



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.



Polypropylensolfångare för bassänguppvärmning

Dimensioneringsgrunder — del 2

Leif Ekström

| | |
|-------------------------------------|---------|
| INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION | |
| Accnr | 80-0919 |
| Plac | Ser |

R
ANT

R54:1980

POLYPROPYLENSOLFÅNGARE FÖR BASSÄNGUPPVÄRMNING

Dimensioneringsgrunder - del 2

(Omarbetning av rapport R48:1978)

Leif Ekström

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790082-5 från Statens råd för byggnadsforskning
till Leif Ekström, Lingham.

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

R54:1980

ISBN 91-540-3244-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 052340

INNEHÅLL

| | |
|---|----|
| INLEDNING | 5 |
| BETECKNINGAR | 7 |
| BERÄKNING AV ENERGIBALANS | 9 |
| MÄTNINGAR PÅ SLAKA-BADET UNDER 1978-1979 | 21 |
| MÄTNING MED BASSÄNGTÄCKNING | 29 |
| DRIFTSERFARENHETER | 31 |
| SAMMANFATTNING | 33 |
| REFERENSER | 37 |
| DIAGRAM 1-9 | 39 |
| RITNINGSBILAGOR | 47 |



INLEDNING

Det här är en omarbetning av BFR-rapporten R:48 1978. " Polypropylensolfångare för bassänguppvärmning. Kort översikt av dimensioneringsgrunder." av Leif Ekström och Hans Ottosson.

Rapporten inleds med beräkningsmetoder för energibalansen hos en solenergiuppvärmd bassäng. Beräkningarna har korrigerats något med hänsyn till experimentella resultat.

Sedan följer en redovisning av experimentella resultat och driftserfarenheter från Slaka-badet i Linköping , där en solenergianläggning anlades 1978.

Utomhus simbassänger lämpar sig synnerligen väl att uppvärmas med solenergi. Det är här fråga om stora energimängder vid låg temperatur. Dessutom sammanfaller i tiden tillgången och efterfrågan på solenergi. Genom att kombinera med en bassängtäckning under kyliga perioder , får man en ekonomisk och väl fungerande anläggning .

Projektet stöds av BFR genom anslag 790082-5 . Ett tack riktas till Peter Fernlöf , Linköping , som hjälpt till med mätningarna.

BETECKNINGAR

| | |
|--------------------|---|
| A_b | Bassängarean |
| A_m | Bassängens omslutande area mot marken |
| A_s | Solfångararean |
| $Q_{\text{sol f}}$ | Energimängd som solfångarna levererar |
| Q_{dir} | Energimängd från direktstrålning på bassängytan |
| Q_v | Sensibel energimängd i badvattnet |
| Q_a | Energiförlust genom avdunstning vid bassängytan |
| Q_k | Konvektiv energiförlust vid bassängytan |
| Q_s | Energiförlust genom strålning vid bassängytan |
| Q_m | Energiförlust från bassängen ut i marken |
| $Q_{\text{övr}}$ | Övriga energimängder |
| I | Solstrålningens irradians |
| T_{in} | Temperaturen på det vatten som går in i solfångarna |
| T_{omg} | Temperaturen på luften omkring solfångarna |
| T_v | Bassängvattnets temperatur |
| T_l | Lufttemperaturen |
| T_t | Bassängtäckningens yttemperatur |
| T_{sky} | Den för svartkroppstrålning ekvivalenta himmelstemperaturen |
| m_v | Bassängvattnets massa |
| c_v | Bassängvattnets specifika värmekapacitet |
| p_y | Vattenångans partialtryck alldeles ovanför vattenytan |
| p_l | Vattenångans partialtryck i omgivande luft |
| \dot{m} | Vattnets massflöde |
| v | Vindhastighet |
| ϵ_t | Emissionskoefficienten för värmestrålning hos täckningsytan |
| ϵ_v | Emissionskoefficienten för vatten |
| λ_m | Markens termiska konduktivitet |
| r | Ångbildningsvärme |



BERÄKNING AV ENERGIBALANS

Olika energimängder

Vid beräkning av energibalansen för en simbassäng betraktar man de energimängder, som tillföres till respektive bortföres från bassängen enligt figur 1.

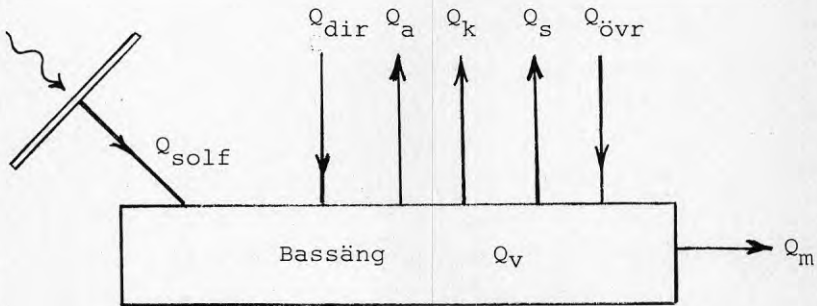


Fig. 1

Energibalansen kan skrivas :

$$Q_{\text{solf}} + Q_{\text{dir}} + Q_{\text{övr}} = Q_v + Q_a + Q_k + Q_s + Q_m \quad \text{där}$$

Q_{solf} är den energimängd, som solfångarna levererar till bassängvattnet.

Q_{dir} är den energimängd, som solstrålningen levererar direkt till bassängen via dess yta.

Q_v är den sensibla energimängd, som bassängvattnet tar upp, då dess temperatur höjs.

Q_a är den energimängd, som åtgår till avdunstning av vatten vid bassängytan.

Q_k är konvektiv energiförlust vid bassängytan.

Q_s är strålningsförlust vid bassängytan.

Q_m är den energimängd, som transporteras från bassän-

gen ut i den omgivande marken.

$Q_{\text{övr}}$ är övrigt förekommande energimängder.

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

Uppvärmningsperioden är den tid på våren eller försommaren , då bassängvattnet skall värmas upp till en för bad acceptabel temperatur. Denna period omfattar i första hand månaden maj , men även april och början av juni kan räknas hit . 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. Denna period inkluderar i bästa fall slutet av maj samt månaderna juni, juli och augusti.

Q_{solf} Energibidraget från solfångarna.

Solfångarna antages vara av Robinson-typ, dvs gjorda av polypropylen och oisolerade och oglasade. Se figur 2 .

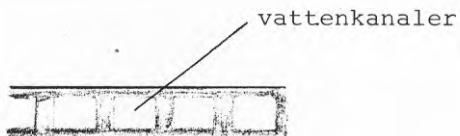


Fig. 2

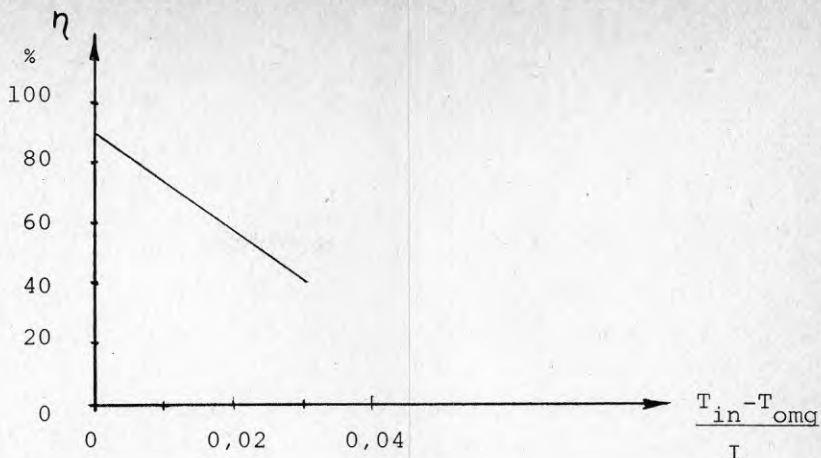


Fig. 3

Denna typ av solfångare arbetar bäst vid låga värden på $(T_{in} - T_{omg}) / I$. Vid t.ex. $I = 1000 \text{ W/m}^2$ och $T_{in} - T_{omg} \leq 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ger solfångarna en verkningsgrad större än 70 %. Se figur 3.

För utomhusbad på sommaren råder just sådana temperaturförhållanden. Omgivningens lufttemperatur och badvattentemperaturen skiljer sig ej så mycket. Ibland kan t.o.m. den förra vara högre än den senare, och då fungerar solfångarna dessutom som värmeväxlare och tar energi ur luften.

Energibidraget från solfångarna kan skrivas som:

$$Q_{\text{solf}} = \sum \eta I A_{\text{solf}} \Delta t$$

vilket är en approximation av

$$Q_{\text{solf}} = \int \eta(t) I(t) A_{\text{solf}} dt$$

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

I = solstrålningens irradians mot solfångarytan

A_{solf} = solfångarnas area

Δt = ett lämpligt tidsintervall t.ex. en timma

Solfångarna antages ha en ungefärlig lutningsvinkel på 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 I tages hänsyn till statistiska värden på klara respektive medelmolniga dagar under de aktuella månaderna. Dessutom har tagits hänsyn till erfarenheterna från Slakabadet 1978 och 1979.

För polypropylensolfångaren kommer dagsmedelvärdena att bli:

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| april | 2,0 | kWh/m ² dag |
| maj | 3,0 | |
| juni | 3,3 | |
| juli | 2,8 | |
| augusti | 2,0 | |

Antaganden, som gjorts, är att uppvärmningsperioden startar med en vattentemperatur på 10°C , och att den är 22°C under användningsperioden.

Som jämförelse kan nämnas, att en preliminär beräkning med en dimensioneringsmetod kallad Fi-kurv-metoden beskriven av Klein S.A. ger följande värden på vad solfångarna bör ge (ref. 6) :

| | | |
|---------|-----|------------------------|
| maj | 2,9 | kWh/m ² dag |
| juni | 3,4 | |
| juli | 2,5 | |
| augusti | 1,7 | |

Q_{dir} Bidrag från solstrålning direkt på bassängen

Under uppvärmningsperioden är bassängytan täckt med en lämplig folie, t. ex. en med luftbubblor av plast. I detta fall skall täckningen i första hand hindra från förluster genom 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, kanske vid flera. Om täckningens transmissionsförmåga antages vara 0,3 ger den direkta solstrålningen följande energibidrag till bassängen under månaderna:

| | |
|-------|----------------------------|
| april | 1,2 kWh/m ² dag |
| maj | 1,5 |

Under användningsperioden förutsätts ingen täckning. 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, vilket inte är alltför optimistiskt värde, kommer den direkta solinstrålningen att ge :

| | |
|---------|----------------------------|
| maj | 4,8 kWh/m ² dag |
| juni | 5,9 |
| juli | 5,2 |
| augusti | 4,7 |

Q_v Energimängd för uppvärmning av badvattnet

För uppvärmningsperioden gäller:

$$Q_v = m_v c_v \Delta T_v$$

m_v är bassängvattnets massa

c_v är vattnets specifika värmekapacitet

ΔT_v är den temperaturstegring man önskar erhålla hos bassängvattnet.

Om erforderligt ΔT_v är 12°C, är $Q_v = 13,9 \text{ kWh/m}^3$

bassängvatten.

För användningsperioden sättes $Q_v = 0$, eftersom vattentemperaturen antages vara konstant. I verkligheten går den upp och ned under en sommar, varför Q_v antager både positiva och negativa värden.

Q_a Avdunstning vid bassängytan.

När fuktig omättad luft strömmar förbi en vattenyta, bildas ett jämviktsskikt alldeles intill vattenytan. Om den absoluta fuktigheten i detta skikt är större än den absoluta fuktigheten i den strömmande luften, sker avdunstning. Det åtgår då energi att överföra vattnet till ånga, det så kallade ångbildningsvärmets r , och det tages från vattnet, som avkyls. I sim-bassängsammanhang räknar vi bara med avdunstningsförluster under användningsperioden.

För beräkning av avdunstningshastigheten finns olika metoder t. ex.

$$\dot{m} = (0,15 + 0,094(T_v - T_l)^{1/3} + 0,112v)(p_y - p_l)$$

där T_v och T_l är vattnets och luftens temperatur, p_y och p_l är vattenångans partialtryck alldeles ovanför vattenytan och i omgivande luft.

En annan metod är:

$\dot{m} = f(v)(p_y - p_l)$, där $f(v)$ är en linjär funktion av vindhastigheten.

Eller :

$\dot{m} = -D \frac{dp}{dx}$, där D är en diffusionskoefficient och $\frac{dp}{dx}$ är partialtrycksgradienten.
 Q_a fås sedan genom att multiplicera \dot{m} med r och tiden.

En engelsk formel (ref 5) för avdunstningsförlusten är :

$$Q_a = (9,15 + 7,76 v) (p_y - p_l) A_b \text{ tiden}$$

Antages v = vindhastigheten vid ytan = 0,5 m/s,

$p_y = 26,4 \text{ mb}$ och $p_l = 13 \text{ mb}$ fås under juli månad:

$$Q_a / A_b = 4,2 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ dygn.}$$

En annan användbar empirisk formel kopplar samman avdunstningsförlusterna med konvektionsförlusterna vid bassängytan. Den har använts här, se nästa stycke.

Q_k Konvektiv energiförlust vid bassängytan.

Konvektion är det värmeutbyte man får mellan en strömmande fluid och en yta. Naturlig konvektion uppstår av densitetens temperaturberoende hos fluiden. Påtvingad konvektion innebär en forcerad fluidrörelse som skapas av t.ex. en fläkt eller vinden.

Under uppvärmningsperioden har konvektionsförlusterna vid täckningens yta beräknats ur :

$$Q_k = h A_b (T_t - T_{omg}) t$$

T_t och T_{omg} är täckningens och omgivningens temperatur

A_b är bassängytans area

h är en värmeövergångskoefficient mellan ytan och omgivande luft. Den beror av vindhastigheten och kan skrivas:

$$h = 5,7 + 3,8 v \quad (\text{SI-enheter})$$

v = vindhastigheten vid ytan, antages vara 20% av den på normal höjd uppmätta vindhastigheten.

Konvektionsförlusterna beräknas då till :

| | |
|-------|-------------------------------|
| april | 0,85 kWh/ m ² dygn |
| maj | 0,81 |

Ett annat uttryck är (ref 5):

$$Q_k = 3,18 v^{0,8} (T_t - T_{omg}) A_b t$$

Som nämndes ovan kan man för användningsperioden använda ett empiriskt uttryck , som innehåller både avdunstnings- och konvektionsförluster :

$$Q_a + Q_k = 12,1(1,47 (p_y - p_l) + (T_v - T_{omg})v^{0,8}) A_b t$$

Med de tidigare nämnda värdena får vi för de olika månaderna:

| | | |
|---------|-----|-------------------------|
| maj | 7,2 | kWh/m ² dygn |
| juni | 5,6 | |
| juli | 5,0 | |
| augusti | 5,1 | |

Q_s Strålningsförlust vid bassängytan

Under uppvärmningsperioden är det täckningen som strålar ut mot omgivningen, och under användningsperioden är det bassängvattenytan, som strålar.

För uppvärmningsperioden gäller:

$$Q_s = \epsilon_t \sigma (T_t^4 - T_{sky}^4) A_b t$$

ϵ_t = täckningsytans emissionskoefficient

σ = 5,6697 10⁻⁸ W/m² grad⁻⁴ (Boltzmanns konstant)

T_{sky} = ekvivalent himmelstemperatur, sättes = $T_{omg} - 6$

Detta ger oss:

april 0,16 kWh/m² dygn

maj 0,15

och för användningsperioden gäller:

$$Q_s = \epsilon_v \sigma (T_v^4 - T_{sky}^4) A_b t$$

ϵ_v = vattnets emissionskoefficient sättes lika med 0,95.

Om månadsmedelvärdena för Linköping användes, ger användningsperioden:

| | |
|---------|-----------------------------|
| maj | 1,6 kWh/m ² dygn |
| juni | 1,3 |
| juli | 1,0 |
| augusti | 1,2 |

Q_m Energiförlust ut i marken

Från bassängvattnet överförs värme till bassängens väggar och botten och därifrån ut i marken. Om en förenklad metod användes, där man ej tar hänsyn till värmekonduktiviteten i bassängväggen, och där man antar homogen temperatur på vattnet, kan denna energiförlust skrivas:

$$Q_m = \lambda_m A_m \frac{dT_m}{dx} t$$

λ_m = markens termiska konduktivitet

A_m = bassängens omslutande area mot marken

$\frac{dT_m}{dx}$ = temperaturgradient i marken vid arean A_m

Detta ger för april - maj : 0,1 kWh/ m² dygn och för juni - aug. 0,2 kWh/ m² dygn.

Temperaturgradienten har då uppskattats till 1 resp. 2 °C / m.

$Q_{\text{övr}}$ Övriga energimängder

De energimängder, som här tillförs bassängvattnet, räknas positiva, och de som bortför värme från bassängvattnet räknas negativa.

Under uppvärmningsperioden är det svårt att hitta något positivt bidrag av betydelse. Eventuellt skulle man kunna tänka sig ett konvektivt värmetillskott, när omgivande luft är varmare än vattnet. Förmodligen är det försumbart.

Energiåtgång, dvs negativt energibidrag, kan vara aktuellt för uppvärmning av täckningen, men endast om termiskt tyngre material användes. För en tunn plastpresenning blir bidraget litet $0,03 \text{ kWh/m}^2$ under hela uppvärmningstiden. Även energiåtgång för avdunstning av på täckningen liggande regnvatten kan räknas hit.

Under användningsperioden har man ett positivt bidrag i form av värmen från badande människor. Om man antar, att varje badande människa utvecklar ungefär 250 W , upptar 3 m^2 och med en badtid $1/4 \text{ h}$ får vi ungefär $0,02 \text{ kWh/m}^2$ dygn.

Uppvärmning av diverse vattenmängder såsom ersättningsvatten för det avdunstade och av badande bortstänkta samt regnvatten uppskattas kräva ca $0,1 \text{ kWh/m}^2$ dygn.

Sammanställning av olika energimängder.

Under uppvärmningsperioden är $Q_a=0$, om täckning användes. De olika energimängderna kan skrivas :

| | april | maj | enhet |
|--------------------|-----------------------|-------|-----------------------------------|
| $Q_{\text{sol f}}$ | 2,0 | 3,0 | kWh/m ² solf.area dygn |
| Q_{dir} | 1,2 | 1,5 | kWh/m ² bass.area dygn |
| $Q_{\text{övr}}$ | - 0,03 | -0,03 | kWh/m ² bass.area |
| Q_v | 13,9 bassängens volym | | kWh |
| Q_k | 0,85 | 0,81 | kWh/m ² bass.area dygn |
| Q_s | 0,16 | 0,15 | kWh/m ² bass.area dygn |
| Q_m | 0,1 | 0,1 | kWh/m ² omsl.area dygn |

Ur denna tabell kan man beräkna uppvärmningstiden i antal dygn, då man vet förhållandet mellan solfångararea och bassängarea $A_{\text{sol f}}/A_b$. I diagram 1 visas denna funktion för april och maj. Bassängtäckningen har stor del i att uppvärmningen går så snabbt under maj månad. Under förutsättning att täckning användes är uppvärmningsperioden ej dimensionerande. Man ökar ej solfångararean från att ha varit halva bassängarean till att bli lika stor som bassängarean bara för att få en uppvärmningsperiod på 7 dagar i stället för 13 dagar. Det som är dimensionerande för solenergianläggningen är vad som händer under användningsperioden.

Energimängderna under användningsperioden kan skrivas (enhet som i förra tab.) :

| | maj | juni | juli | augusti |
|--------------------|-------|-------|-------|---------|
| $Q_{\text{sol f}}$ | 3,0 | 3,3 | 2,8 | 2,0 |
| Q_{dir} | 4,8 | 5,9 | 5,2 | 4,7 |
| $Q_{\text{övr}}$ | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,08 |
| $Q_{\text{a+k}}$ | 7,2 | 5,6 | 5,0 | 5,1 |
| Q_{s} | 1,6 | 1,3 | 1,0 | 1,2 |
| Q_{m} | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

Vi ser ur tabellen, att bassängarean själv fungerar som en stor solfångare, och mycket energi kommer vatt-
net tillgodo den vägen. Vi ser också, att det är vid
bassänfytan, som de stora förlusterna är, främst
avdunstning och konvektionsförluster, men även en del
strålningsförluster.

Dessa energimängder har använts i diagram 2. Där
visas vilket förhållande $A_{\text{sol f}}/A_{\text{b}}$ som krävs, för att
hålla 22-gradigt bassängvatten. Dessa siffror och dia-
gram är framtagna ur medelvärden. För en specifik
sommarser det annorlunda ut. Då kan instrålning och
temperatur ha värden oberoende av månad. Därför måste
de här framräknade värdena endast anses som riktvärden
för dimensionering.

MÄTNINGAR PÅ SLAKA-BADET UNDER 1978-1979.

Inledning.

Av Linköpings kommunala utomhusbassänger var Slakabadet en av de två som inte var tempererade tidigare. Det anlades 1958 som en kombinerad branddamm och badbassäng. Simskola äger rum här i juni varje år . Vattnet kommer från en kall källa , varför badtemperaturen ofta var låg (under 18°C) i början av juni.

Sommaren 1978 anlades en solenergianläggning vid Slakabadet för att höja badtemperaturen till en njutbar nivå speciellt i början av juni. Dessutom är Slakabadet väl lämpat för en försöksanläggning , då det ej är så stort . Bassängens längd och bredd är 25 resp. 10 meter. En liten anläggning är mer hanterbar och eventuella misstag är mindre kostsamma. Man kan sedan bygga vidare med större anläggningar. Om resultatet från Slakabadet blir gott , finns det stora möjligheter att Linköpings kommun vid byggandet av nästa utomhusbad förser det med solenergiuppvärmning.

Beskrivning av systemet.

Anläggningen består av två rader solfångare placerade på omklädningsbyggnadens tak , som förlängts över en lägre byggnadsdel. Därigenom har solfångararean blivit $100,8 \text{ m}^2$, vilket är c:a 40 % av bassängarean, vilket är en ungefärlig undre gräns för förhållandet solfångararea genom bassängarea.

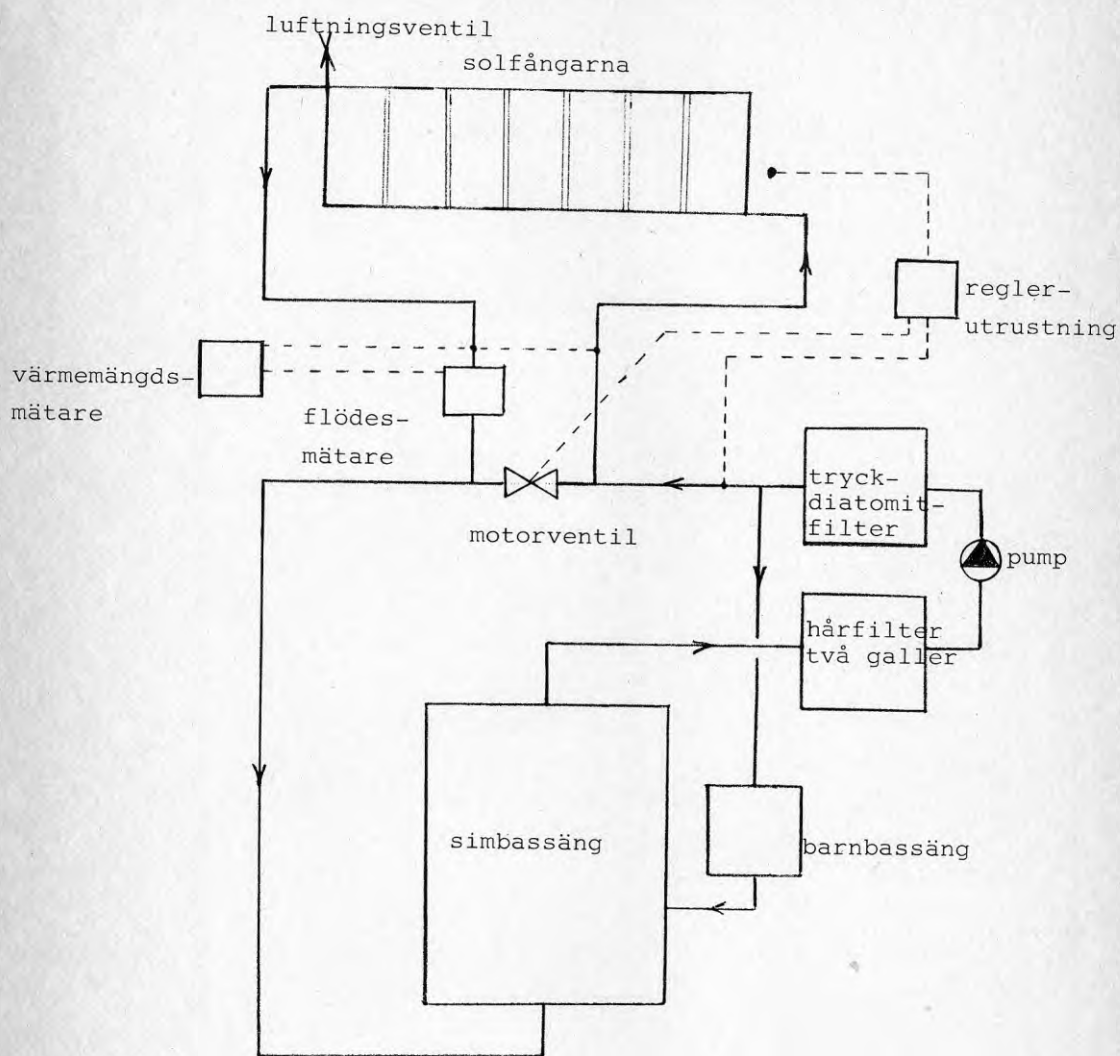
Solfångarna är tillverkade av Robinsons i Winchester England och är av polypropylen , ett plastmaterial , som visat sig vara väl lämpat för denna typ av tillämpning . Plastmaterialet är korrosionsfritt , vilket tillåter bassängvattnet att cirkulera direkt genom solfångarna utan mellanliggande värmeväxlare , som kostar både pengar och energi. Solfångarkostnaden blir

låg, dels på grund av att de är gjorda av plast och dels på grund av att de i denna tillämpning kan användas nakna.

Systemet framgår av figur 4 . Vattnet från den stora bassängen pumpas från ett bräddavlopp och två utlopp vid den norra änden av bassängen till ett hårfilter . Filtret består av ett grovmaskigt och ett finmaskigt stålnät. Pumpen cirkulerar vattnet i systemet kontinuerligt . Diatomitfiltret renar vattnet från övriga fasta föroreningar . Regler- och mätutrustningen består av reglerenhet, temperaturgivare, motorventil, värmemängdsmätare och flödesmätare.

Reglerutrustningen stänger motorventilen om temperatordifferansen mellan solfångargivaren och bassängvat-
tengivaren är större än ett inställbart värde, t.ex. 4°C . Då styrs vattnet upp till solfångarna. Värmemängds-
mätaren har installerats genom BFR:s försorg. Den integrerar kontinuerligt temperaturdifferansen mellan in- och utgående vatten till solfångarna med vatten-
flödet.

Anläggningen omfattar även en mindre barnbassäng och en automatisk påfyllningsanordning. Dessutom sitter på solfångarna luftningsventiler , som automatiskt släpper luften in och ut vid dränering respektive påfyllning.



Figur 4

Mätningar 1978

Mätningarna sommaren 1978 gjordes i samband med ett examensarbete vid Linköpings Tekniska Högskola av Bengt Svensson och Johan Förstberg (ref.2) . Mätningsprogrammet bestod av två delar :

- 1) Under perioden 15 juli till 25 augusti mättes luft- och bassängvattentemperatur samt energimängden , som solfångarna levererade till bassängen.
- 2) Under perioden 18 till 22 augusti mättes och beräknades dessutom övriga energimängder , som ingår i energibalansen för en utomhusbassäng.

Luft-, vattentemperatur och solfångarenergi under 15 juli - 25 augusti visas i diagram 3. I början var vädret dåligt och det var få badande. Under slutet av juli förbättrades vädret , och vid månadsskiftet var det en fin period. Den låga energimängden från solfångarna dessa dagar berodde på för lågt vattenflöde genom solfångarna , vilket berodde på att tryckdiatomitfiltret inte var rengjort . Pumpen, som användes före den 8 augusti , hade för liten kapacitet. Sedan dess har flödet varit c:a 600 l/min . Det höga flödet är motiverat av önskemålet om hög värmeöverföring i solfångarna.

Under veckan 18-22 augusti mättes en mängd variabler som behövs för att komma åt de olika energimängderna. Resultatet visas i diagram 4. Ur det diagrammet kan man utläsa följande :

Bassängen själv fungerar som en stor solfångare , det största energitillskottet kommer den vägen.

Det är vid bassängytan som förlusterna äger rum. På dagen är avdunstningen där den största förlusten, och på natten är det utstrålning från bassängytan.

Konvektiva förluster vid bassängväggen och ledning ut i marken visar i denna mätning inte så stora värden . Ej heller gör konvektiva förluster vid bassängytan det.

Mätningar 1979

Sommaren 1979 har mätts : lufttemperaturen, bassängvattentemperaturen och energimängden per dygn från solfångarna. Diagrammen 5 - 8 visar dessa storheters variation med tiden.

Den 15 maj lades täckningen på och temperaturmätningen började . Vattentemperaturen höjdes från $10,5^{\circ}\text{C}$ till $14,0^{\circ}\text{C}$ på två dygn på grund av solstrålningen direkt på bassängen . Den 20 maj startade cirkulationen av bassängvattnet genom solfångaren. Med något avbrott för det värsta åskväder i mannaminne i Linköping i slutet av maj höjdes temperaturen till 25° den 2 juni som var pingstafton. Då togs täckningen bort och badet öppnades för allmänheten . Under pingsthelgen besöktes badet av 300 - 400 badgäster per dag , vilket är många för detta lilla bad.

Badtemperaturen under juni var bra , för det mesta över 22° . Under midsommarhelgen som tillsammans med pingst hade sommarens bästa badväder , höll badvattnet $24 - 25^{\circ}$.

Juli månad innehöll ingen högsommarvärme . Badtemperaturen låg mellan 20 och 22° , vilket var $3 - 5^{\circ}$ över den rådande lufttemperaturen. Under augusti låg badtemperaturen omkring 20° , med undantag av 17 - 19 aug., då både luft- och vattentemperatur nådde angående $22 - 23^{\circ}$.

Juni månad blev alltså den bästa månaden ur badsynpunkt för Slaka i år. Detta passar bra ihop med efterfrågan , som är störst i juni. I juni är simskolan, de flesta har ännu inte börjat sin semester, sjöarna har ännu inte hunnit bli tillräckligt varma.

Om man studerar , hur mycket energi , som solfångarna levererat under sommaren 1979 , får man följande värden :

Hela månaden:

| | |
|---------|----------|
| juni | 3700 kWh |
| juli | 2250 kWh |
| augusti | 1900 kWh |

Medelvärden per dygn:

| | |
|---------|--------------|
| maj | 94 kWh/dygn |
| juni | 123 kWh/dygn |
| juli | 73 kWh/dygn |
| augusti | 66 kWh/dygn |

Maximala värden per dygn:

| | |
|---------|--------------|
| maj | 190 kWh/dygn |
| juni | 400 kWh/dygn |
| juli | 240 kWh/dygn |
| augusti | 220 kWh/dygn |

Medlvärden per dygn och solfångararea:

| | |
|---------|------------------------------|
| maj | 0,93 kWh/dygn m ² |
| juni | 1,22 kWh/dygn m ² |
| juli | 0,72 kWh/dygn m ² |
| augusti | 0,65 kWh/dygn m ² |

Maximala värden per dygn och solfångararea:

| | |
|---------|------------------------------|
| maj | 1,88 kWh/dygn m ² |
| juni | 3,97 kWh/dygn m ² |
| juli | 2,38 kWh/dygn m ² |
| augusti | 2,18 kWh/dygn m ² |

Motsvarande värden för 1978 är :

| | medelvärde | max.värde |
|---------|------------------------------|------------------------------|
| juli | 1,96 kWh/dygn m ² | 3,87 kWh/dygn m ² |
| augusti | 1,09 kWh/dygn m ² | 3,77 kWh/dygn m ² |

Solfångarna har alltså levererat mindre energi per tids- och areaenhet sommaren 1979 än sommaren 1978. Siffrorna ligger också under de beräknade.

Den största anledningen är förmodligen skillnader i vädret . Juli 1979 var både solfattig och hade låg temperatur i Linköping . Vid blåsigt och svalt väder nedsätts verkningsgraden kraftigt för nakna solfångare.



MÄTNING MED BASSÄNGTÄCKNING

I beräkningarna framkommer , att det stora värmeutbytet sker vid bassängytan. Dels inkommer mycket solenergi den vägen och dels äger förlusterna till omgivningen rum där. Med hjälp av ett täckande skikt, en bassängtäckning , av lämpligt material t.ex. plast kan man hålla nere förlusterna avsevärt. Speciellt gäller det avdunstningsförlusterna , som är de största, men även konvektions- och strålningsförlusterna.

Sommaren 1979 gjordes försök med täckning under två perioder : 15 maj - 2 juni och 5 - 17 september. Täckningen , som användes , var av plast och av "bub-belfolie"-typ. Resultatet av temperaturmätningen visas i diagrammen 5 och 9 . Under uppvärmningsperioden stiger bassängvattentemperaturen från $10,5^{\circ}$ den 15 maj till $25,0^{\circ}$ den 2 juni , vilket är mycket tillfredsställande . Visserligen beror de sista graderna till stor del på det fina pingstvädret , men den snabba temperaturökningen beror på täckningen . Uppvärmningsperiodens längd av 2 - 3 veckor stämmer bra med det beräknade värdet .

Under perioden 5 - 17 september sjunker vattentemperaturen c:a $0,7^{\circ}$ per dygn under tid , då solfångarna inte levererar någon energi alls . Förmodligen är den direkta solstrålningen väldigt liten , för dessa dagar är i stort sett mulna dagar . $0,7^{\circ}$ temperatursänkning per dygn motsvarar en energiförlust på c:a 1 kWh/dygn m^2 bassängyta. Detta värde stämmer bra med det beräknade , om vi tittar i tabellen för uppvärmningsperioden , där Q_k , Q_s och Q_m tillsammans har drygt 1 kWh/dygn m^2 . Den lilla skillnaden skulle kunna vara den direkta solstrålningen . Utan täckning skulle vi få avsevärt större energiförlust och därmed större temperatursänkning . Det kan vi få en föreställning om , genom att titta i tabellen för användningsperioden.

En bassängtäckning fungerar alltså bra, då det gäller att hålla nere energiförlusterna från en utomhusbassäng. I en engelsk undersökning (ref. 7) behöver solfångararean inte vara mer än 40% av bassängarean, om en täckning användes . Utan bassängtäckning krävs (ref. 5) att denna siffra är 80 % .

DRIFTSERFARENHETER

Driftserfarenheterna av solenergisystemet är goda. Det har fungerat hela sommaren 1979 utan driftstopp . Sommaren 1978 ersattes den gamla pumpen med en pump med högre kapacitet , vilket orsakade driftstopp ett par dagar.

De här solfångarna är beroende av högt vattenflöde. Det ger bra värmeöverföring i solfångarna och därmed bra verkningsgrad. Emellertid kan ibland efter en varm dag med många badande tryckdiatomitfiltret sättas igen så att flödet sjunker . Detta kan undvikas genom att filtret returspolas.

Man får inte koppla för många solfångare parallellt, för då blir cirkulationen dålig i de mellersta solfångarna. I Slaka har vi fyra paket med sju parallellkopplade solfångare i varje paket, som matas med vatten från båda hållen .

Reglerutrustningen , som känner av temperaturskillnaden mellan solfångarna och bassängvattnet , har också fungerat bra . Den arbetar med två minuters fördröjning vid frånslag , vilket ger jämnare gång vid växlande väder.

Badvakterna och badgästerna har varit nöjda. Badtemperaturen har genomgående legat något högre sedan solenergianläggningen installerades . Enligt badvakterna har responsen varit snabbare. Det vill säga att vattentemperaturen har svarat snabbare, ökat snabbare, på solsken än tidigare år.



SAMMANFATTNING

Både mätningar och beräkningar har givit vid handen, att det är stora energimängder i omlopp i ett energisystem bestående av en bassäng försedd med solenergiuppvärmning. Bassängen tillföres stora energimängder dels från solfångarna och dels från strålning direkt på bassängtäckningen. Den stora energiförlusten sker vid bassängytan och avdunstningen svarar för det mesta speciellt på dagtid. Dessutom förekommer konvektion och strålning, det senare i hög grad på natten.

De olika energimängderna har beräknats allmänt för ett genomsnittsår och kan fungera som riktvärden vid dimensionering av en anläggning. Vid jämförelse med uppmätta värden på Slakabadet visar de uppmätta energimängderna lägre värden än de beräknade, åtminstone sommaren 1979. Förklaringarna till denna avvikelse kan vara:

- 1) Levererad energi från solfångarna är inte det enda måttet, då man vill betygsätta en solenergianläggning för badbassäng. Temperaturen på badvattnet är också ett mått. En anläggning, som håller temperaturen på en hygglig nivå hela sommaren, kanske inte alltid levererar stora energimängder på grund av att reglerutrustningen inte rapporterar tillräckligt stor temperaturskillnad för att koppla in solfångarna. Detta kan vara anledningen i det här fallet.
- 2) Vädret spelar en så pass stor roll, att avvikelser från medelvärden kan bli betydande.
- 3) Vattenflödet i solfångarna spelar en stor roll för deras verkningsgrad, speciellt då plastsolfångare användes. Den drivande temperaturskillnaden i solfångarna är ju liten.

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.

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

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

Solfångarna kan , tack vare den låga temperaturskillnaden mellan cirkulationsvattnet (bassängvattnet) och omgivningen , utföras utan glasning , isole-ring eller skyddslåda.

Utomhusbassänger kan utrustas med bassängtäckning för att reducera energiförlusterna . Speciellt viktigt är detta under uppvärmningsperioden och användningsperiodens senare del. Då kan man verkligen spara energi för en låg investeringskostnad.

Bassängvattnet kan 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 . Vanligt är kanske , att man ansluter solfångarkretsen till den befintliga vattenreningskretsen . Ett alternativ är att ha en egen krets för solfångarna . Man ansluter då solfångarna direkt till bassängen med en egen ledning gjord av t.ex. PVC-plast . Solfångarkretsen fordrar då en egen pump , men för övrigt blir det ett enkelt system.

Vid bestämningen av solfångarareans storlek i en solenergiutrustning för en given bassäng brukar man ibland tala om en "tumregel", som säger att solfångararean ska vara hälften av bassängarean. Det är riktigt att bassängareans storlek har stor betydelse, det är ju där energiförlusterna sker. Andra omständigheter som har betydelse är: latituden, hur vindskyddat bassänkläget är, när och hur ofta täckning användes och vilka krav man har på badtemperaturen. Använder man sig av solenergiuppvärmd i stället för konventionellt uppvärmd bassäng, får man räkna med temperaturvariationer. Vid flera "dåliga" dagar i följd får man sänkt temperatur, om man inte använder täckningen dessa dagar. Dock håller man temperaturen på en högre nivå än om man är helt utan uppvärmning.

Ekonomiskt bör i de flesta fall en solenergianläggning för utomhusbad vara lönsam redan idag.



REFERENSER

- 1) Ekström Leif och Ottosson Hans: " Polypropylen-solfångare för bassänguppvärmning." Kort översikt av dimensioneringsgrunder. BFR-rapport R 48: 1978
- 2) Förstberg Johan och Svensson Bengt: "Energibalansen hos en soluppvärmd simbassäng."
Linköpings Tekniska Högskola LiTH-IFM-Ex105
- 3) McVeigh J.C. et al : " Solar energy for heating swimming pools " UK-ISES conference, London January 1977
- 4) Hassan G: " A designe procedure suitable for calculating the size of a flat plate solar heat collector needed to warm an outdoor swimming pool in Great Britain." J.I.H.V.E. June 1971 vol 39 p 56-62
- 5) Spelman N.A.C. brevväxling
- 6) Kjaerboe Peter brevväxling
- 7) Hawlader M.N.A. and Brinkworth B.J. : " An analysis of solar heated outdoor swimming pools."

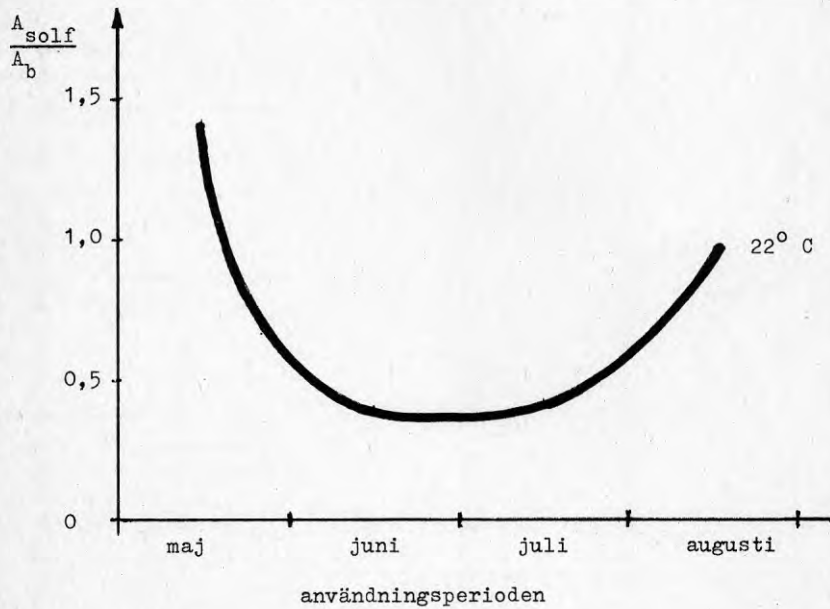
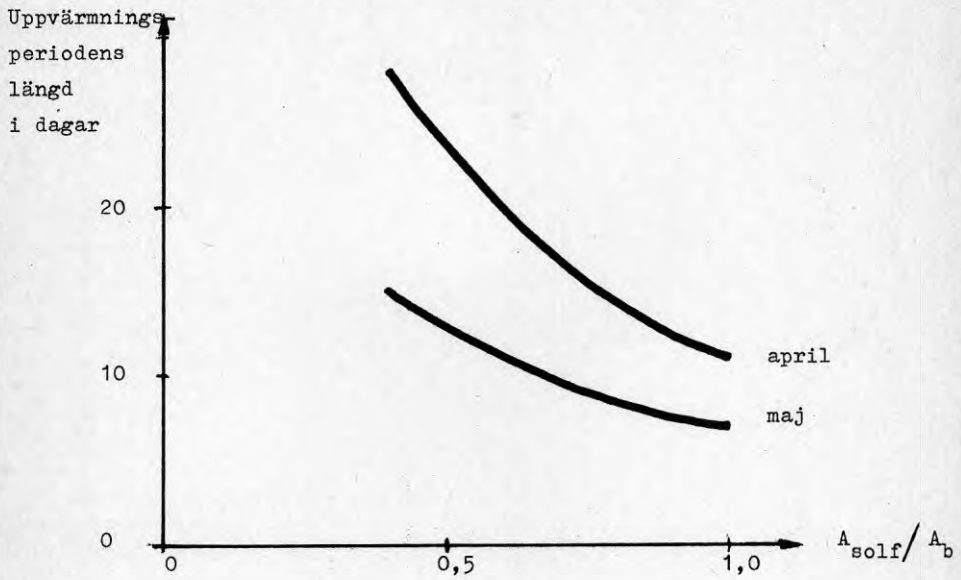


Diagram 3

Mätningar 15 juli - 25 aug. 1978 på
lufttemperatur
bassängvattentemperatur
solfångarenergi

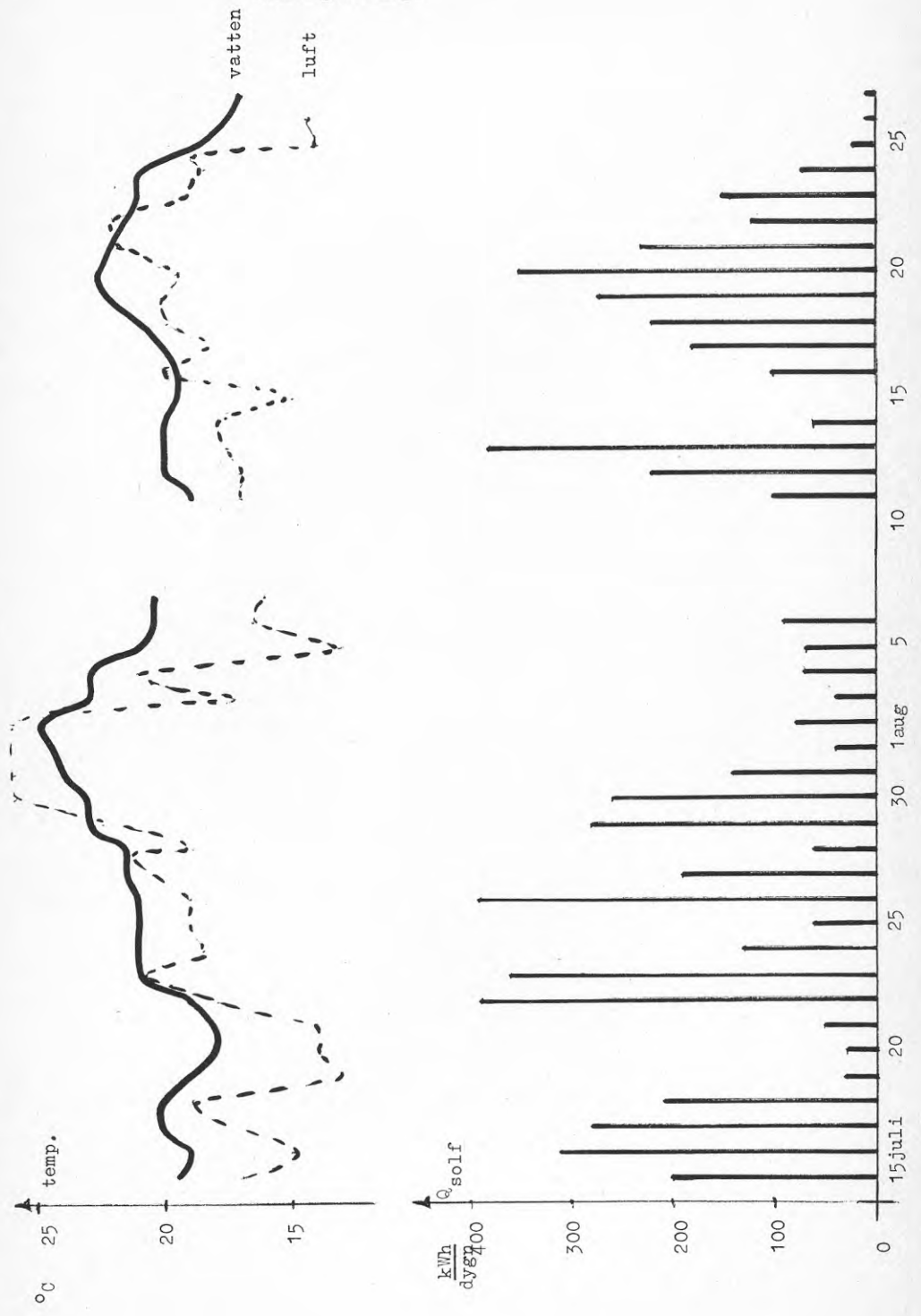
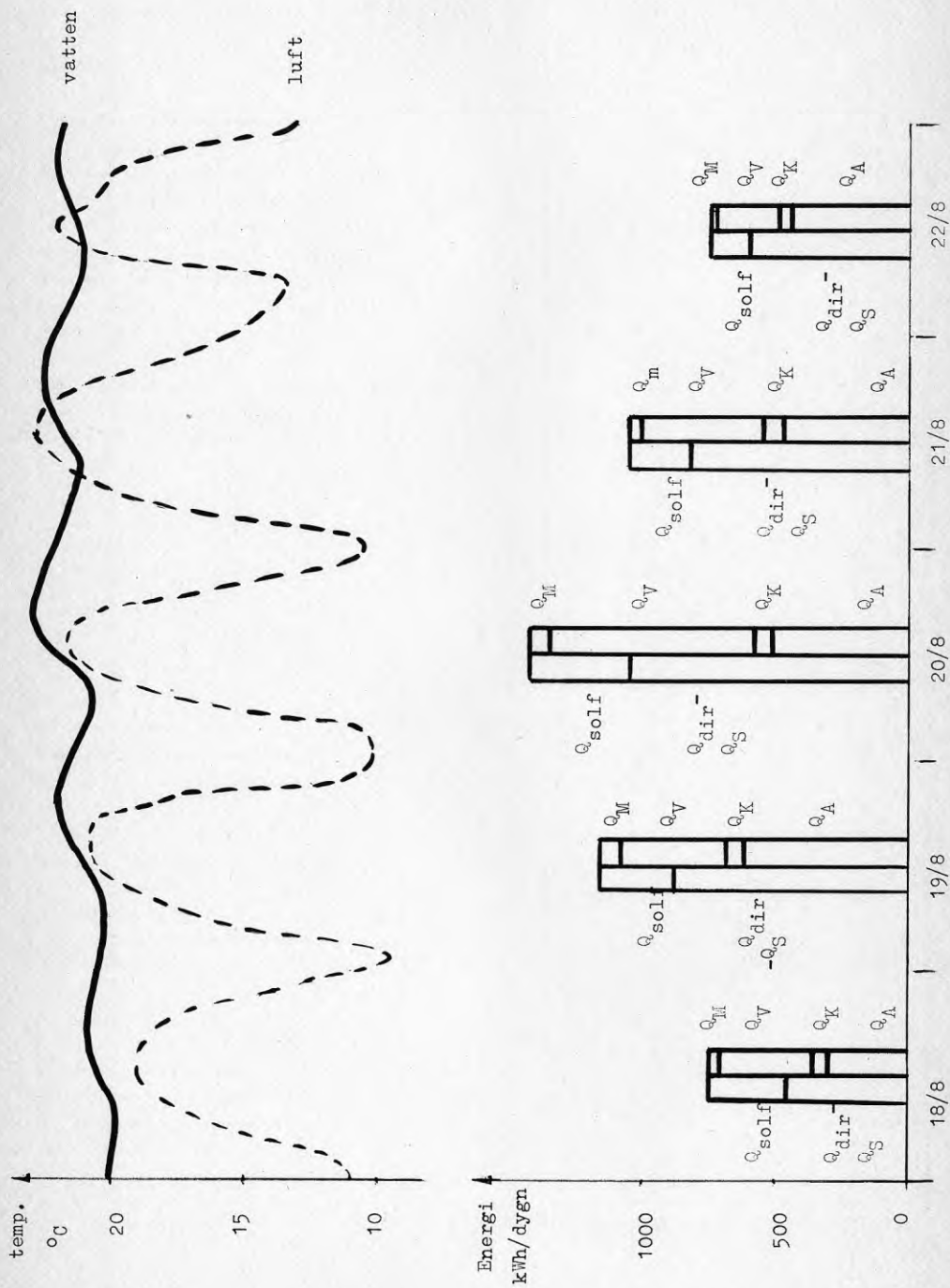
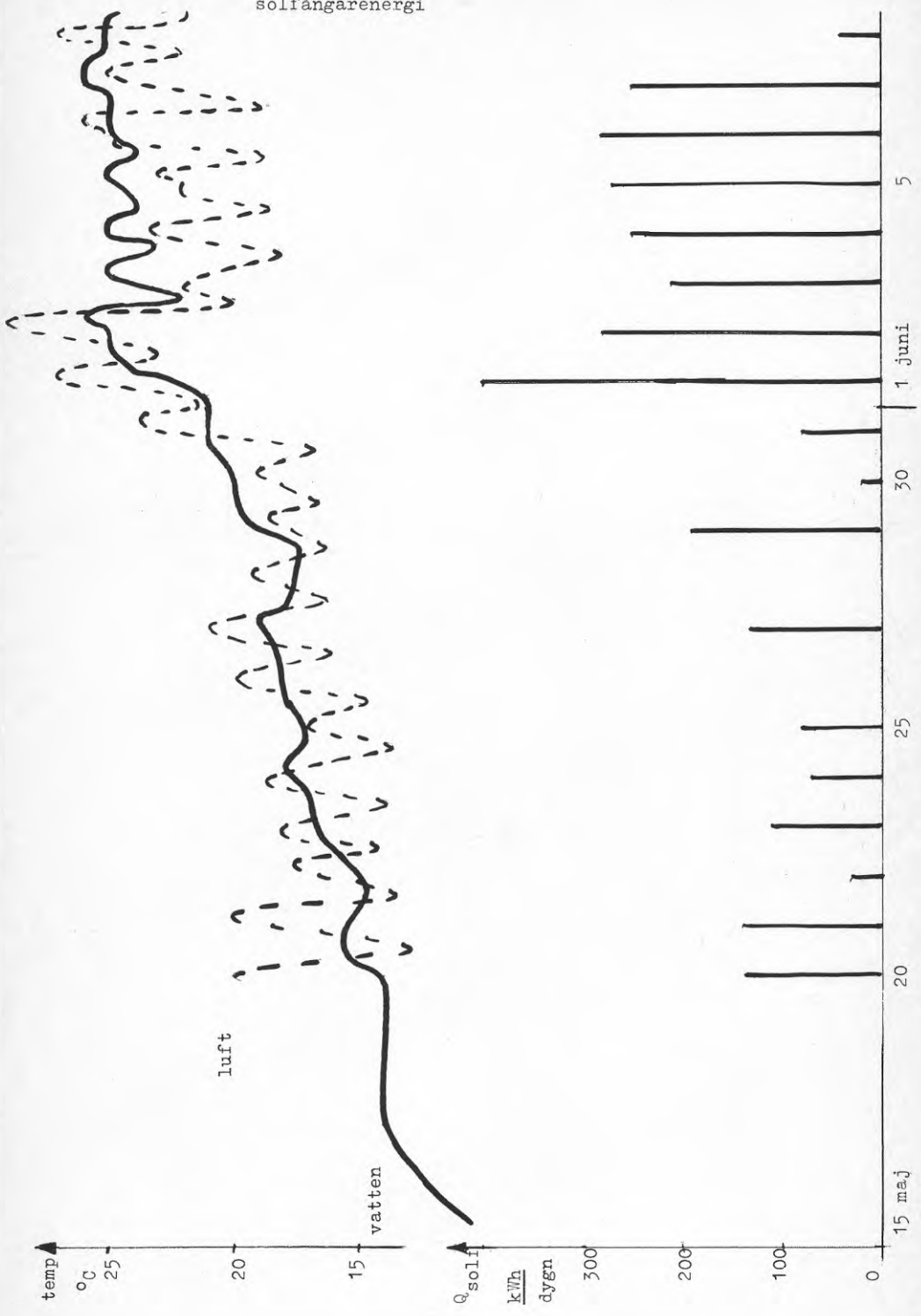


Diagram 4

Mätningar 18 - 22 aug. 1978 på
temperaturer och energimängder

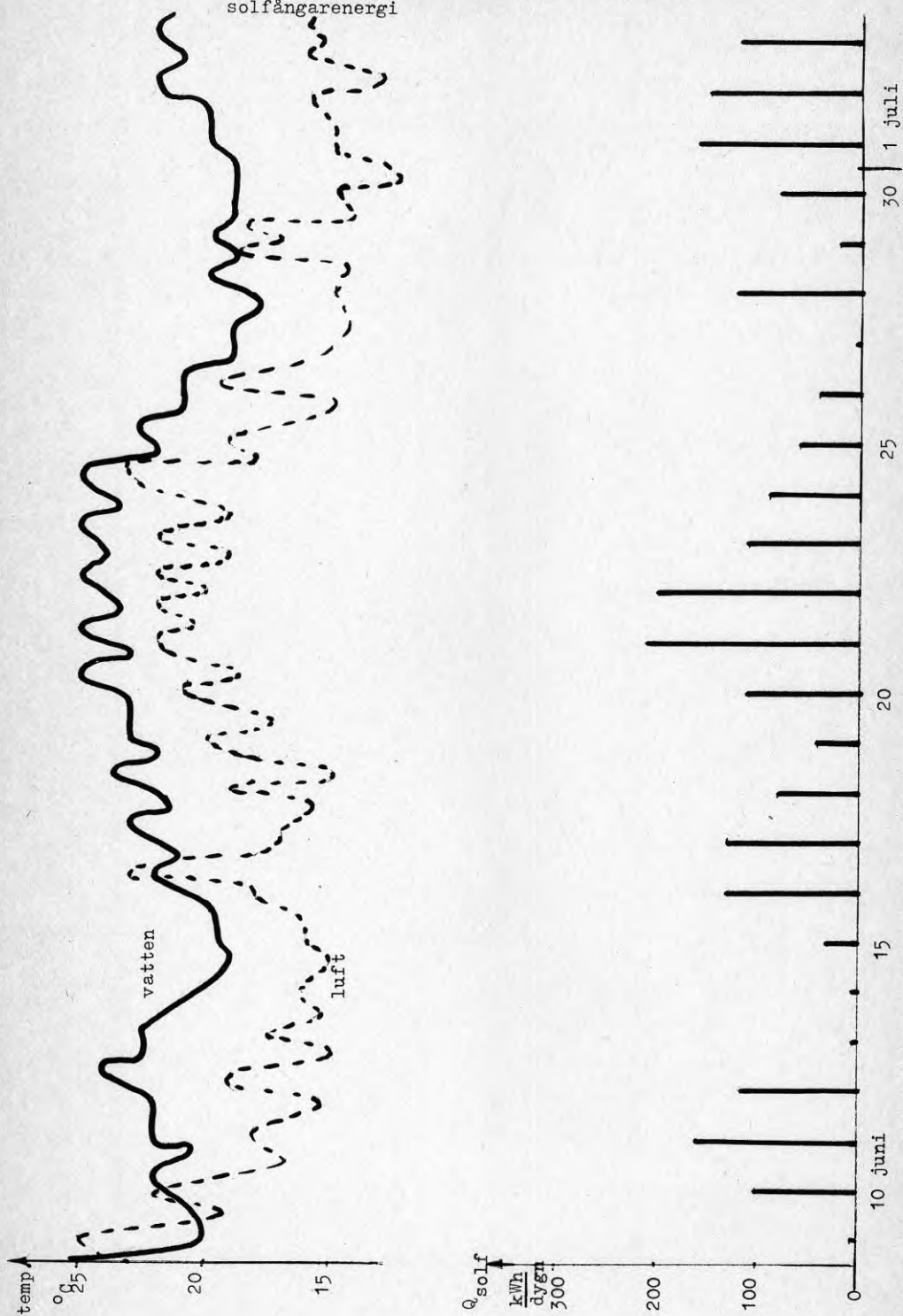


Mätningar 1979 på
lufttemperaturen
bassängvattentemperaturen
solfångarenergi

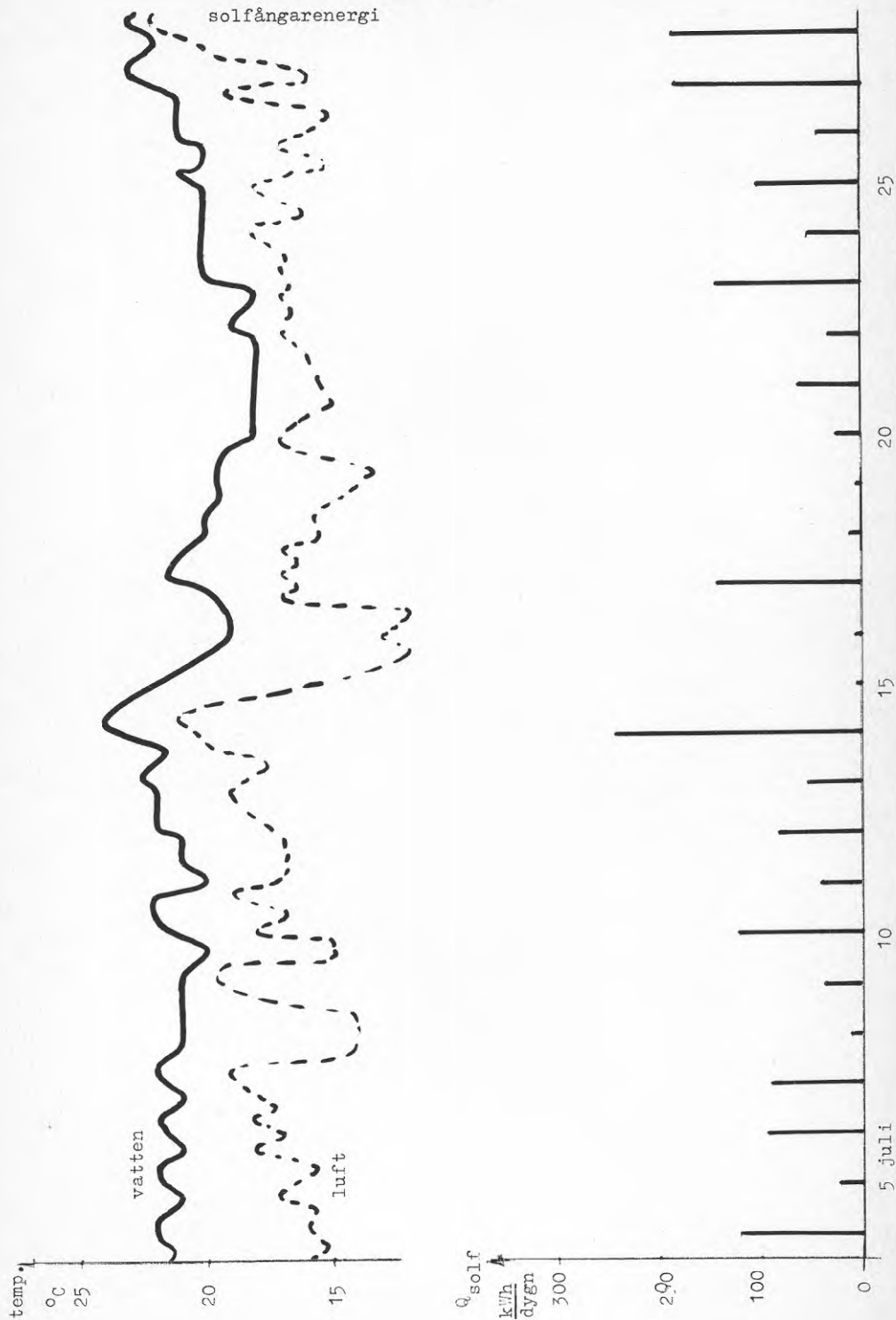


Mätningar 1979 på
lufttemperaturen
bassängvattentemperaturen
solfångarenergi

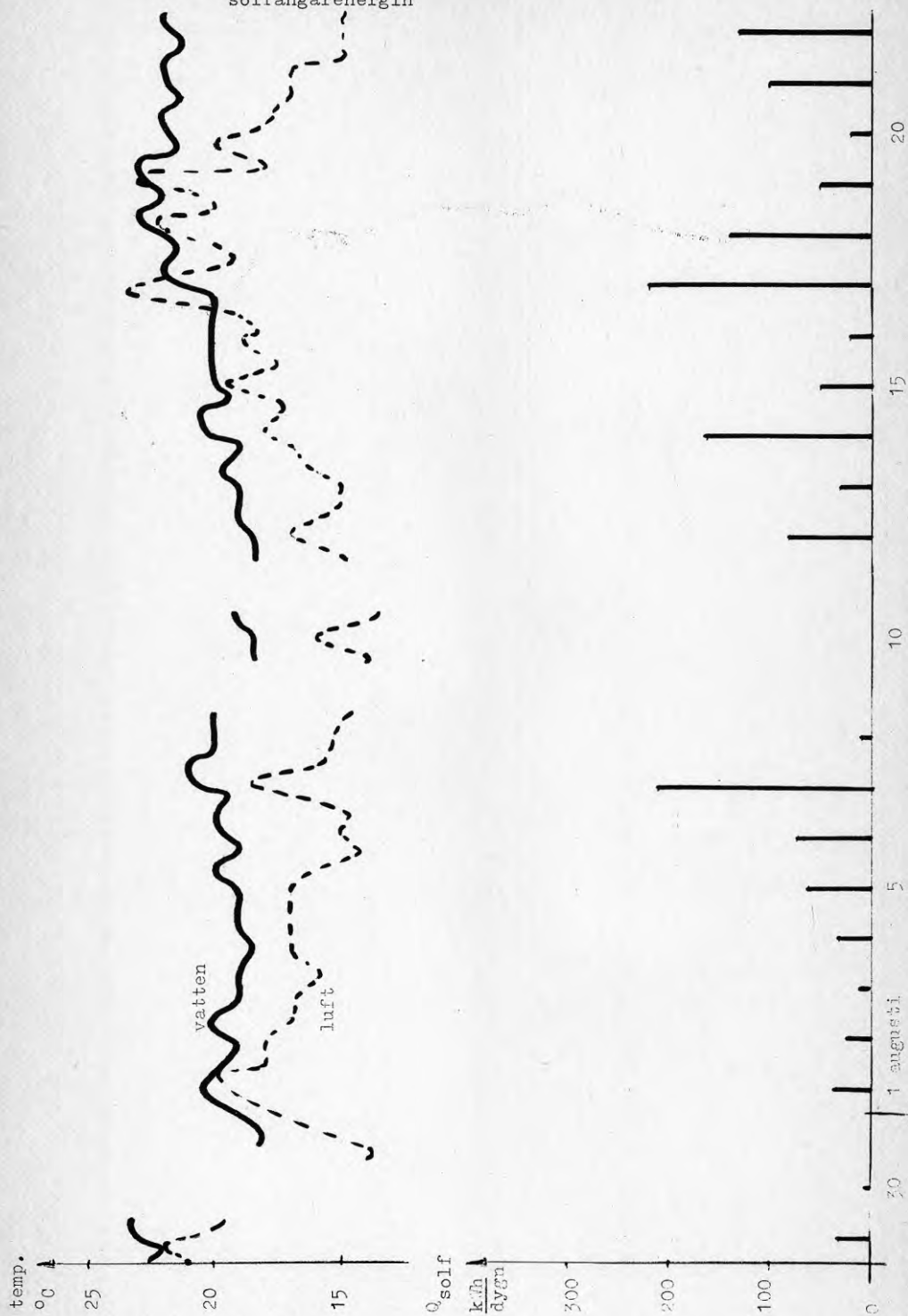
Diagram 6 43



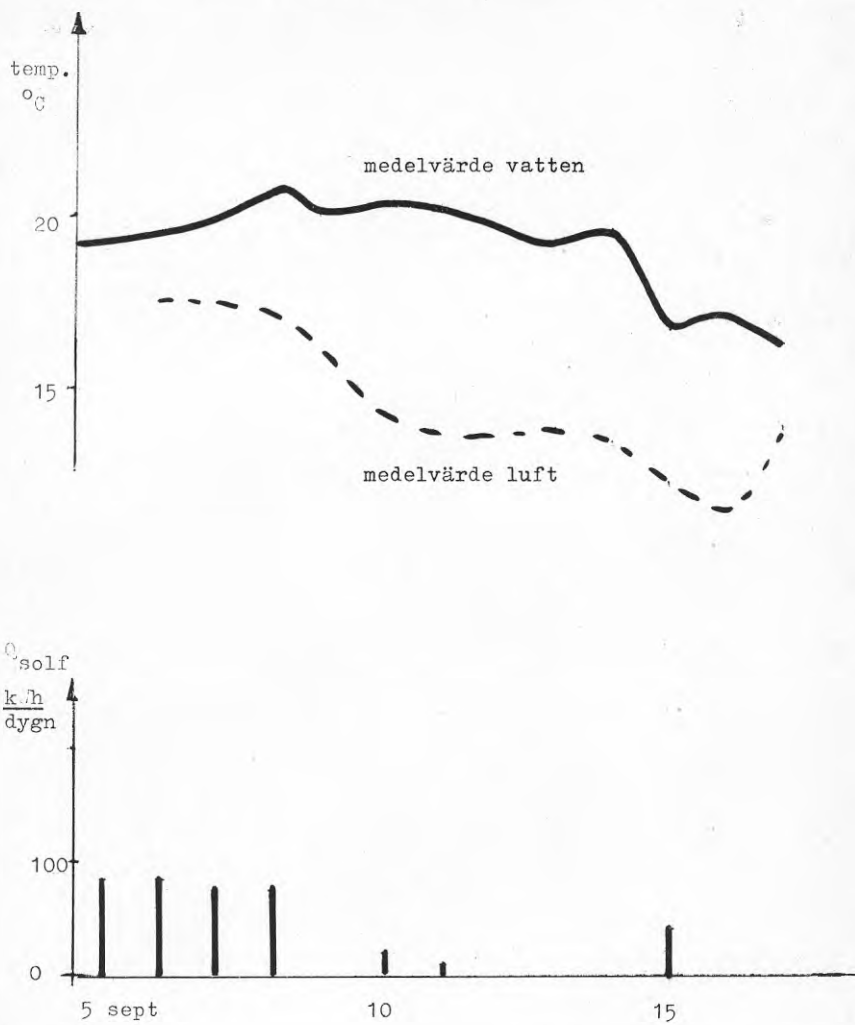
Mätningar 1979 på
 lufttemperaturen
 bassängvattentemperaturen
 solfångarenergi



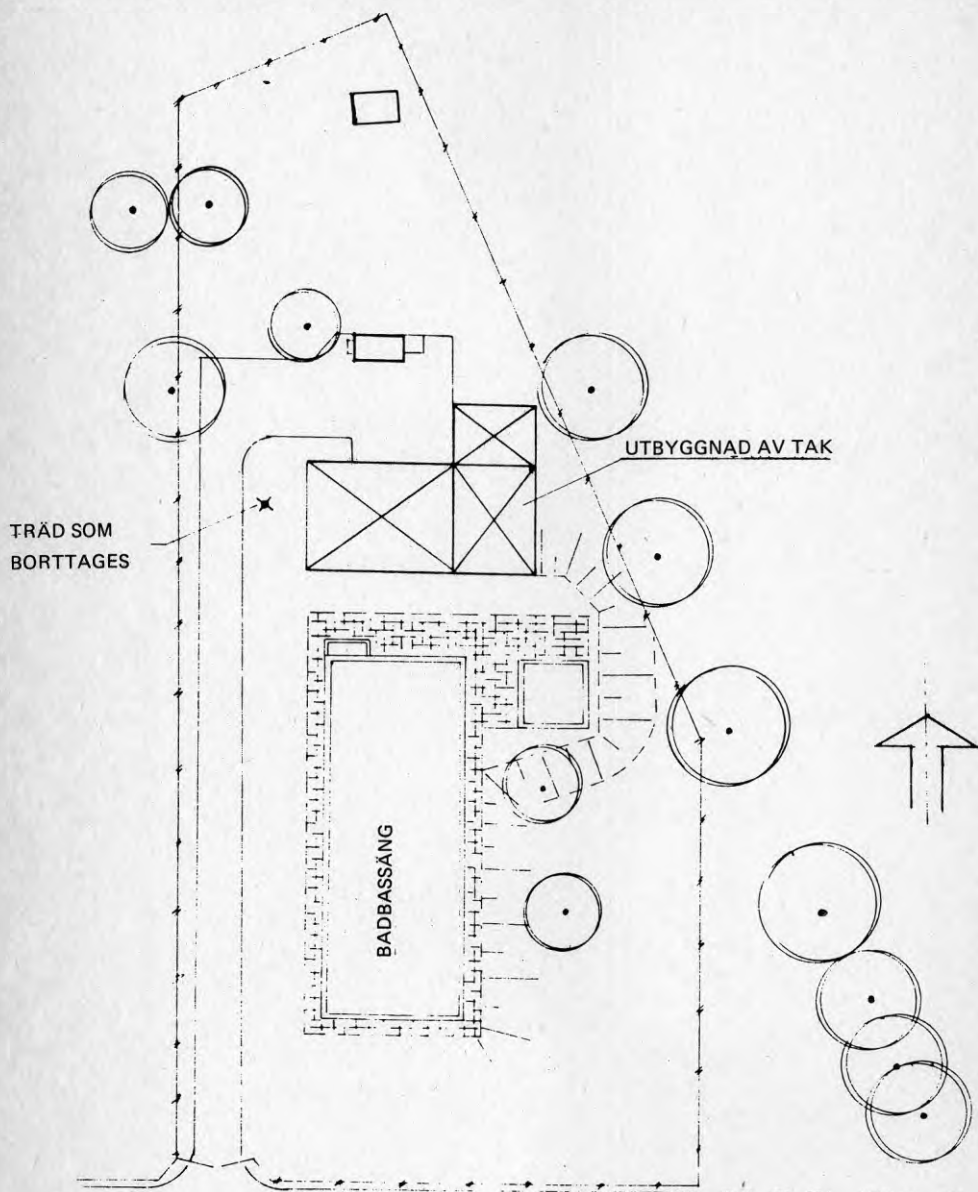
Mätningar 1979 på
 lufttemperaturen
 bassängvattentemperaturen
 solfångarenergin



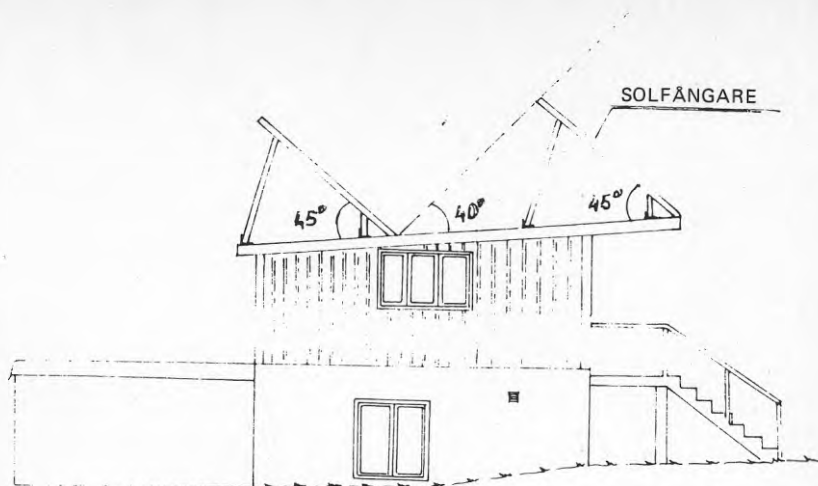
Mätning i september 1979
med täckningen på.



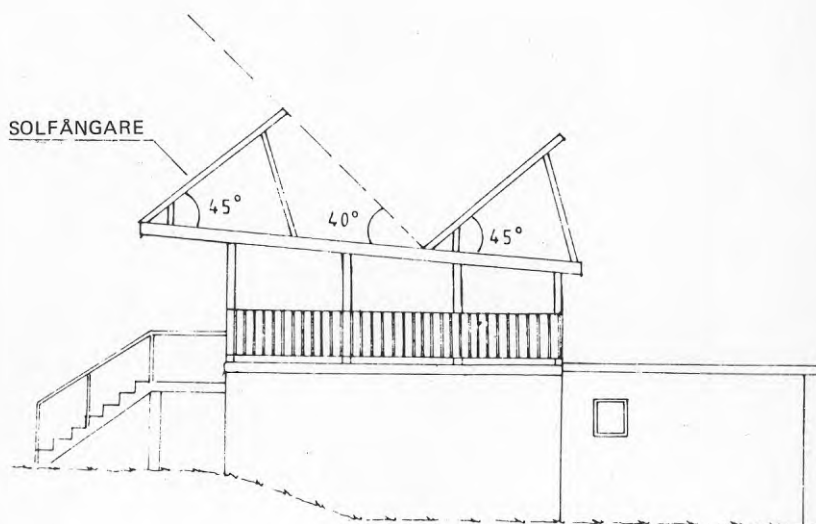
RITNINGSBILAGOR



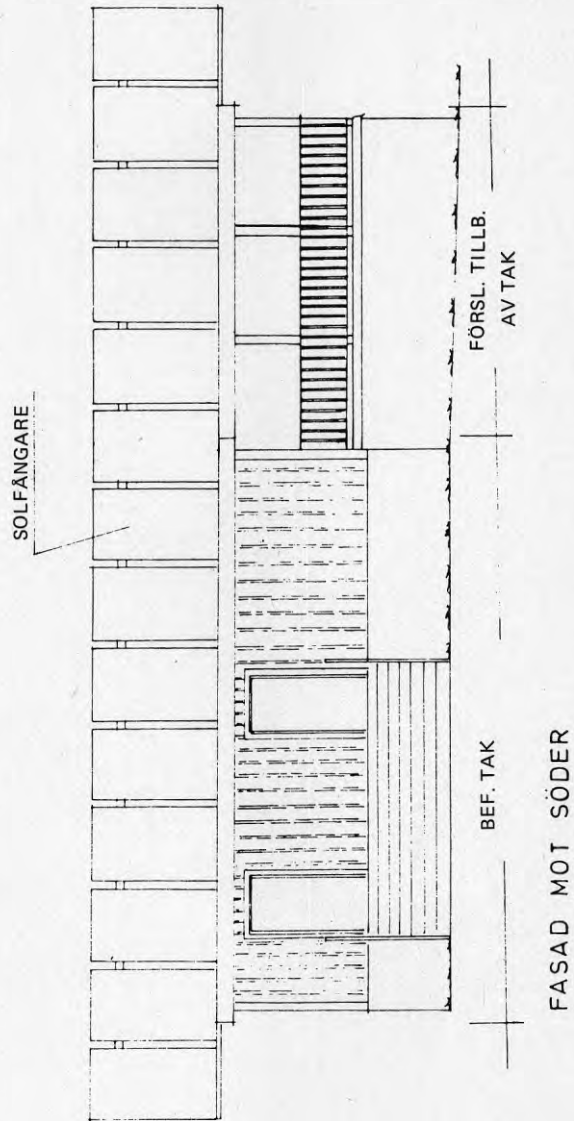
SLAKABADET
Situationsplan

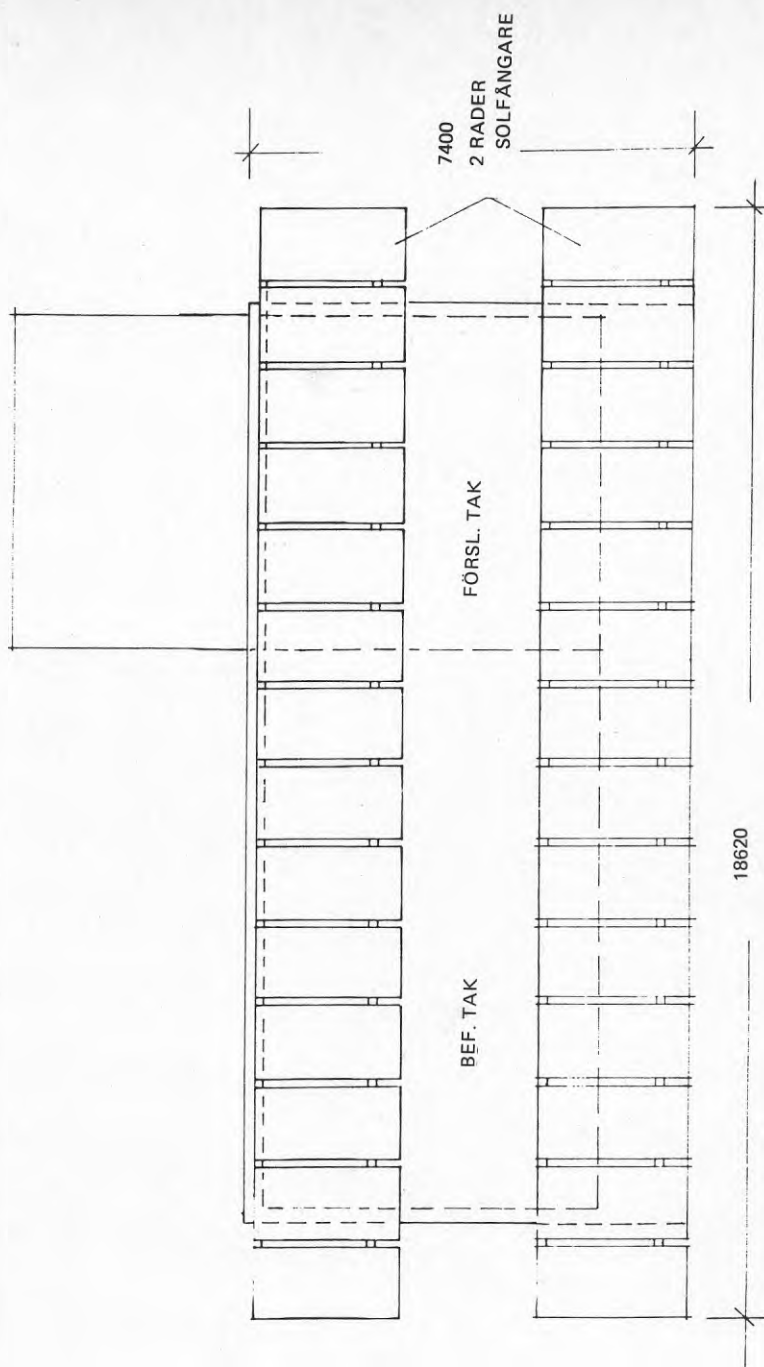


GAVEL MOT VÄSTER

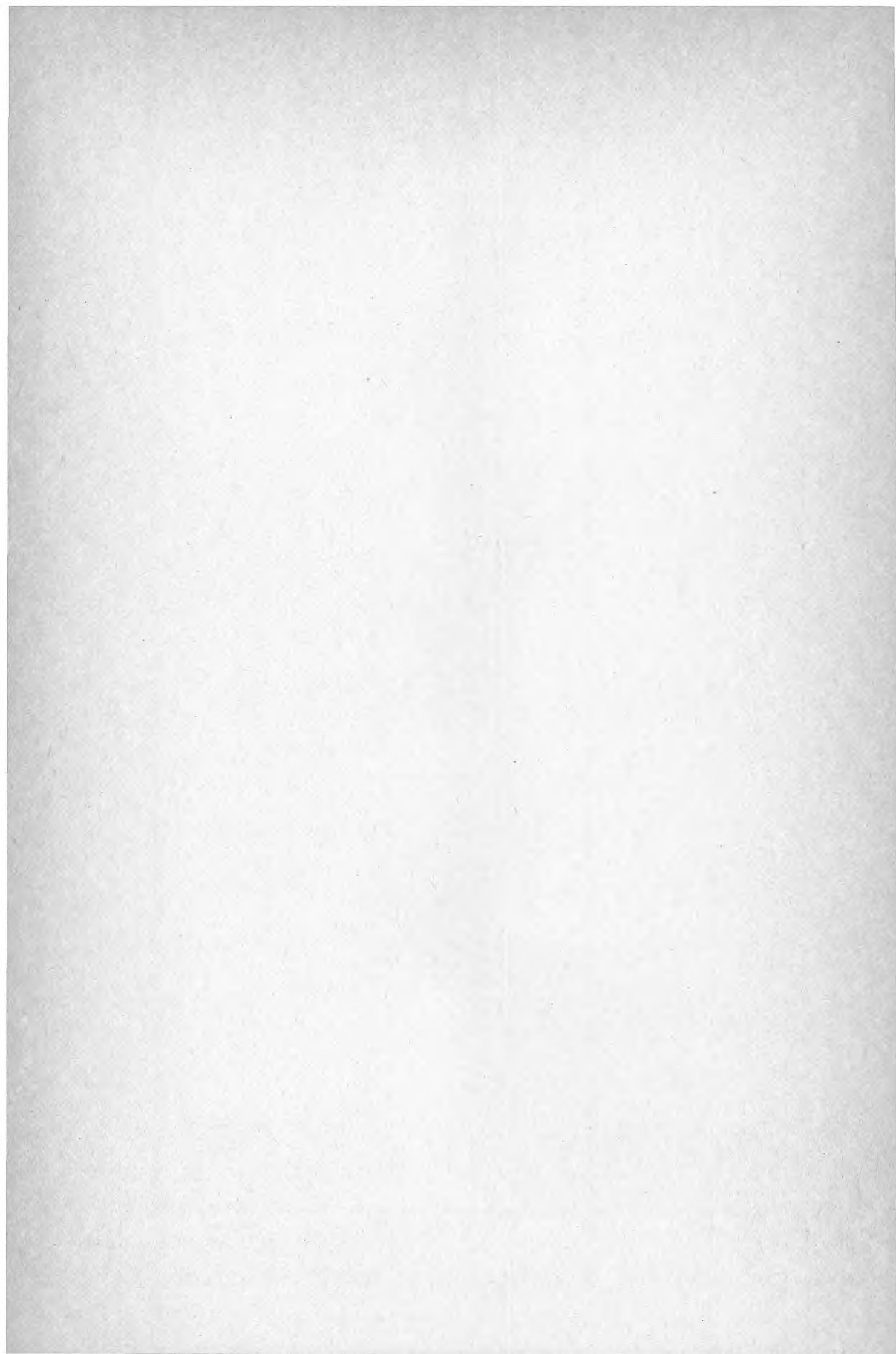


GAVEL MOT ÖSTER





SLAKABADET
Plan av tak





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790082-5 från Statens råd för byggnadsforskning
till Leif Ekström, Lingham.**

R54: 1980

ISBN 91-540-3244-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700154

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 20 kr exkl moms