakabadet projekterade anläggningen består av två rader solfångare placerade på omklädningsbyggnadens tak, som förlängts över en lägre byggnadsdel. På detta sätt kan totalt ca 100 m^2 solfångararea utnyttjas, vilket bedömts som den undre dimensioneringsgränsen. De valda solfångarna är tillverkade av polypropylen, ett plastmaterial som visat sig vara väl lämpat för denna typ av tillämpning. Den materialtekniska garantin omfattar två år, men praktiska försök i bl a USA visar att en 10-årsperiod kan förväntas.

Genom att solfångarna tillverkas i ett korrosionsfritt plastmaterial, kan bassängvattnet tillåtas cirkulera direkt genom solfångarsystemet utan mellanliggande värmexädlare. Den kretstekniska lösningen ansluter sig i alla väsentliga avseenden till det i föregående figur visade principalschemat.

Bassängen täcks med en plastfolie under uppvärmningsperioden. Det kan även vara aktuellt att täcka bassängen under den senare delen av användningsperioden, om badsäsongen önskas förlängd. Solfångarsystemets montering på omklädningsbyggnaden visas i ritningsbilagorna.

Om samma antaganden som gjorts tidigare gäller, dvs att den erforderliga temperaturökningen på bassängvattnet är 12°C (från 10°C till 22°C) och att vattnet skall ha nått 22°C innan badanläggningen kan öppnas fås för Slakabadet följande tabellvärden. Påpekas bör att den för solfångarytan dimensionerande perioden är användningsperioden, varför erforderliga energimängder först beräknas för denna period.

Användningsperioden:

storhet	maj	juni	juli	augusti	september
Q_{koll}	$5,5A_k$	$5,6A_k$	$5,1A_k$	$4,0A_k$	$3,1A_k$
Q_{dir}	1125	1475	1300	975	650
Q_M	25	25	25	25	25
Q_A	2050	1475	1175	1300	1900
Q_S	400	325	250	300	425
Q_L	48	48	48	48	48
Q_{ers}	125	125	125	125	125

A_k	268	84	54	193	588 (m ²)

Ur tabellen framgår de solfångarytor, som är aktuella för att energibalans skall råda inom respektive månad. Solfångarytorna beräknas ur sambandet:

$$Q_{koll} + Q_{dir} + Q_M = Q_A + Q_S + Q_L + Q_{ers}$$

Av tabellen framgår att badsäsongen bör kunna omfatta månaderna juni, juli och delar av augusti med en solfångaryta motsvarande 100 m². Med bassängtäckning under den senare delen av augusti kommer även denna månad att vara möjlig för bad.

Eftersom de byggnadstekniska förutsättningarna tillåter en solfångaryta omfattande 100 m², kan även erforderlig uppvärmningsperiod beräknas. Antalet uppvärmningsdagar beräknas ur sambandet:

$$Q_{koll} + Q_{dir} = Q_V + Q_K + Q_S + Q_T + Q_L$$

Termen Q_T har i beräkningsexemplet försumrats.

Uppvärmningsperioden

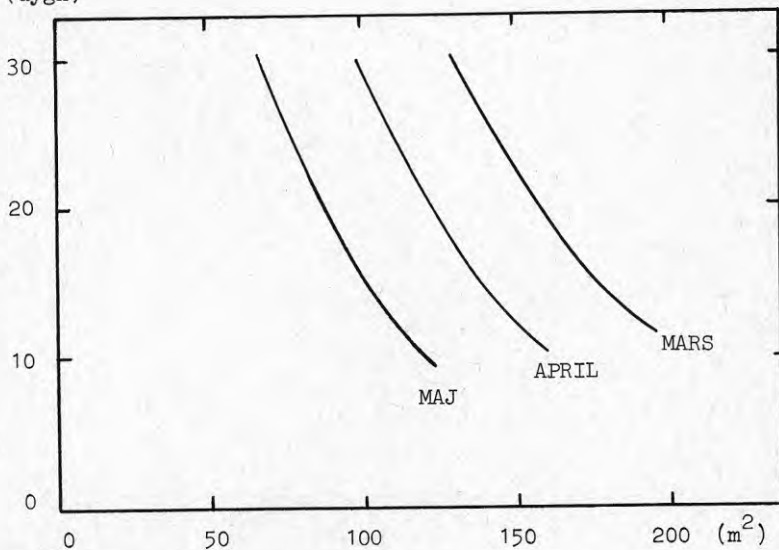
storhet	mars	april	maj
Q_{koll}	350n	430n	550n
Q_{dir}	75n	100n	125n
Q_V	4170	4170	4170
Q_K	330n	330n	330n
Q_S	45n	40n	38n
Q_L	24n	24n	24n

n	160	31	13	(dagar)
---	-----	----	----	---------

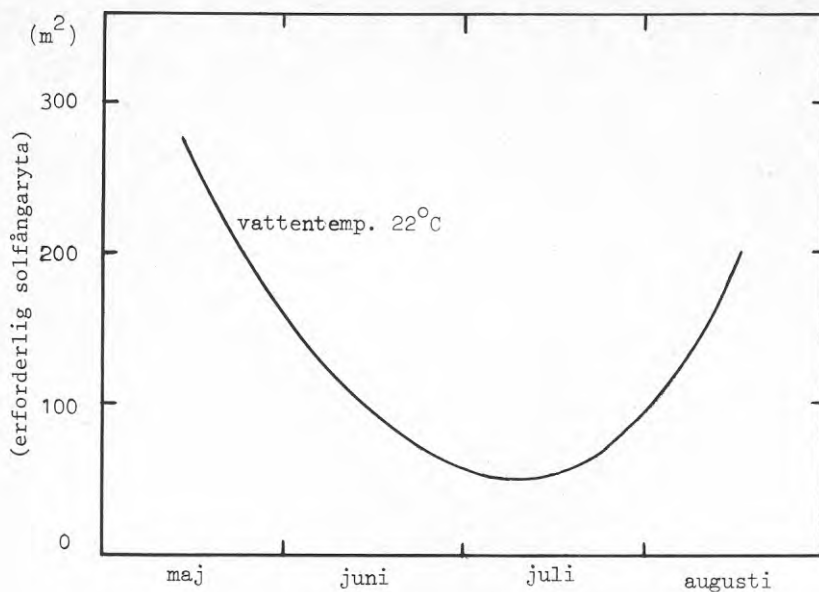
Av tabellen framgår att uppvärmningsperioden bör igångsättas i mitten av maj för att bassängvattnet skall hålla temperaturen 22°C vid månadsskiftet maj/juni.

De framräknade värdena kan även presenteras i diagramform.

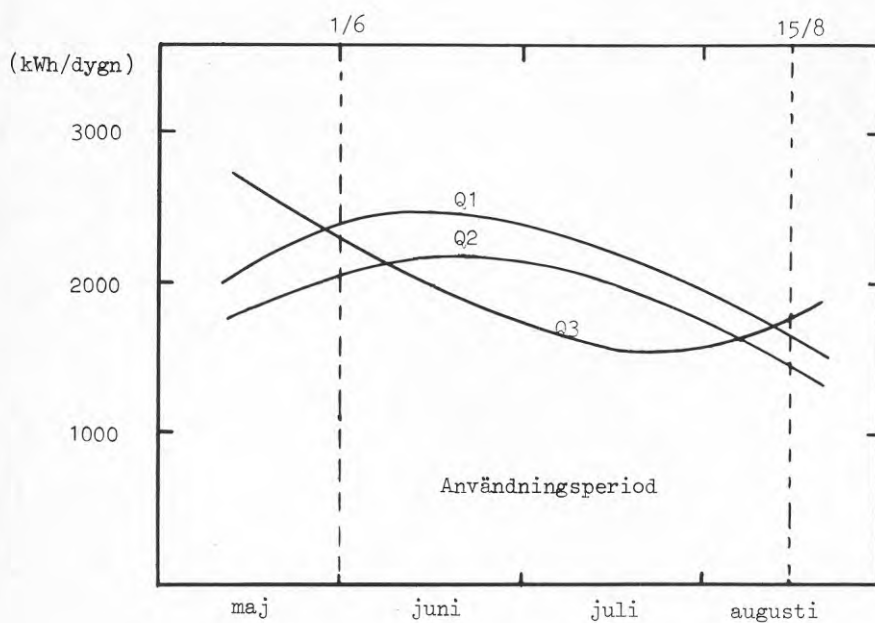
(dygn)



Erforderlig solfångaryta för olika uppvärmningstider.



Erforderlig solfångaryta för 22°C badvattentemperatur.



Energiballansdiagram. $Q_1 = Q_K + Q_{dir}$ för $A_K = 175 \text{ m}^2$

$Q_2 = Q_K + Q_{dir}$ för $A_K = 125 \text{ m}^2$

$Q_3 = \text{summa energiförluster}$

SAMMANFATTNING

Uppvärmning av utomhus simbassänger med solenergianläggningar utgör en tillämpning, där ett stort energibehov tidsmässigt sammanfaller med riklig tillgång på intensiv solstrålning. De i samband med solenergiutnyttjandet besvärliga problemen med energilagring över långa tider, för ett senare utnyttjande, föreligger inte. Tekniken är därför enklare och mindre kostsam än vid andra tillämpningsområden.

Användningsperiodens energibehov är dimensionerande för solfångarytans storlek. Tiden för uppvärmningsperioden kan alltid göras så lång att önskad badvattentemperatur uppnåtts, när omgivningstemperaturen inbjuder till bad. Eftersom bränslekostnaderna är noll har tidsfaktorn liten betydelse.

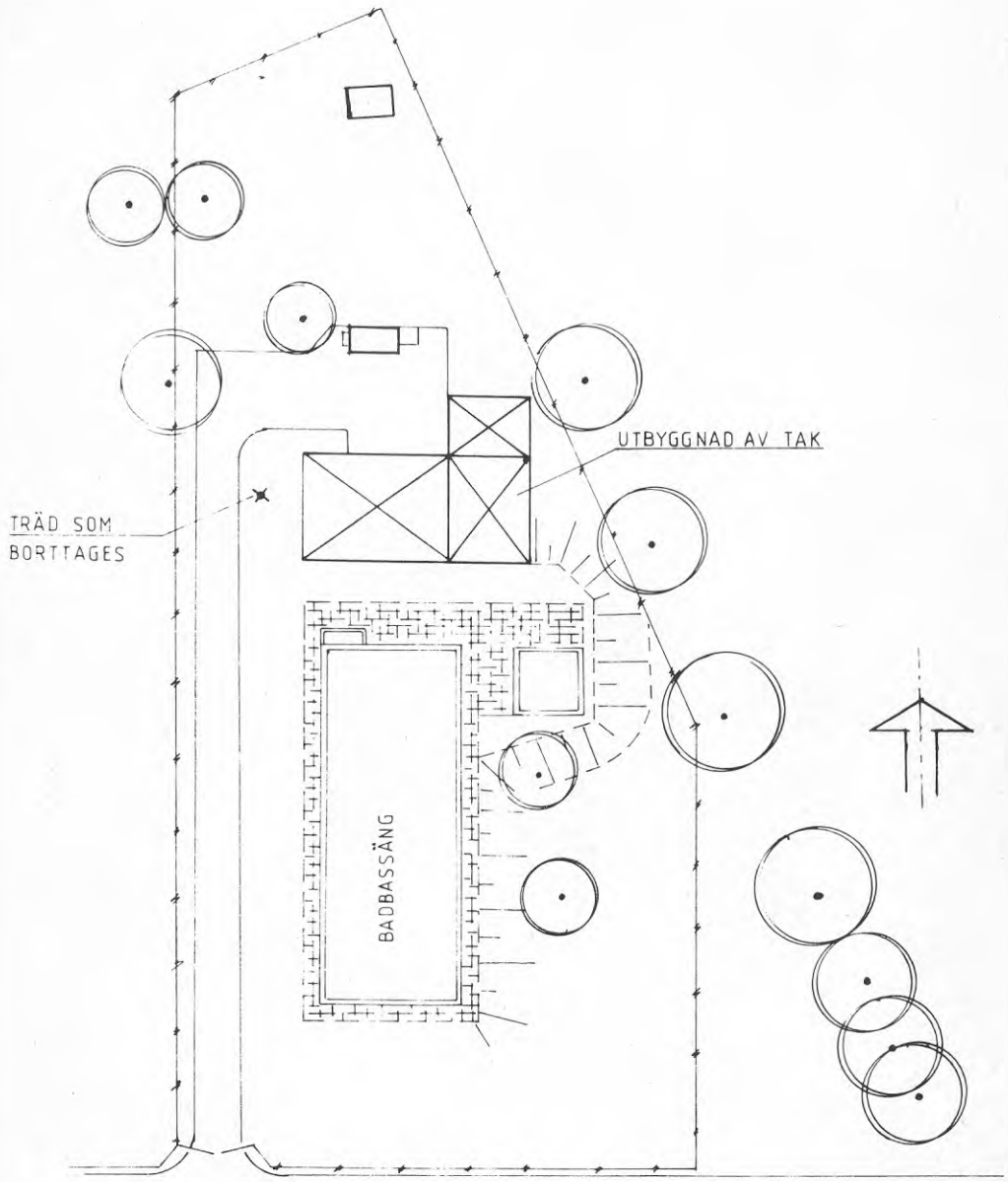
Solfångarna kan, tack vare den låga temperaturskillnaden mellan cirkulationsvattnet (bassängvattnet) och omgivningen, utföras utan glasning, isolering eller skyddslåda. Värmeförlusterna blir trots detta små, och den, genom den enkla konstruktionen, något försämrade verkningsgraden, kompenseras lätt med en något större solfångaryta. Anläggningen blir på detta sätt mera kostnadseffektiv.

Utomhusbassänger skall utrustas med bassängtäckning för att reducera energiförlusterna. Speciellt viktigt är detta under uppvärmningsperioden och användningsperiodens senare del, om en lång badsäsong önskas.

Bassängvattnet bör direktcirkulera genom solfångarsystemet utan mellanliggande värmeväxlare. Eftersom vattnet är starkt korrosivt måste solfångarna då tillverkas av ett korrosionsfritt material, t ex plast. Polypropylen har i detta avseende visat sig vara ett lämpligt material.

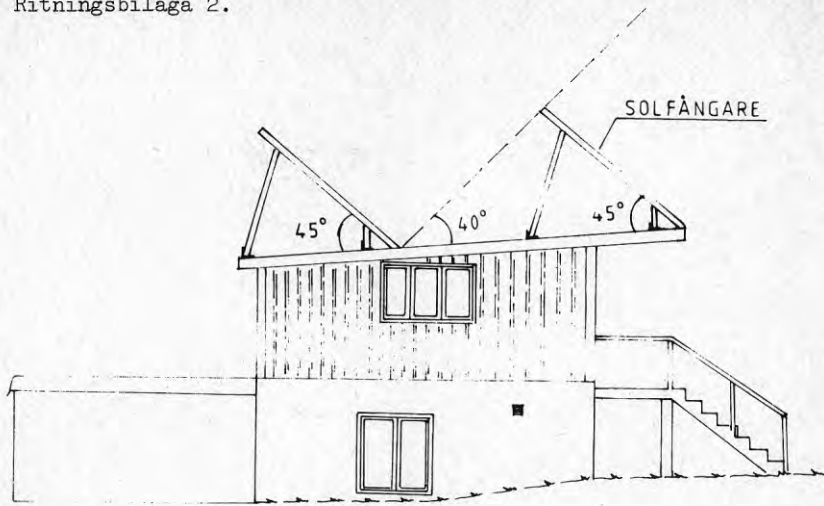
En badanläggnings varmvattenberedning för t ex duschar bör utföras med glasade och isolerade solfångare av konventionell typ, eftersom temperaturdifferensen mot omgivningens temperatur i detta fall är högre än vid bassängvattenuppvärmningen.

Ritningsbilaga 1.

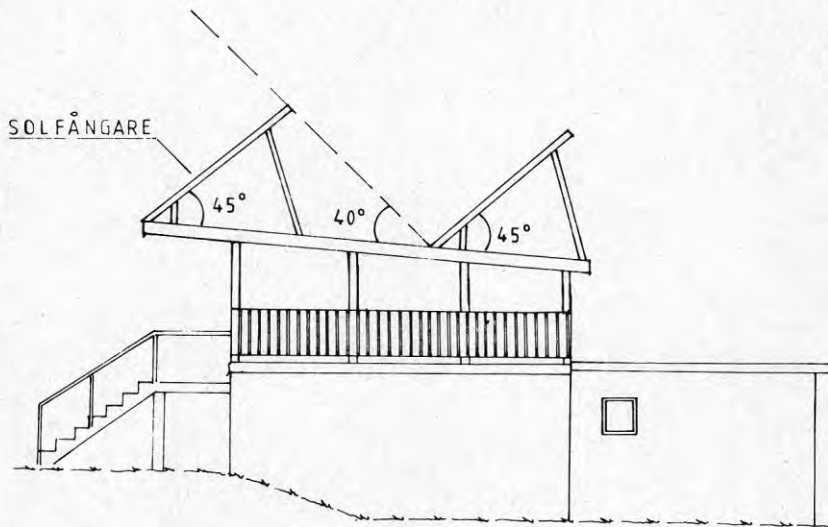


SLAKABADET
Situationsplan
Skala 1:400

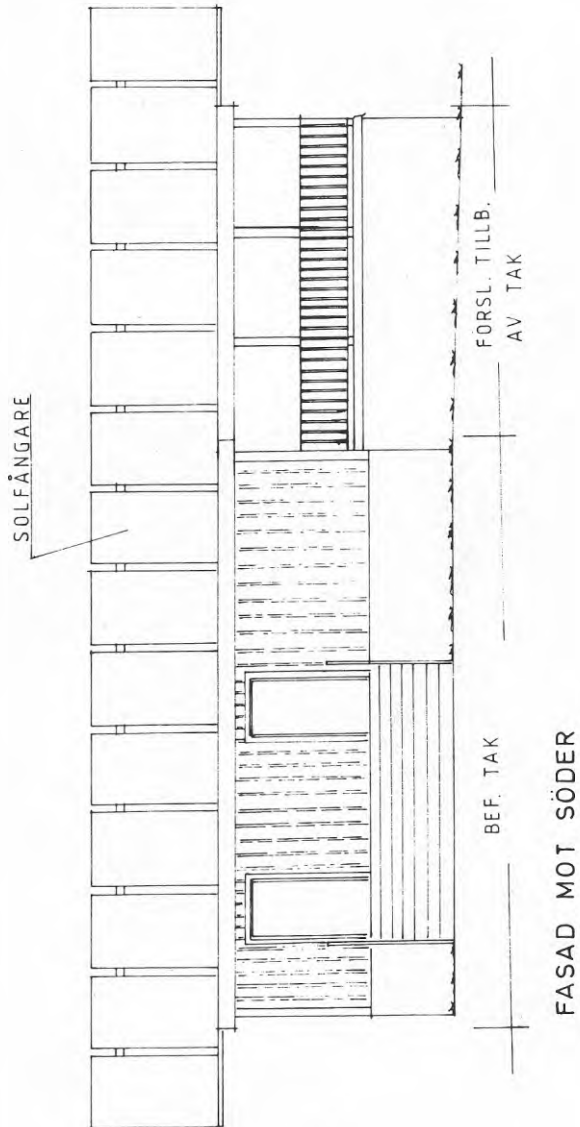
Ritningsbilaga 2.



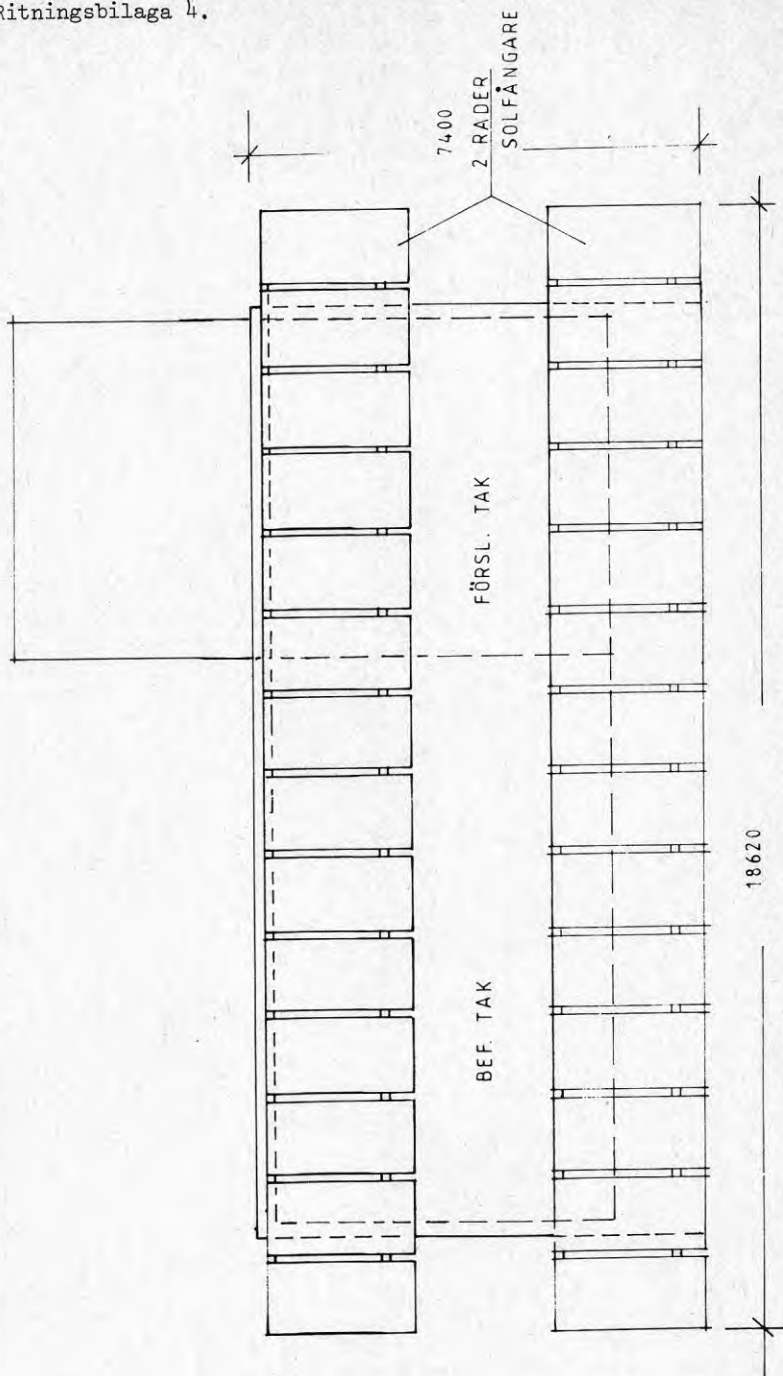
GAVEL MOT VÄSTER



GAVEL MOT ÖSTER



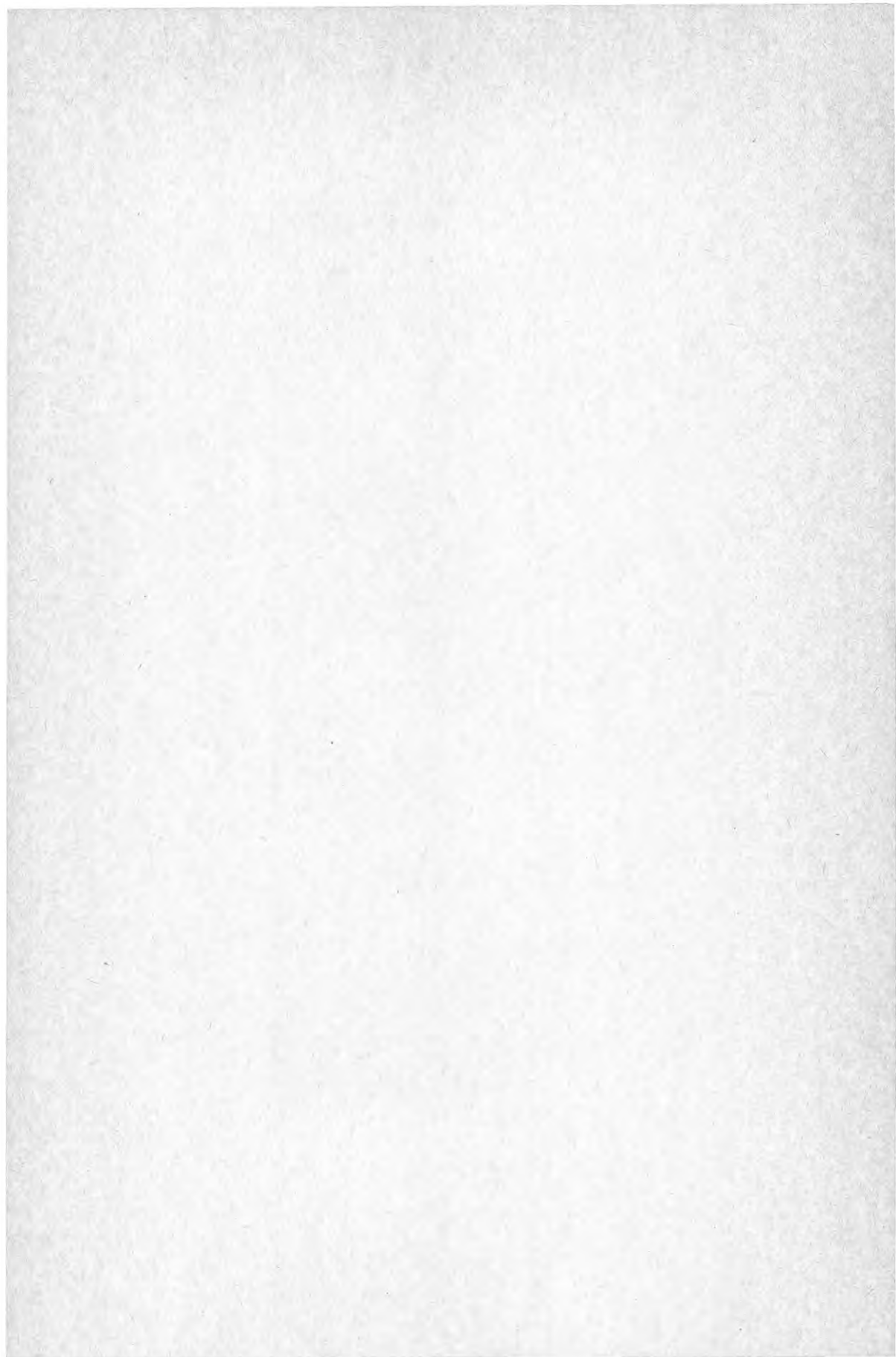
Ritningsbilaga 4.



SLAKABADET
Plan av tak
Skala 1:100

REFERENSER

- Hassan G. A design procedure suitable for calculating the size of a flat plate solar heat collector needed to warm an outdoor swimmingpool in Great Britain.
J.I.H.V.E. June 1971, vol.39, p56 - 62.
- Holt J.S.C. Some aspects of Swimming Pool Design.
J.I.H.V.E. October 1963, p 260 - 268.
- Czarnecki J.T. A method of heating Swimming Pools by Solar Energy.
Solar Energy 1963, vol. 7, p 3 - 7.
- McVeigh J.C. Solar Energy for heating Swimming Pools
Brunt P. and McNelis B. UK - ISES Conference, London January 1977.
Harocopos B.
Missenden J.F.
Spelman N.A.C.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770727-0 från
Statens råd för byggnadsforskning till
Ekström & Ottosson Konsultbyrå, Linköping**

R48:1978

ISBN 91-540-2866-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

**Art. nr: 6600748
Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirka pris: 20 kr exkl moms