



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

R71:1979

Skövdebadet — sol- energiuppvärmning?

Thore Abrahamsson

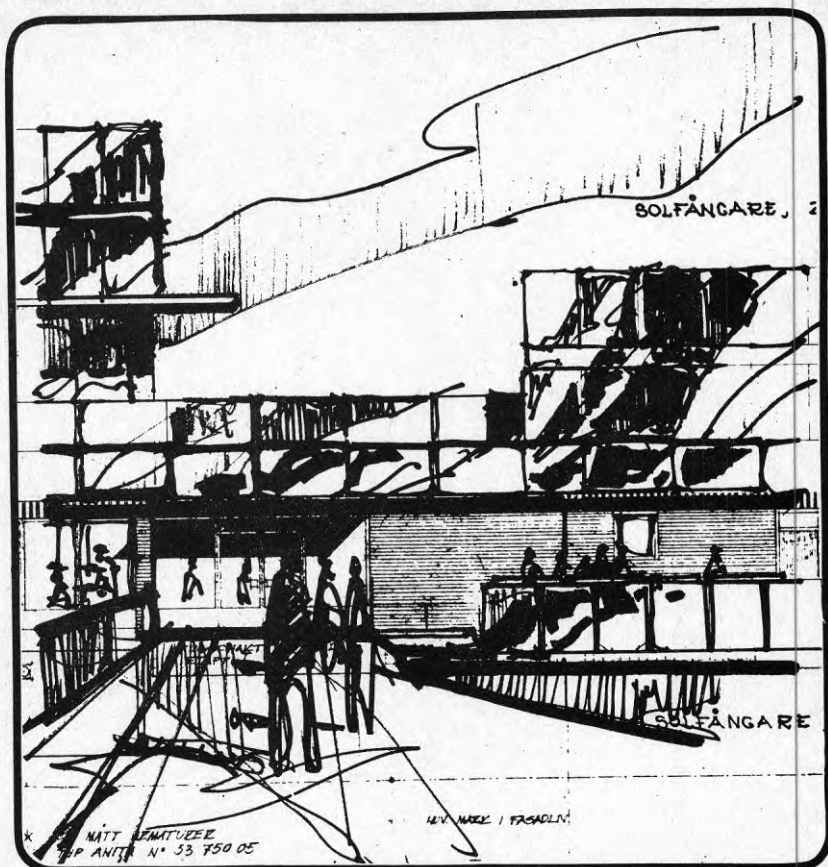
Sten Jonson

Fredrik Norin

Byggforskningen

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTORINEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BYGGVETEKET

R71:1979



SKÖVDEBADET – SOLENERGIUPPVÄRMNING?

Alternativstudie avseende uppvärmning genom värme-
pump, solfångare och värmelager i utebassäng.

Thore Abrahamsson
Sten Jonson
Fredrik Norin

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780499-7 från Statens råd för
byggnadsforskning till Skövde kommun, Energispargruppen.

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

R71:1979

ISBN 91-540-3035-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 964602

INNEHÅLL

0	SAMMANFATTNING	7
1	INLEDNING	9
1.1	Syfte	9
1.2	Förutsättningar	9
2	BETECKNINGAR	11
3	TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	13
3.1	Objektet	13
3.2	Teknisk data	16
3.3	Energiförbrukning	17
4	BESPARINGSÅTGÄRDER	19
4.1	Allmänna besparingsåtgärder	19
4.2	Utredningsmetod	21
4.3	Systemförslag	22
5	BERÄKNINGAR	25
5.1	Beräkningstekniska samband	25
5.2	Resultat	29
6	UTFORMNING AV ANLÄGGNINGEN	33
6.1	Allmänt	33
6.2	Solfångarplacering	33
6.3	Värmepumpcentral	38
6.4	Fast täckning	40
6.5	Rörlig täckning	40
7	INVESTERINGS- OCH DRIFTSKOSTNADER	45
7.1	Investeringar	45
7.2	Årskostnader	47
8	SLUTSATSER	50
9	MÄTPROGRAM	51
9.1	Mätinsatser för olika alternativ	51
9.2	Ambitionsnivåer	53

10	REFERENSER	55
	BILAGA 1. Tabeller	58
	BILAGA 2. Principschema	64

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1	Energiförbrukning (MWh) för bassänger, varmvattenberedning samt viss ventilationsluft.
Tabell 2	Värmepumpens värmefaktor Q vid en utgående varmvattentemperatur av +45°C.
Tabell 3	Utetemperaturer
Tabell 4	Årlig energiförbrukning
Tabell 5	Årskostnader
Tabell 6	Årskostnader år 1985 resp. 1990 i kkr/år vid olika energiprisökningar
Tabell 7	Specifikt energipris för energibesparing (kr/MWh)
Tabell 8	Kostnadsjämförelse mellan registrering av mätdata på räkneverk resp. mätcentral.

BILDFÖRTECKNING

Bild 1	Situationsplan
Bild 2	Entréplan
Bild 3	Energiflöden
Bild 4	Diagram över energiförbrukning och besparing för undersökta alternativ
Bild 5	Fasader och sektioner
Bild 6	Infästning av solfångare mot befintlig mur
Bild 7	Infästning av solfångare mot tak
Bild 8	Infästning av solfångare över sporthall
Bild 9	Värmepumpcentral
Bild 10	Planstudie över kulvertsträckningar och läge för värmepumpcentral
Bild 11	Förslag till fast övertäckning av utebassänger
Bild 12	Förslag till rörlig täckning av utebassänger

BILAGAFÖRTECKNING

Bilaga 1	Tabeller A-F över energibalansberäkningar
Bilaga 2	Principschema

FÖRORD

Med anslag från Statens råd för byggnadsforskning (BFR) har Skövde kommun genom Energispargruppen genomfört denna förstudie avseende energiförsörjning för en befintlig badanläggning (SKÖVDEBADET). Syftet har varit att redovisa tekniska och ekonomiska konsekvenser av alternativa förslag med solenergi som kompletteringsvärme genom energiuttag från sol, luft och vatten.

Studien ger beslutsunderlag för inriktningen av det fortsatta arbetet. En översiktlig teknisk-ekonomisk bedömning av olika alternativ utgör därför rapportens huvudinnehåll. En ansökan om att utföra anläggningen som ett experimentbyggnadsprojekt kommer att inlämnas. Därvid kommer ett av alternativen att rekommenderas.

Organisation

Energispargruppen utgöres av Eugen Vikström, Kuno Ekdahl, Lars Qvist och Olof Lohammer. Gruppen har konsultavtal med Solarec Lågenergiteknik AB som genom samarbete med RNK Installationskonsult AB och Contekton AB utrett Skövdebadets tekniska och ekonomiska förutsättningar för alternativ uppvärmning enligt ansökan. Projektledare har varit Thore Abrahamsson medan Sten Jonson har svarat för den arkitektoniska och byggnadstekniska utformningen samt samordning av arbetet. För planering av mättningsarbetet har Statens Provningsanstalt i Borås med Knut-Olov Lagerqvist som handläggare anlåtats.

0. SAMMANFATTNING

Föreliggande förstudie belyser de tekniska möjligheterna samt de ekonomiska konsekvenserna av att reducera förbrukningen av köpt energi för utebassänger samt att nyttja dessa som värmeackumulator för en solfångaranläggning i kombination med värmepump. Fyra huvudalternativ, varav två är uppdelade i vardera två underalternativ har därvid studerats. Aktuellt studieobjekt är Skövdebadet i Skövde.

Den enklaste åtgärden (alt. 1) som studerats är att förse utebassängerna med en rörlig täckning, som appliceras över bassängerna under nätter och icke badvänliga dagar. Till en investering av storleksordning 200.000 kronor beräknas besparingen bli ca 270 MWh/år.

Nästa alternativ av intresse är att komplettera den rörliga täckningen med en värmepump (alt. 3A). I detta fall skall täckningen även vara i funktion vintertid, varvid utebassängerna skall fungera som solfångare och värmelager.

Värmepumpen utrustas med dels en vattenkylare, dels en luftkylare. Den hämtar värme antingen från bassängerna eller från uteluften, beroende på vilken värmekälla som är fördelaktigast vid resp. tidpunkt och upptransformerar energi till användbar temperaturnivå. Den upptransformerade energin nyttjas för varmvattenberedning, underhållsvärme till inomhusbassänger samt för viss värmning av tilluft. Initialkostnaderna för denna installation har beräknats till 935.000:- kronor och den årliga energibesparingen till ca 1260 MWh.

För att öka effektiviteten har den beskrivna anläggningen kompletterats med solfångare (alt. 4B). Med en solfångaryta på ca 500 m² ökar initialkostnaden med drygt 800.000:- kronor medan energibesparingen beräkningsmässigt blir av samma storleksordning som tidigare.

De teoretiska beräkningarna är mer osäkra när det gäller solenergidelen än värmepumpdelen. Av den anledningen är sannolikt energibesparingen större i alternativ 4B än i alternativ 3A.

Trots en väsentlig energibesparing kommer de totala årskostnaderna att öka vid konstant prisläge. En anledning härtill är det faktum att priset för elenergi är mer än 100% högre än för oljeenergi. För alternativ 1 och 3a kan man påvisa lönsamhet några år senare om den årliga energiprisökningen är ungefär 5%-enheter högre för olja än för elenergi.



1. INLEDNING

1.1 Syfte

I den långsiktiga utvecklingen av teknik inom solenergiområdet med inriktning på ekonomisk lönsamhet för uppvärmningsändamål ingår anläggningar för simbassänguppvärmning som en väsentlig del. En anledning till detta är att utomhusanläggningar är i bruk under den solrika delen av året. Efter hand som komponentpriserna sjunker kommer soluppvärmning av simbassänger att bli ett alternativ som kan konkurrera med konventionell uppvärmning.

Skövde kommun har under en följd av år med intresse följt utvecklingen inom energiområdet. Närheten till Ranstad har naturligtvis bidragit till att även kommunens invånare har ett aktivt intresse i energifrågor.

Skövdebadet är genom sitt läge, sin utformning och sitt användningssätt väl lämpat för att utnyttja solenergi. Kommunen vill mot denna bakgrund utreda Skövdebadets tekniska och ekonomiska förutsättningar härför.

Huvudsyftet med denna förstudie är sålunda att redovisa alternativa lösningar på hur man kan tillvarata och tillgodogöra sig solenergin. Studien omfattar en teoretisk analys av energilagringssmöjligheter i utebassänger dels sommartid dels som värmekälla för värmepump vintertid. Resultatet redovisas i form av en sammanställning av energibehov och kostnader för de olika alternativen. Hur anläggningen tekniskt kan utformas redovisas liksom ett program för mätning och uppföljning.

1.2 Förutsättningar

Byggnadens orientering gör att solfångare enkelt kan placeras på söderfasaden. Fasadens utformning ger god plats för relativt stora solfångarytor. Den bärande stommen i betong, taket i lättbetong plus papp och fasadklädsel av plåt ger möjligheter till infästning

av solfångare. Byggnaden ligger fritt, med parkering och gräsytor i söder, vilket ger god solinstrålning på solfångare placerade på söderfasaden. Även lågt belägna ytor kan genom de stora fria ytorna framför byggnaden utnyttjas för solfångare. Inomhusbadet och sporthallen ligger i direkt anslutning till utebassängerna och förutsättningarna för användning av solvärme från solfångare på byggnaden är därför goda.



2. BETECKNINGAR

A_B	Bassängens yta (m^2)
A_T	Täckningens yta (m^2)
c_{pl}, c_{pv}	Värmekapacitivet för luft respektive vatten (kJ/kg, grd)
i_b, i_{ute}	Entalpitet för luften omedelbart ovan bassängytan resp. i uteluften (kJ/kg)
k_1, k_2	Korrektionsfaktorer (-)
m_v	Vattenmassa (kg)
Q_A	Konvektions- och avdunstningsförluster från vattenytan (MWh)
Q_{ack}	Akkumulering i utebassäng (MWh)
Q_{beh}	Innebassängens, varmvattnets och ventilationsluftens energibehov (MWh)
W_{cp}	Energibehov för solfångarnas cirkulationspump (MWh)
Q_{dir}	Strålningsenergi mot vattenyta eller bassängtäckning (MWh)
W_E	Värmepumpens elenergibehov (MWh)
Q_{vp}	Värmeleverans från värmepump (MWh)
Q_k	Konvektionsförluster från bassängtäckningen (MWh)
Q_{solf}	Energi från solfångare (MWh)
Q_{kulv}	Energiförluster i kulvert mellan värmepump och förbrukare (MWh)
Q_L	Energiförluster till mark- och grundvatten (MWh)
Q_M	Energi från badande (MWh)
Q_{olja}	Värmeleverans baserad på olja (MWh)
Q_{st}	Strålningsförluster från bassängtäckningen (MWh)
Q_{sv}	Strålningsförluster från vattenytan (MWh)
Q_v	Energi för uppvärmning av utebassängen (MWh)

$Q_2 l$	Energi från värmepumpens luftförångare (MWh)
$Q_2 v$	Energi från värmepumpens vattenförångare (MWh)
θ_b, T_b	Bassängvattentemperatur ($^{\circ}\text{C}$ resp. K)
$\theta_{\text{sky}}, T_{\text{sky}}$	Himmelstemperatur ($^{\circ}\text{C}$ resp. K)
θ_T, T_t	Täckningens temperatur ($^{\circ}\text{C}$ resp. K)
θ_{ute}	Uteluftens temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
α_T, α_V	Värmeövergångskoefficient täckning - luft respektive vattenyta - luft ($\text{W}/\text{m}^2, ^{\circ}\text{C}$)
ϵ_T, ϵ_V	Emissivitet för täckning respektive vattenyta
τ	Tid (h)
σ_{SB}	Stefan-Bolzmanns konstant ($=5,67 \cdot 10^{-3} \text{ W}/\text{m}^2, \text{K}$)
$\Delta\theta_v$	Temperaturhöjning hos vattnet ($^{\circ}\text{C}$)

I övrigt använda beteckningar har definierats i texten.

3. TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

3.1 Objektet

Skövdebadet är ett av Skövde kommuns offentliga badanläggningar. Badet som togs i drift i slutet av 1960-talet har ett centralt läge nära stadskärnan. Badhuset är kombinerat med sporthall och anläggningar för utomhussport. Se bild 1 situationsplan.

Utomhusbassängerna har en total yta på ca 1500 m² och är uppdelade på plaskbassäng 50 m², hoppbassäng ca 17 x 17 m, simbassäng ca 21 x 50 m och övningsbassäng ca 21 x 10 m.

Badhuset innehåller en större simbassäng ca 15 x 25 m, en mindre övningsbassäng ca 10 x 15 m och en plaskbassäng. Se bild 2 entréplan.

Utebadet öppnas en vecka före pingst och stängs i mitten av augusti, vilket innebär att det används 3 månader per år. Normala öppettider är 08⁰⁰ - 22⁰⁰ året runt för innebadet.

Sport- och simhallsbyggnaden är orienterad med en långfasad, entréfasaden, vänd rakt mot söder.

Omklädningsutrymmen, tvagningsutrymmen och basturum är dimensionerade för att täcka både sportanläggningarna och badets behov. Entréhallen är utformad med hänsyn till detta och rymmer utöver entréer till omklädning, bastu och bad också utrymmen för åskådare till eventuella sportevenemang. Kring inomhusbassängen och sporthallens spelyta finns gradänger med plats för ett stort antal åskådare.

Även de utvändiga hopp- och simbassängerna är på en sida försedda med åskådargradänger. Utomhusbassängerna har utrustats med en separat åskådarentré vilken används endast för tävlingspublik. Kring utebassängerna och bakom åskådargradängerna finns gräsytor avsedda för solbad.

Byggnaden är uppförd med betongstomme och tak av lättbetong samt fasader i betong, tegel och plåt.

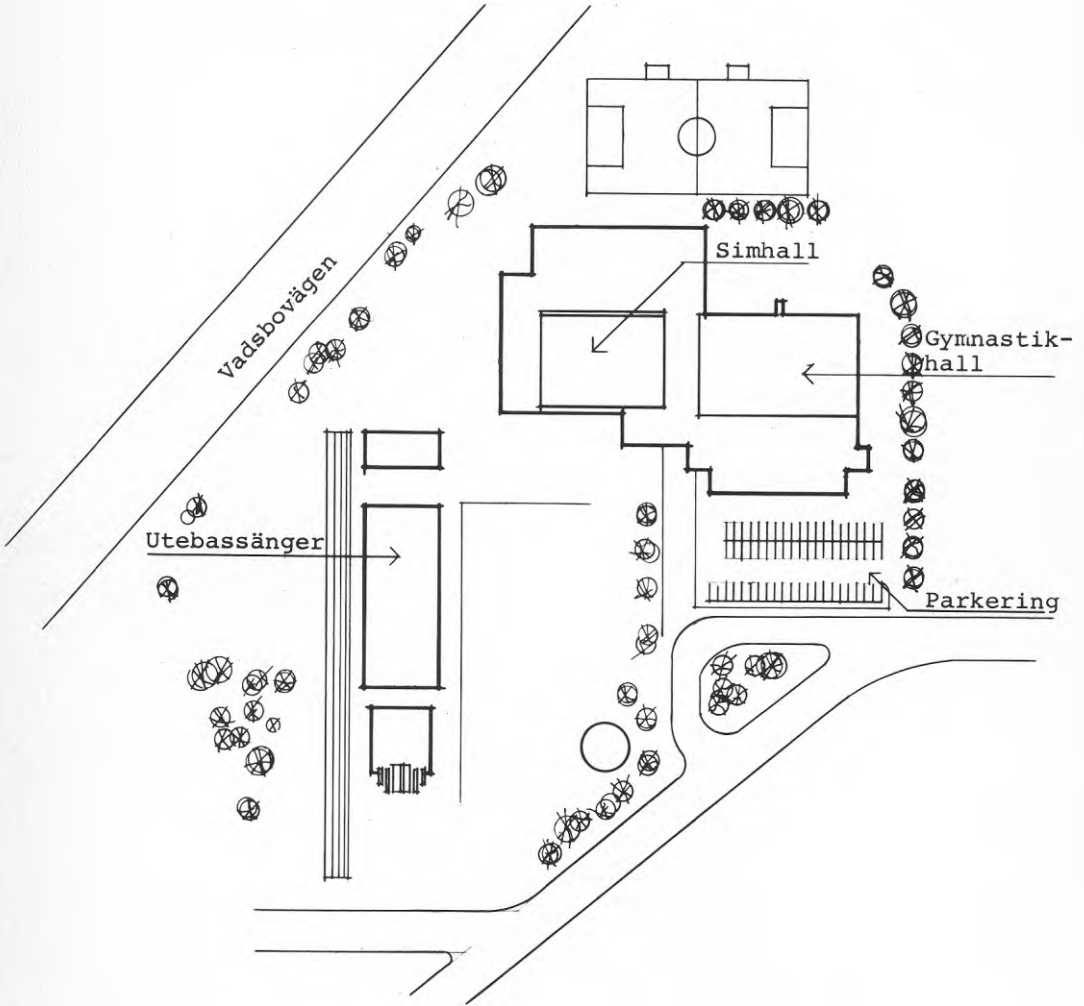


Bild 1 Situationsplan

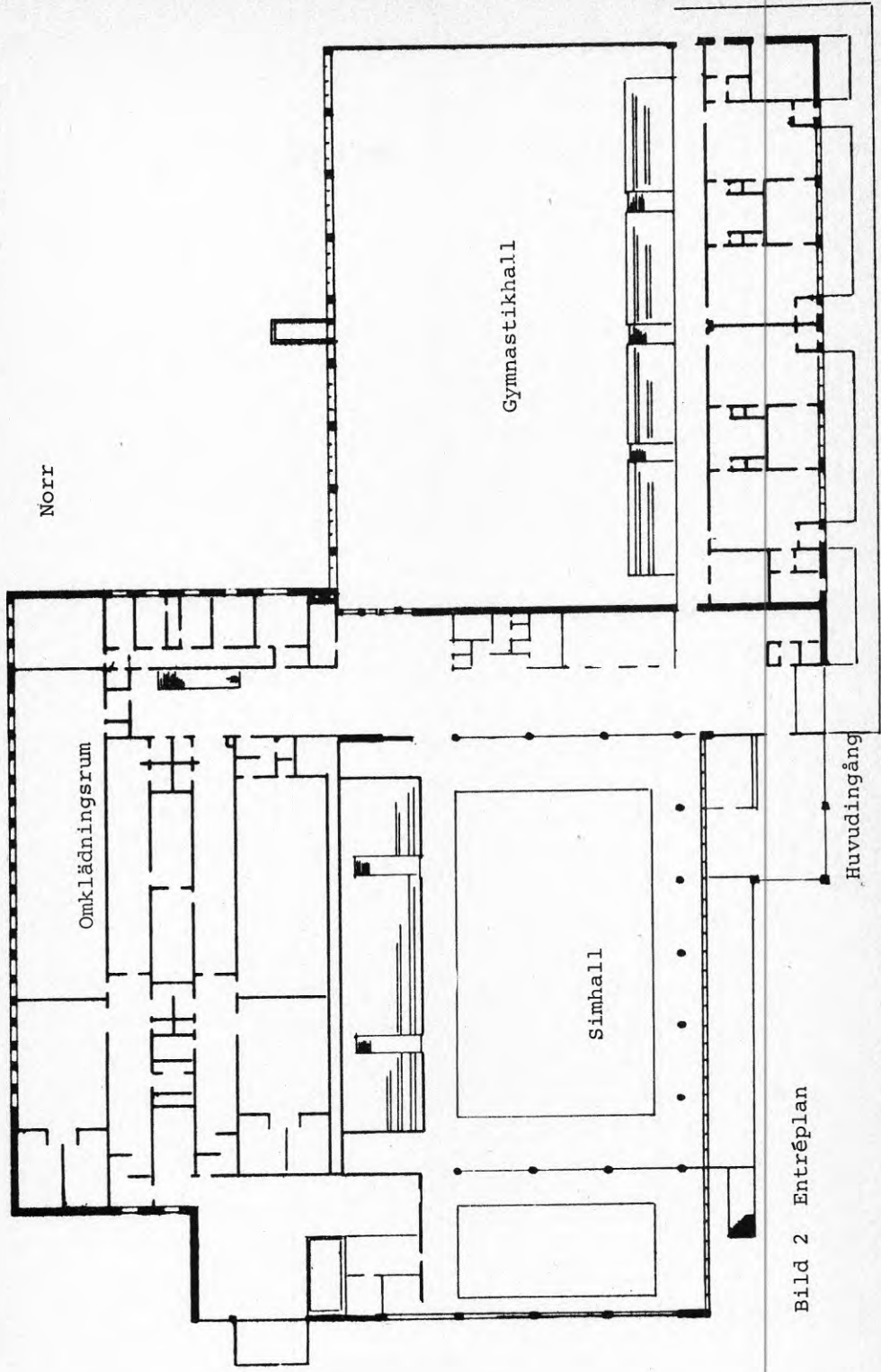


Bild 2 Entréplan

3.2 Tekniska data

Byggnadsvolymen är totalt 37.000 m^3 varav baddelen 26.000 m^3 och sporthallen 11.000 m^3 . Utebassängernas vattenvolym är ca 4.000 m^3 och innebassängernas 1.100 m^3 .

Vattentemperaturen är normalt i innebassängerna $+ 23^\circ\text{C}$ och temperaturen inomhus i baddelen $+ 26^\circ\text{C}$. I utebassängerna önskas en temperatur av 23 å 28°C .

Lokaluppvärmning sker dels via radiatorer och dels via ventilationsluften. Befintlig panncentral består av tre pannor om vardera 800 kW , vilka under 1978 utrustats med nya brännare. Pannorna är 10 år gamla. Ett studium av den årliga energiförbrukningen under de senaste fem åren och korrigering för temperaturavvikelser från det normala visar att den årliga oljeförbrukningen är ungefär 470 m^3 per normalår. Detta motsvarar en energiförbrukning av ca 4.000 MWh/år .

Ventilationsanläggningen består av 12 tilluftsaggregat om sammanlagt $19 \text{ m}^3/\text{s}$ ($68.300 \text{ m}^3/\text{h}$). Dessutom finns ett aggregat för forcerad ventilation i innebadet, med en kapacitet av $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ($12.000 \text{ m}^3/\text{h}$). Fem av normalventilationens aggregat med en sammanlagd kapacitet av $13,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ($48.300 \text{ m}^3/\text{h}$), är försedda med anordningar för rekuperativ värmeåtervinning. Verkningsgraden är ungefär 45%.

Tillufttemperaturen styrs för de flesta aggregaten med givare i frånluften från de rum aggregaten betjänar. Aggregatet för forcerad ventilation samt två av de övriga aggregaten med ett sammanlagt luftflöde av $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$ är utrustade för kylning av luften till min. $+17^\circ\text{C}$. Styrning av den forcerade ventilationen sker med hjälp av fuktgivare så att fläkten startar om relativa fuktigheten överskrider 75% i simhallen. En del luft tas som återluft.

I anslutning till badet finns en brandstation. Vidare har kommunen sina förråd i omedelbar närhet. Dessa anläggningar får sin värme från en panncentral, vars pannor inom en snar framtid måste bytas ut. Eftersom avståndet mellan badets panncentral och dessa anläggningar är i storleksordningen 100 m kan det noteras att en eventuell överkapacitet i badanläggningen relativt lätt skulle kunna utnyttjas.

3.3 Energiförbrukning

Nuvarande energiförbrukning har beräknats med ledning av uppgifter om den årliga oljeförbrukningen under åren 1971-1977. En verkningsgrad av 80% på pannorna har antagits. Energiförbrukningen har korrigerats så att följande månadsvisa energiförbrukningar för uppvärmning gäller ett normalår för de värmeförbrukare som avses komma att inkopplas på ett eventuellt värmepumpsystem. Förutom utebassänger ingår värmeförsörjning till innebassänger, förbrukningsvarmvatten samt viss del av ventilationsluften.

Tabell 1 Energiförbrukning (MWh) för bassänger, varmvattenberedning samt viss ventilationsluft.

Månad	Utomhus- bassänger	Ventilations- luft, förbruk- ningsvatten och innebassänger	Totalt
Januari	0	229	229
Februari	0	230	230
Mars	0	212	212
April	0	168	168
Maj	41	127	168
Juni	95	95	190
Juli	59	79	138
Augusti	134	89	223
September	0	121	121
Oktober	0	156	156
November	0	187	187
December	0	207	207
Året	329	1 900 ¹⁾	2 229

1) Motsvarar W-behov i beräkningarna

4. BESPARINGSÅTGÄRDER

4.1 Allmänna besparingsåtgärder

Det föreligger ett flertal möjligheter att reducera energiförbrukningen vid anläggningar av denna typ.

Vanligtvis är fönsterytorna relativt stora, vilket även gäller för denna anläggning. Genom igensättning av vissa fönsterpartier eller utbyte till tre-glasfönster kan en icke oväsentlig energibesparing uppnås. Vidare är det teoretiskt möjligt men praktiskt svårigenomförbart med en ökning av värmeåtervinningen ur frånluften.

Grundventilationen i simhallen uppgår till ca $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ($18.300 \text{ m}^3/\text{h}$). Med hjälp av aggregatet för forcerad ventilation kan luftväxlingen ökas till $8,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ($30.000 \text{ m}^3/\text{h}$). Den stora luftväxlingen erfordras för att bortföra det vatten som huvudsakligen tillförs genom avdunstning från bassängerna och hålla relativa fuktigheten i lokalen på en rimlig nivå. Genom installation av en avfuktningssystem skulle luftväxlingen under dagtid kunna reduceras väsentligt. Nattetid skulle den sannolikt kunna stängas av helt. Detta tillsammans med det faktum att avdunstningsenergin från bassängerna skulle kunna återvinnas skulle medföra en väsentlig energibesparing. Initialkostnaden för exempelvis en kylavfuktare uppskattas till ungefär 80.000:- kronor. Oljebesparingen bedöms bli ca 300 MWh/år på bekostnad av en elektrisk drivenergi av ca 100 MWh/år. Inkl. återvunnet vatten bör detta ge en årlig driftkostnadsreduktion av storleksordningen 10.000:- kr.

Utebassängen och förbrukningsvarmvatten är stora energislukare. Genom täckning av utebassängerna nattetid och under icke badvänliga dagar skulle avdunstningen och därmed värmeförlusterna reduceras betydligt. Kan man därjämte nyttja bassängerna för ackumulering av solenergi och som värmekälla för en värmepump skulle

den totala besparingen kunna bli mycket väsentlig. Värmepumpen skulle då utnyttjas för beredning av förbrukningsvarmvatten, värmning av innebassänger samt för värmning av viss ventilationsluft.

Föreliggande projekt koncentreras helt till åtgärderna avseende utebassängerna samt möjligheten att i kombination med solfångare och/eller värmepump effektivt tillvarata solenergi. Övriga åtgärder kan vidtas oberoende av detta, men ur mättnings- och utvärderingssynpunkt bedöms det som olämpligt att göra dem samtidigt.

4.2 Utredningsmetod

Ett solenergisystem bör utformas med ledning av en analys av de olika ingående komponenternas funktion och kostnad.

Solenergisystem för badanläggningar nyttjar ny och oprövad teknik, vilket innebär att erfarenheter saknas. Denna förstudie syftar till att beräkningsmässigt finna intressanta system med olika komponenter i samspel. Följande delsystem ingår i beräkningsanalysen:

- . Rörlig bassängövertäckning

Syftet är att förhindra avdunstning och värmeutstrålning nattetid och under icke badtid.

- . Fast övertäckning

Syftet är att under icke badsäsong (sept. - maj) isolera utebassängerna mot värmeläckage så att dessa kan nyttjas som värmelager.

- . Oisolerade plastsolfångare

Syftet är att med en låg investeringskostnad utnyttja sommarsolen för uppvärmning av utebassängerna.

- . Konventionella plana solfångare med glastäckning.

Syftet är att förutom sommartid även nyttja solinstrålning under övriga året.

- . Värmepump

Syftet med värmepumpen är att med uteluft och värmelager (utebassänger) som värmekälla transformera värme till användbar temperaturnivå.

. Isvärmepump

Syftet är att förutom den rena värmepumpfunktionen kyla vattnet i värmelagret till is genom att vattenförångaren utformas som en ismaskin. Isbildningsvärmets transformeras med värmepumpen till användbar temperaturnivå.

I en första beräkningsomgång framtogs energibesparingar, driftskostnader och kostnad för besparad energi för ett stort antal alternativa kombinationer av ovanstående delsystem. Därvid visade det sig att om energibesparingen skall bli någorlunda storleksordning krävs värmepump. Därför har förstudien i en andra beräkningsomgång koncentrerats till ett färre antal alternativ som mer ingående studerats. Dessa alternativ framgår nedan.

För samtliga alternativ har energi- och driftkostnadsförändringen samt investeringskostnad framräknats. Alternativens tekniska konsekvenser har studerats som underlag för kostnadsberäkningar och redovisning av anläggningens utformning.

4.3 Systemförslag

Fyra olika huvudalternativ avseende utebassängerna och deras kombination med solfångare, täckning och värmepump studeras. Den enklaste varianten avser enbart täckning av bassängerna. Principskiss över det mest omfattande alternativet redovisas i bilaga 2.

De olika alternativen kan i korthet beskrivas enligt följande:

Alternativ 1

Utebassängerna förses med en rörlig täckning.

Under sommaren används täckningen nattetid för att minska avdunstnings-, konvektions- och strålningsförlusterna. På- och avtäckning skall ske automatiskt efter tidur. Bassängerna täckes också under sådana regniga, blåsiga och kalla dagar, då de ej kommer till användning. Detta sker med manuell inkoppling.

Vintertid tas täckningen bort och monteras åter först i början av maj i samband med uppvärmning inför badsäsongstarten.

Alternativ 2

I stället för täckning monteras i anslutning till byggnaderna 500 m² oisolerade plastsolfångare. De kopplas direkt till utebassängerna. Som värmebärare används bassängvattnet direkt i solfångarna, vilket urtappas och dräneras efter badsäsongens slut. Solfångarna används alltså endast under badsäsongen.

Alternativ 3

Bassängerna förses med rörlig täckning enligt alternativ 1 och anläggningen kompletteras med en värmepump. Värmepumpen förses med två förångare, varav den ena är en vattenkylare och den andra en luftkylare. Värmepumpen skall ta värme antingen från bassängerna via vattenkylaren eller från uteluften via luftkylaren, beroende på vilken värmekälla som är mest gynnsam vid varje enskilt tillfälle.

Kondensorvärmets används för beredning av tappvarmvatten, som sekundärt överför värme via värmväxlare till innebassängerna och till värmebärarsystemet för några tilluftaggregat.

Sommartid täcks bassängerna på samma sätt som i alternativ 1. Under icke badsäsong är täckningen i detta fall också i funktion och bassängerna täcks nattetid liksom tidigare. Om bassängernas temperatur är lägre än eller lika med uteluftens våta temperatur eller om solsken föreligger med viss fortvarighet öppnas täckningen dagtid, i annat fall är den stängd även då.

Systemets utformning medför att värme kan lagras vid relativt låg temperatur under vintern, vilket ger små värmeförluster. Tack vare värmepumpen blir ändå energibidraget påtagligt. Värmepumpen arbetar med avsevärt bättre genomsnittlig verkningsgrad än t ex med förångare enbart i uteluften.

Värmepumpens vattenförångare kan antingen utformas som en renodlad vattenkylare (alternativ 3a) eller som ismaskin (alternativ 3b).

Styrning av anläggningen sker med hjälp av mikrodator.

Alternativ 4

Här har systemet enligt alternativ 3 a kompletterats med 500 m² solfångare som är isolerade och täckta med enkelglas. Värmepumpen utformas som renodlad vattenkylare och utnyttjas för värmeleverans till samma förbrukare som i föregående alternativ.

Bassängtäckningen kan antingen vara fast (alternativ 4a) eller rörlig (alternativ 4b). Den fasta täckningen har därvid förutsatts komma att anbringas i slutet av augusti och tas bort i slutet av maj.

5. BERÄKNINGAR

5.1 Beräkningstekniska samband

Energiflödena framgår av omstående bild 3 och de beräkningstekniska sambanden framgår nedan.

Energitillskott från solfångare ($Q_{\text{sol f}}$)

Solfångarnas förmåga att uppta värme är beroende av bland annat väderleksförhållanden, solfångarnas orientering, lutning och isolering samt värmebärarens temperatur. Underlag för dessa beräkningar har hämtats ur kompendier från inst. för byggnadsteknik KTH, Stockholm.

Solfångarna förutsättes vara orienterade mot söder med lutningen 70° mot horisontalplanet. Denna lutningsvinkel är optimal med hänsyn till energiutbytet under den kalla årstiden.

Tillgodogjord solenergi mot fria utebassänger (Q_{dir})

Energitillskottet från solen direkt till bassängerna beräknas analogt med solfångarna. Vattnets reflektans är mycket liten och den energi som transmitteras genom vattnet absorberas i bassängens botten och väggar. Detta innebär att i stort sett all solvärme som infaller mot bassängerna tillgodogörs.

Tillgodogjord solenergi mot täckta utebassänger (Q_{dir})

Täckningen förutsätts utformad så att reflektansen blir liten. Det har bedömts att 10% av instrålad energi kan tillgodogöras.

Akkumulering i utebassängerna (Q_{ack})

Den ackumulerade energimängden är beroende av mellan vilka nivåer man kan tillåta badets temperatur att variera. Under badsäsongen (sommaren) har det förutsatts att temperaturen skall ligga mellan 21 och 28°C , vilket ger en maximal energilagring av drygt 30 MWh. Under övrig tid begränsas ej temperaturen och lagringskapaciteten ökar till avsevärt över 100 MWh.

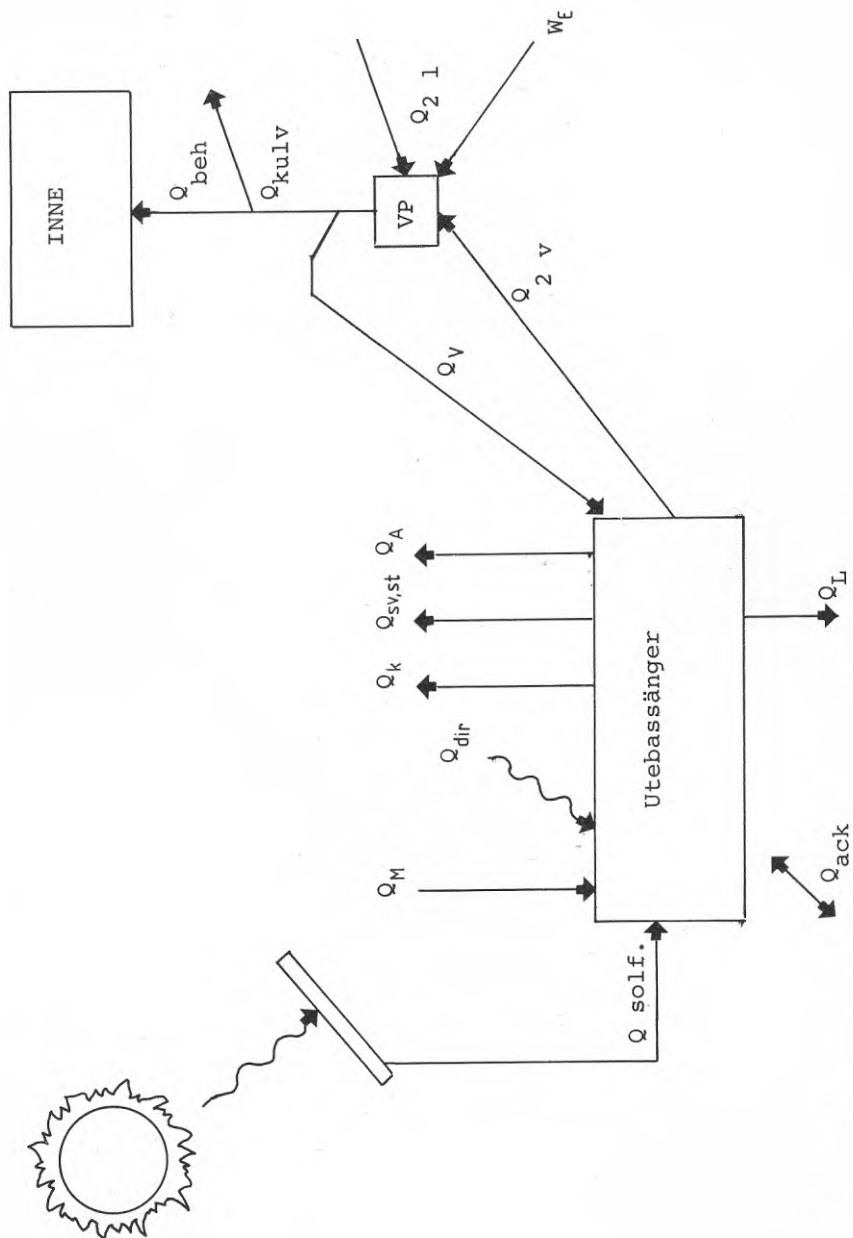


Bild 3 Energi.flöden

Värmeförluster från kulvert (Q_{kulv})

Värmeförlusterna från kulvertar har antagits till 12 W/m för isvärmepumpen som är placerad intill bassängen och cirka 100 meter från badhuset. Vattenvärmepumpen är placerad i badhuset och har försumbara kulvertförluster.

Värmepumpens energiförbrukning (W_E)

För överföring av energi från bassängen alternativt från luftförlängarna krävs tillförsel av elenergi.

Nedanstående samband kan användas:

$$W_E = \frac{Q_1}{\varnothing}$$

där Q_1 är värmepumpens avgivna värme
 \varnothing är värmepumpens värmefaktor enligt tabell 2 nedan exkl cirkulationspump, förlängarfläkt etc

Tabell 2 Värmepumpens värmefaktor \varnothing vid en utgående varmvattentemperatur av + 45°C

Utetemperatur °C		-20	-15	-10	-5	+0	+5	+10	+15	+20
Ackumulator- drift	Akkumulator- temperatur									
	+0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	+10	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
	≥ 20	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
Uteluftsdrift		-	-	-	2,6	2,8	3,1	3,5	4,0	4,6

Värmepumpens kondenseringstemperatur förutsättes vara + 50°C. Förlängningstemperaturen har antagits vara 6°C lägre än akkumulatortemperaturen respektive 8°C lägre än utetemperaturen.

Vid beräkningarna beaktas givetvis också energiförbrukningen för cirkulationspumpar, förlängarfläktar och avfrostning, vilka ej ingår i ovanstående tabell.

Utetemperaturer (θ_{ute})

Vid beräkningarna har följande genomsnittliga månadsmedelvärden för utetemperaturen ($^{\circ}\text{C}$) använts:

Tabell 3 Utetemperaturer

Månad	Kl. 8 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰		Kl. 0 - 24 ⁰⁰	
	torr	våt	torr	våt
Jan	-2,9	-4,0	-3,3	-4,0
Fabr.	-2,6	-3,5	-3,6	-4,5
Mars	0,9	-1,0	-1,1	-2,3
Apr.	7,0	4,5	4,7	3,0
Maj	12,9	9,0	10,2	8,0
Juni	16,9	13,0	14,3	12,0
Juli	19,0	15,0	16,5	14,0
Aug.	17,9	14,5	15,2	13,5
Sept.	13,1	10,5	11,0	9,8
Okt.	7,6	6,0	6,3	5,5
Nov.	2,8	2,5	2,3	2,0
Dec.	-0,2	-0,5	-0,5	-1,0

5.2 Resultat

Beräkningsresultaten presenteras detaljerat i tabellform i bilaga 1. Energiförbrukningen per månad för de olika alternativen redovisas i diagramform å omstående bild 4.

Den övre begränsningslinjen i diagrammen avser dagens energiförbrukning för de värmeförbrukare som påverkas.

Nedan kommenteras varje alternativ kortfattat.

Alternativ 0

Nuvarande anläggning har som tidigare redovisats en referensmässig energiförbrukning av 2.229 MWh. (Här tillkommer ca 1770 MWh för radiatorer och de tillluftsaggregat som ej kan påverkas av lösningen).

Alternativ 1

Utebassängerna förses med rörlig täckning. Under sommaren täcks de nattetid för att minska avdunstnings-, konvektions- och strålningsförluster. Regniga, blåsig och kalla dagar täcks också bassängerna. Beräkningar visar en förbrukning på ca 1.960 MWh vilket motsvarar en besparing på ca 270 MWh/år eller 6,7% av totalförbrukningen.

Alternativ 2

500 m² plastsoolfångare utan isolering i drift enbart under sommarsäsongen. Värmebäraren i solfångarna utgörs av bassängvatten som vintertid urtappas. Beräkningarna visar en förbrukning på ca 2.100 MWh vilket innebär att besparingen är endast ca 130 MWh/år eller 3,2% av totalförbrukningen.

Alternativ 3 A

Värmepumpen använder utebassängerna som värmekälla. Uteluften nyttjas när det är lönsamt. Under sommaren används rörlig täckning som i alternativ 1.

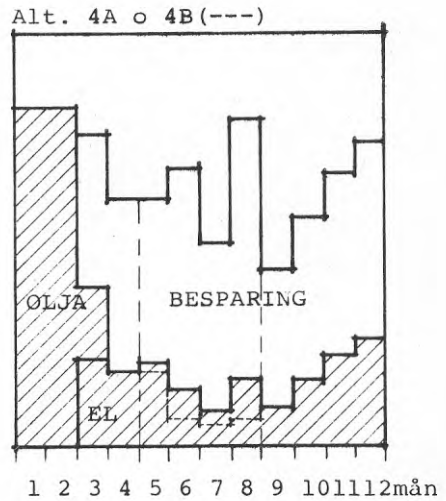
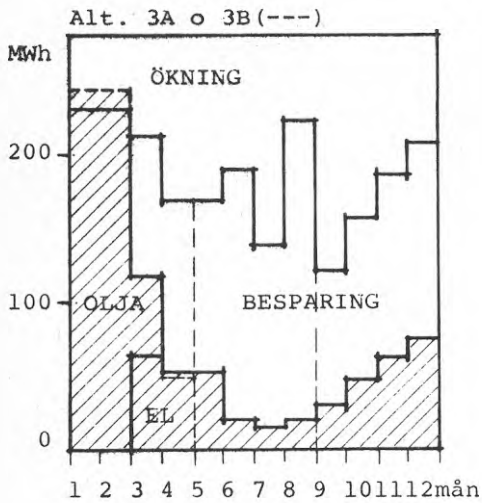
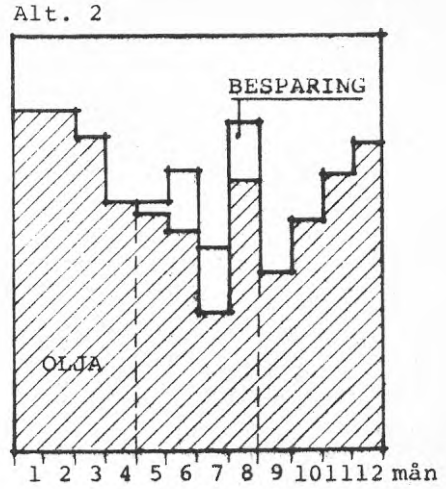
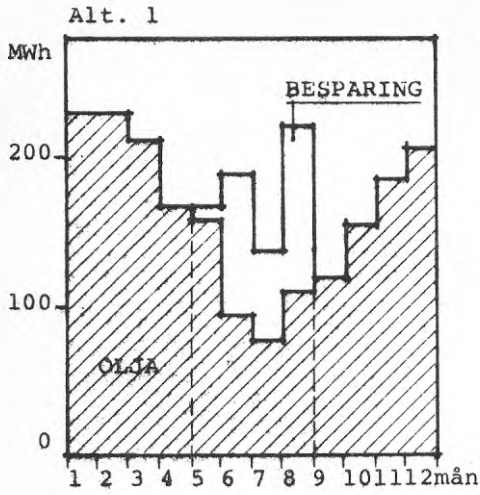


Bild 4 Diagram över energiförbrukning och besparing för undersökta alternativ.

Under icke badsäsong täcks bassängerna när vattentemperaturen är högre än den våta utetemperaturen samt nattetid. Värmen från värmepumpen utnyttjas för uppvärmning av förbrukningsvarmvatten, innebassänger och viss ventilationsluft.

Energiförbrukningen sjunker till 970 MWh vilket innebär en besparing på ca 1260 MWh/år eller 31,5% av totalförbrukningen.

Alternativ 3 B

Som alternativ 3 A men där värmepumpens förångare utformas som en ismaskin.

Energiförbrukningen blir 983 MWh och besparingen är 1246 MWh/år eller 31,1% av totalförbrukningen.

Alternativ 4 A

I detta alternativ används 500 m² konventionella plana solfångare täckta med enkelglas. Fast täckning. Systemutformning som i alternativ 3 A. Energiförbrukning 1059 MWh och besparing 1170 MWh/år eller 29,2% av totalförbrukningen.

Alternativ 4 B

Som alternativ 4 A, men rörlig bassängtäckning. Energiförbrukning 971 MWh och besparing 1258 MWh/år eller 31,4% av totalförbrukningen.

Beräkningsresultatet framgår sammanfattningsvis i nedanstående tabell.

Tabell 4. Årlig energiförbrukning

Alternativ och systemutformning	Beräkn. energiförbr. MWh	
	El	Olja
0 Nuvarande anläggning	-	2229+1770
1 Rörlig täckning	-	1960+1770
2 Oisolerade plastsol-fångare	2	2099+1770
3A Konventionell värmepump + rörl. täckn.	448	522+1770
3B Isvärmepump + rörl. täckn.	458	525+1770
4A Konventionell värmepump + solf.+ fast täckn.	542	517+1770
4B Konventionell värmepump + solf.+ rörl. "	453	518+1770

6. UTFORMNING AV ANLÄGGNINGEN

6.1 Allmänt

Möjligheterna att täcka bassängerna genom fast och rörlig täckning har utretts. Solfångarplacering har studerats både ur teknisk och utformningsmässig synpunkt. Läge och utformning av isvärmepumpcentral separat i anslutning till utebassänger har prövats. Komplettering med värmepump i befintlig värmecentral, kulvertsträckningar samt **kanalisering har översiktligt** analyserats.

6.2 Solfångarplacering. Se bild 5, 6, 7 och 8.

Solfångarna tänks orienterade mot söder med lutningen 70° mot horisontalplanet. Den nästan vertikala monteringen motiveras av att energiutbytet under den kalla årstiden ökar relativt mindre lutning samtidigt som sommarutbytet endast minskar obetydligt. Solfångarnas sammanlagda yta är 500 m^2 .

Byggnadens orientering gör att solfångare lämpligen placeras på söderfasaden. Fasadens utformning ger god plats för den erforderliga solfångarytan å 500 m^2 . Den bärande stommen i betong, taket i lättbetong plus papp och fasadklädsel av plåt ger goda möjligheter till infästning av solfångare. Lasterna från solfångarna kan enkelt föras ned i stommen. Byggnaden ligger fritt med parkering och gräsytor i söder, vilket ger god solbelysning av solfångare placerade på söderfasaden. Även lågt belägna ytor kan genom de stora fria ytorna framför byggnaden utnyttjas för solfångare. Bad- och sporthallen ligger i direkt anslutning till utebassängerna (samma omklädningsutrymmen används) och förutsättningarna för användning av solvärme från solfångare på byggnaden är därför goda.

Solfångarna bör placeras lämpligt med hänsyn till solinstrålning och sammankoppling med befintlig och ny anläggning. Byggnadens utformning och orientering är ur denna synpunkt mycket gynnsam. Sammankopplingen med befintlig och kompletterande värmeanläggning sker enkelt genom befintligt installationsschakt i badhusets norrsida. Schaktet går från tak ned till befintlig renings- och värmeanläggning i källare.

Själva solfångarna har i alternativ 2 antagits utföras av en relativt enkel typ av plast. I det mer påkostnade alternativet 4 har man antagit att solfångarna täcks med ett enkelglas.

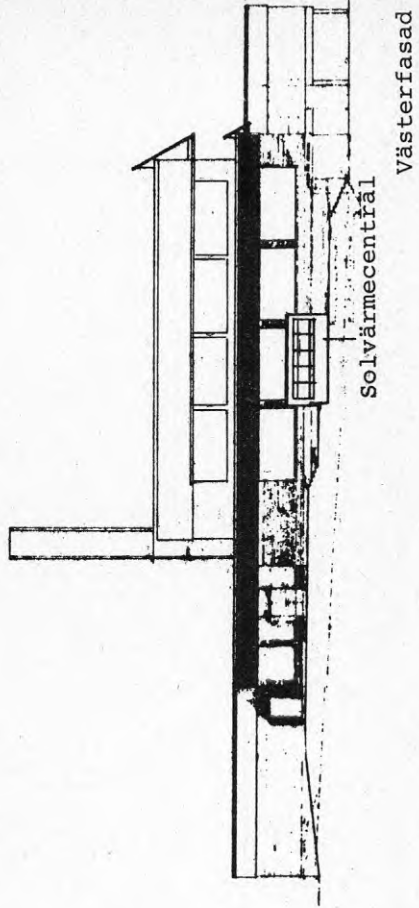
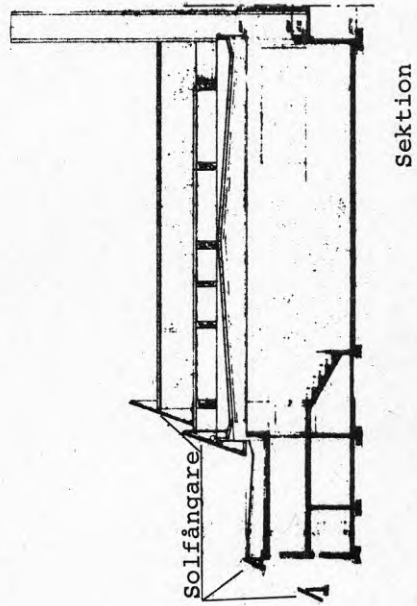
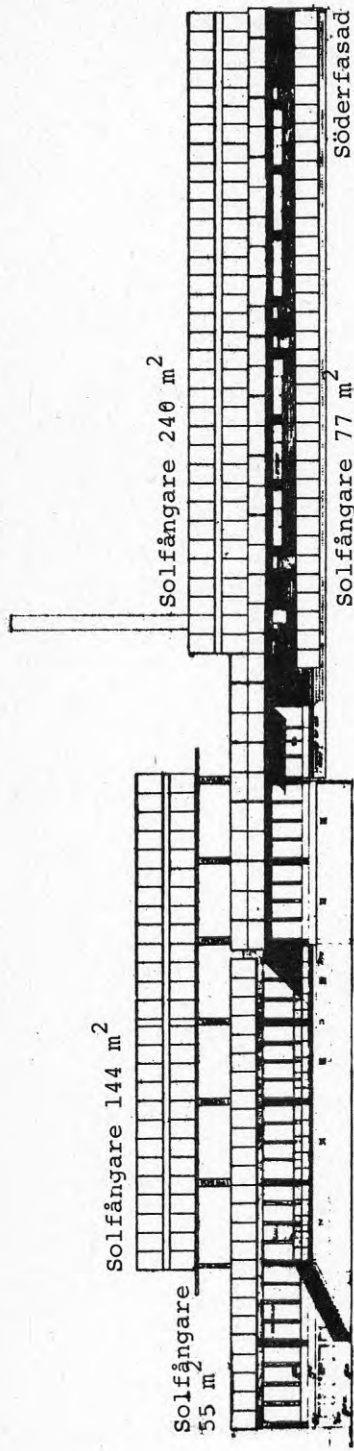


Bild 5 Fasader och sektioner

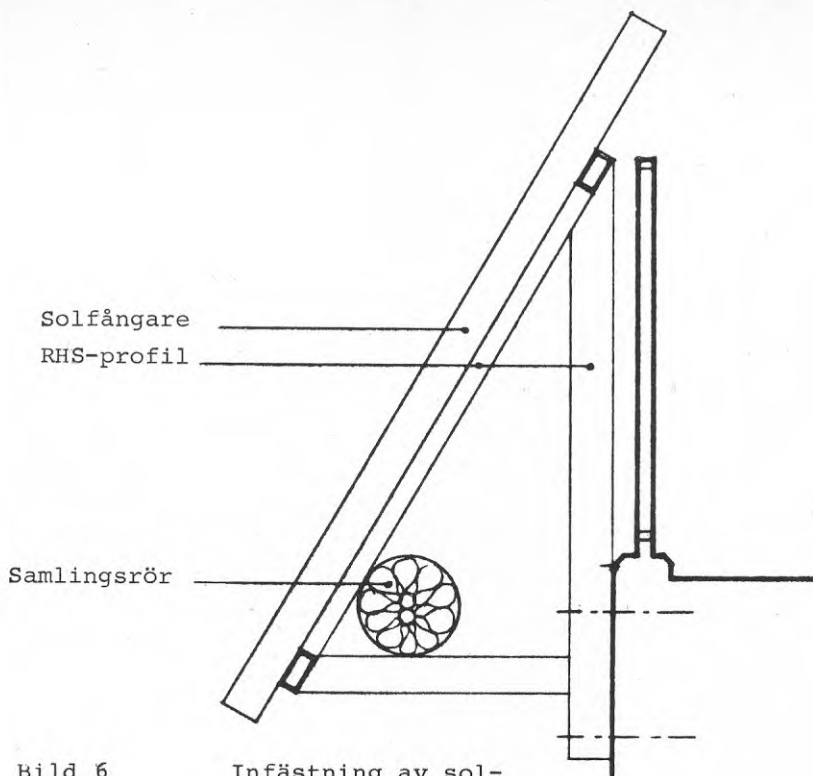


Bild 6

Infästning av solfångare mot befintlig mur.

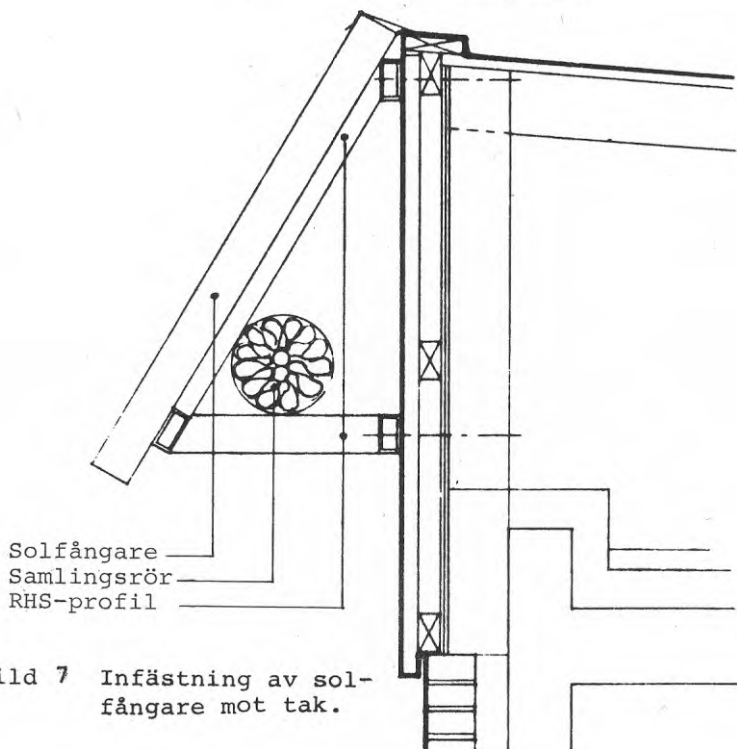


Bild 7 Infästning av solfångare mot tak.

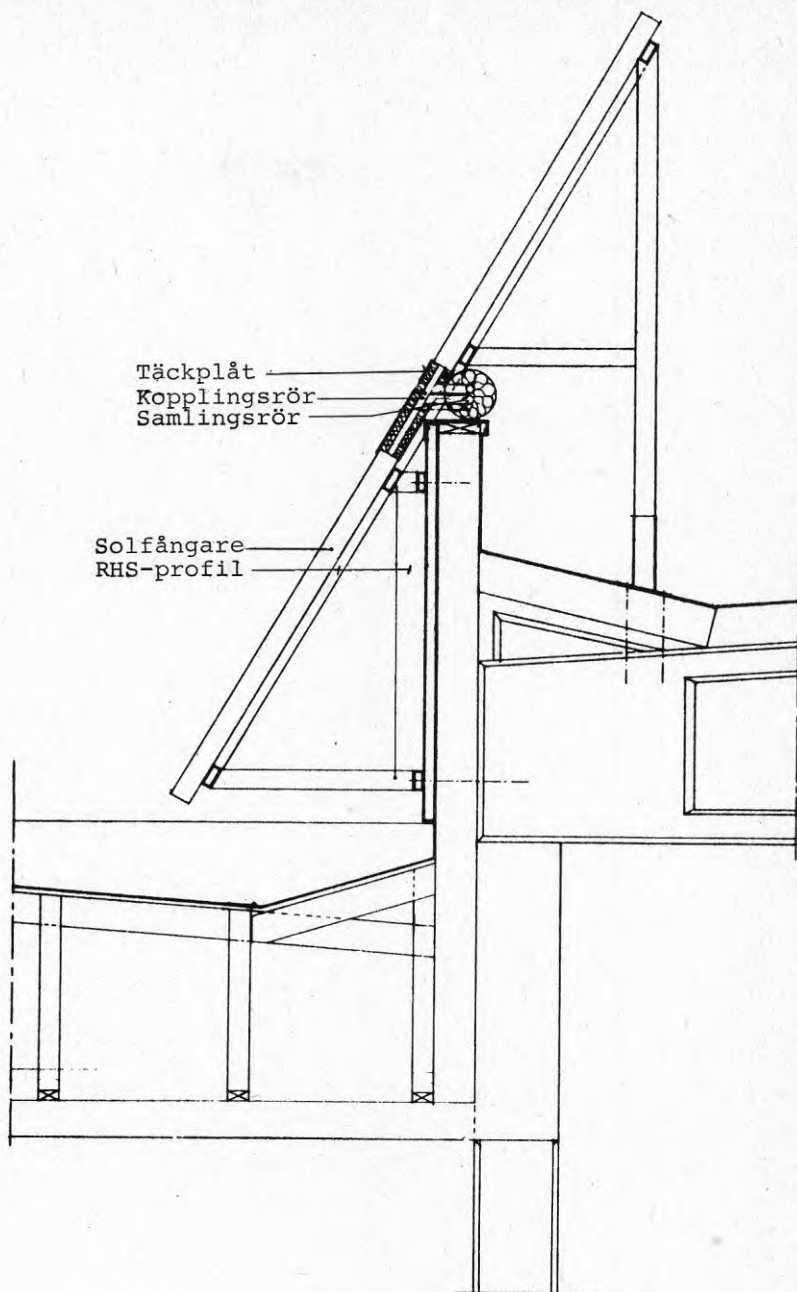


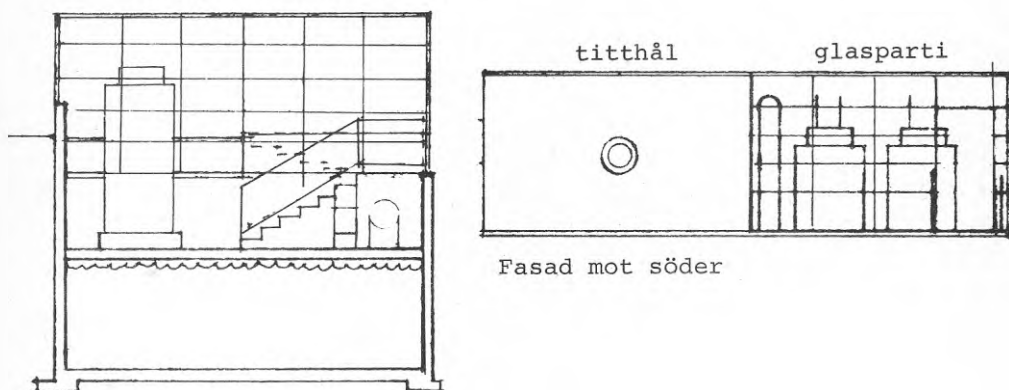
Bild 8 Infästning av solfångare
över sporthall

6.3 Värmepumpcentral

Två typer av värmepumpar har studerats. I ena fallet förses värmepumpen med konventionell vattenkylare och i det andra utformas den som en ismaskin. I båda fallen är värmepumpen också utrustade med en uteluftsförångare. Med den förstnämnda lösningen kan värmepumpen placeras i befintlig undercentral. Lösningen med ismaskin kräver dock en separat värmepumpcentral och isbassäng placerad utanför befintlig byggnad.

Förslag till läge och utformning av den friliggande värmepumpcentralen redovisas bild 9 och 10. Placeringen motiveras av en enkel anknytning till befintliga bassänger och till solfångare.

Arkitektoniskt är det en fördel om byggnadens volym kan begränsas. Placeringen i slänten i linje med utebassängerna ger möjlighet att begränsa den synliga byggnadsvolymen samtidigt som byggnaden ansluter till befintliga byggnadsvolymer. Värmepumpcentralen görs sluten i uteluftsdelens av ljudskäl men öppnas upp helt i glas i övrigt. Avsikten är att de badande skall ha möjlighet att se centralen i funktion. Även placeringen av de lågt sittande solfångarytorna vid parkeringen har samma funktion, att ge besökarna möjlighet att påtagligt känna på solfångarna och se dessa.



Tvärsektion

Bild 9 Värmepumpcentral

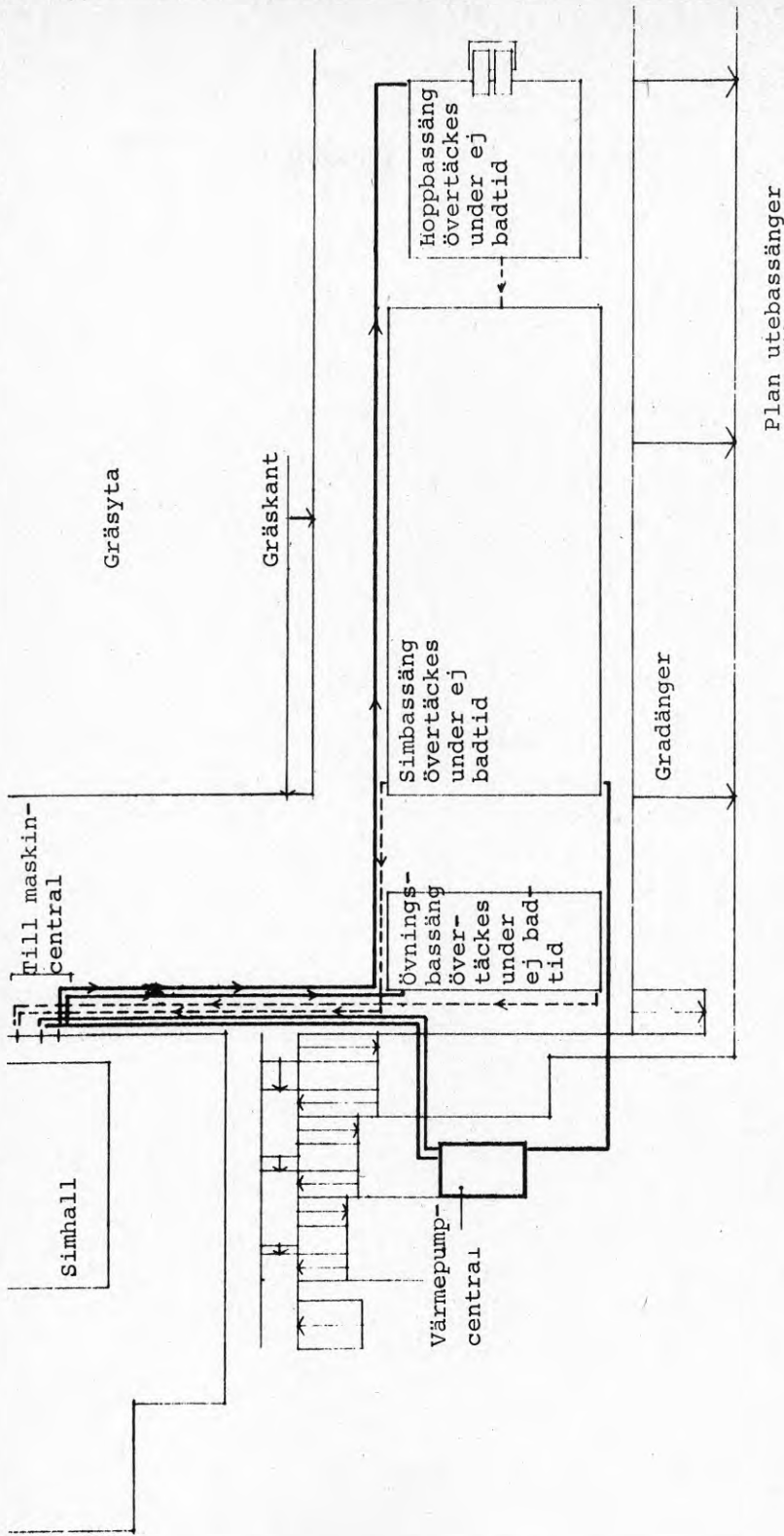


Bild 10 Planstudie över kulvertsträckningar och läge för värmepumpcentral.

6.4 Fast täckning. Se bild 11

Denna lösning är konstruktionsmässigt enkel och ger därför en låg investeringskostnad. I gengäld ökar arbetskostnaden i och med tidskrävande över- och avtäckning. Lagringen av cellplast kräver ett relativt stort utrymme.

Övertäckning sker genom att cellplastblocken placeras en efter en intill varandra samt hakas fast i varandra för att få skarvarna så täta som möjligt, samt för att få ett stabilt underlag för att enklare kunna lägga ut fler block. Efterhand som fler block läggs ut dras presenningen på. Den är fördelare av punktlaster som uppstår på cellplastblocken.

Avtäckning sker i princip på samma sätt som vid övertäckning.

Kostnaderna har beräknats till 70.000:- Kr.

6.5 Rörlig täckning. Se bild 12

Denna lösning innebär att man med enkelt handgrepp genom startning av elmotorer skall kunna täcka bassängerna. Över- och avtäckning av utebassängerna sker automatiskt, vilket innebär en högre investeringskostnad.

Huvudkomponenterna är två fackverkkonstruktioner varemellan en täckduk fästes. Täckduken kan exempelvis bestå av två lager polyester 1100/1100 dtex, som svetsas ihop med jämna mellanrum, utrymmet mellan svetsfogarna fylls med en erforderlig mängd luft för att klara uppstående last. Luften svarar dels för kraftuppbärning och dels för isolering. Över dessa två lager polyester läggs ett lager polyetenfolie.

Fackverkkonstruktionen dras med hjälp av elmotorer via vajrar i skvalprännorna, över till motstående sida av bassängen. Fackverkets axel löper med hjälp av hjul

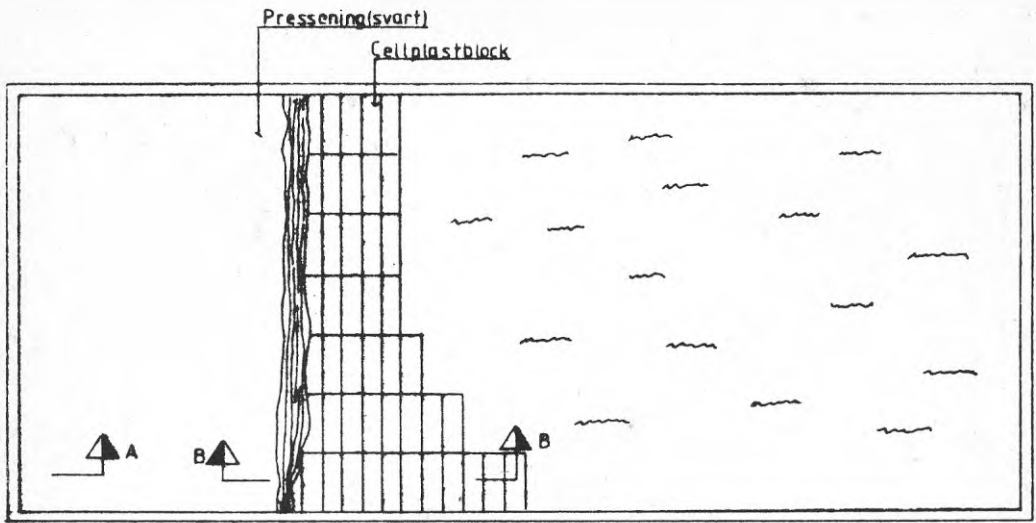
i skvalprännorna. Även duken är försedd med speciell anordning, så att dukkanten hela tiden hålls kvar i skvalprännorna. När hela bassängen är täckt fylls duken med luft med hjälp av en luftkompressor.

Vid avtäckning drar fackverk 1 med hjälp av elmotorer in hela täckduken samt fackverk 2, samtidigt ligger kopplingen lös på tidigare nämnda elmotorer, för att ej utgöra något motstånd, genom att bromsa utrullning av vajrarna. Förutsättning för upprullning av duken är också att luften har släppts ut i luftkuddarna.

Kostnads kalkylen nedan visar på en total kostnad på ca 195.000:- .

Följande kostnadsbedömning har gjorts.

Delkomponenter	Kostnad
Täckduk cirka 50:-/m ²	
Pool 21 x 50	52.500:-
Pool 21 x 10	10.500:-
Pool 17 x 17	14.500:-
Anordning för automatisk täckning - öppning av pool	
Pool 21 x 50	20.000:-
Pool 21 x 10	15.000:-
Pool 17 x 17	17.000:-
Schaktning för förvaringsutrymme	5.500:-
Byggande av förvaringsutrymmet	30.000:-
Konstruktionsdetaljer	30.000:-
TOTALT	195.000:-



PLAN AV SIMBASSÄNG

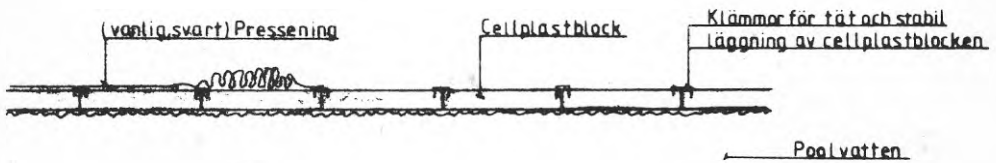
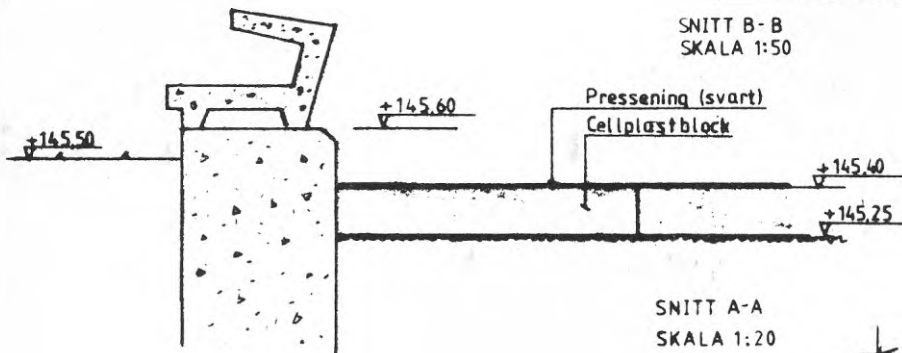
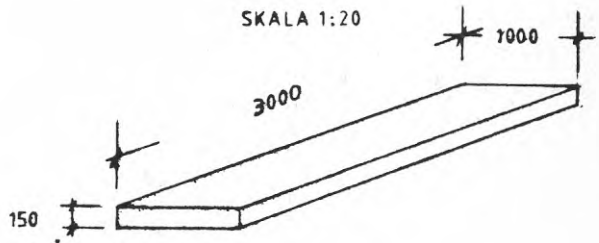
SNITT B-B
SKALA 1:50MÄTTSKISS AV
CELLPLASTBLOCK

Bild 11 Förslag till fast övertäckning av utebassänger

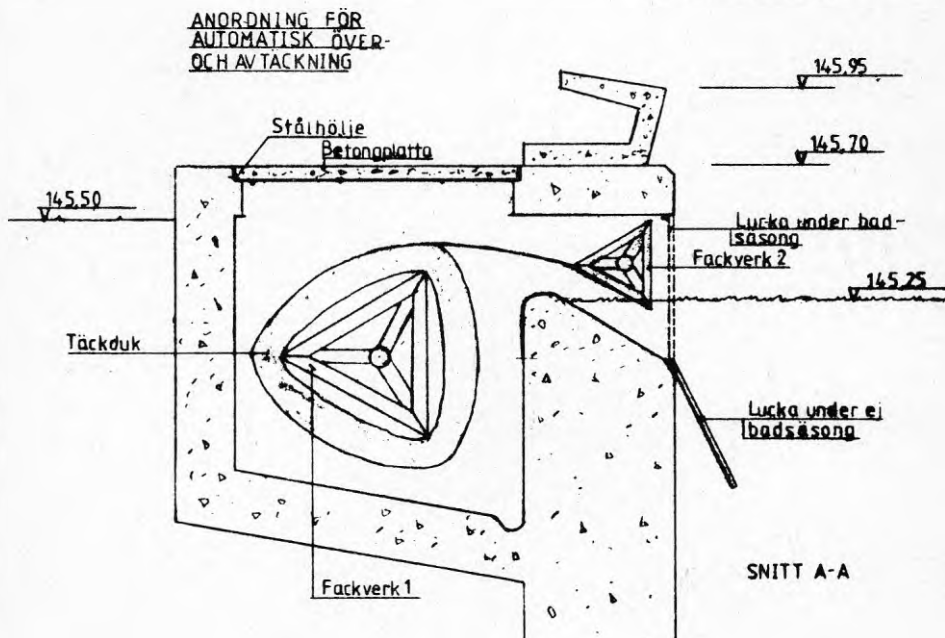
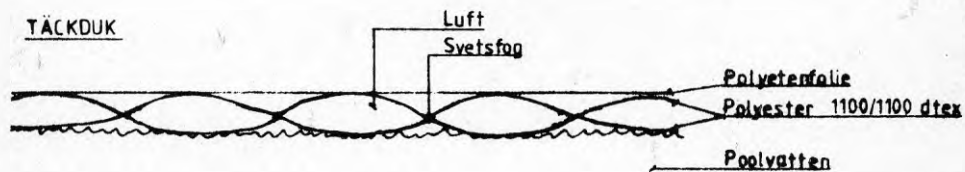
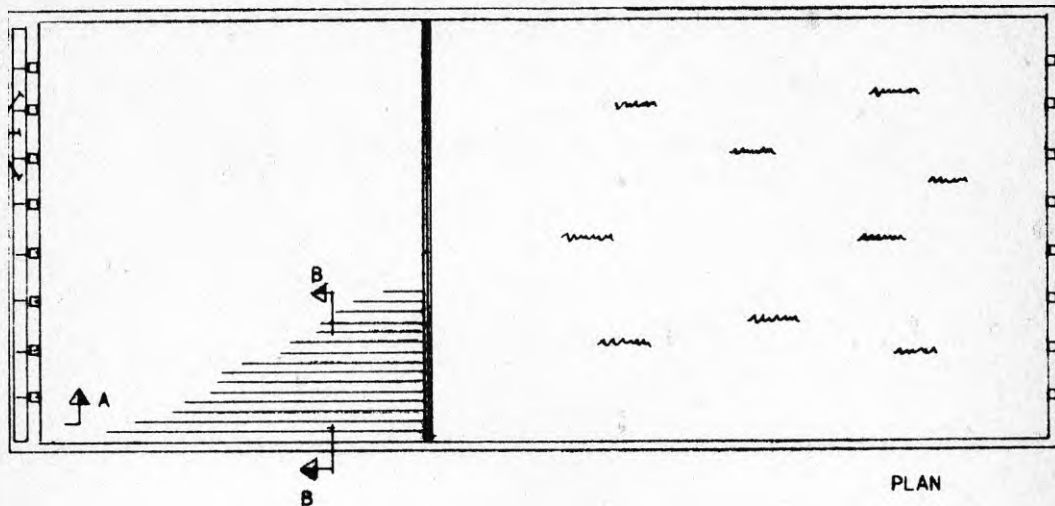


Bild 12 Förslag till rörlig täckning av utebassänger

7. INVESTERINGS- OCH DRIFTSKOSTNADER

7.1 Investeringar. Prisläge jan 1979.

Nedanstående investeringskostnader har beräknats översiktligt och inkluderar uppskattat installationsarbete. Däremot ingår inte administration, projektering, kreditivkostnader m.m.

Alternativ 1 Rörlig täckning

Kostnader	195.000
<u>Ospecificerat (10%)</u>	<u>20.000</u>
Totalt	215.000

Alternativ 2 Oisolerade plastsoolfångare

Solfångare, 500 m ²	200.000
Fästanordningar för dito	150.000
Cirkulationspump	5.000
Styrutrustning	10.000
Rör, armatur etc	100.000
<u>Ospecificerat (10%)</u>	<u>50.000</u>
Totalt	515.000

Alternativ 3 A VP + rörlig täckning

Täckning enligt alternativ 1	195.000
Värmepump (380 kW)	300.000
Uteluftförångare	100.000
Värmeväxlare	45.000
Cirkulations- pumpar	25.000
Akkumulator	30.000
Styrutrustning	30.000
Rör, armatur etc	125.000
<u>Ospecificerat (10%)</u>	<u>85.000</u>
Totalt	935.000

Alternativ 3 B - Isvärmepump + rörlig täckning

Kostnader enligt alternativ 3 A		935.000	
Avgår:	Vattenvärmepump	./.	300.000
	Ospecificerat	./.	85.000
Tillkommer:	Isvärmepump (380 kW)		1.100.000
	Cirkulationspump		15.000
	Kulvert och rör m m		270.000
	Schaktning och poolanslutning		85.000
	Byggnadsarbete		200.000
	Ospecificerat		220.000
	<hr/>		
	Totalt		2.440.000

Alternativ 4 A - Konventionell värmepump + fast täckning + solfångare.

Täckning enligt bilaga 2	70.000
Värmepump (380 kW)	300.000
Uteluftförångare	100.000
Expansionskärl	15.000
4 st värmeväxlare	70.000
5 st cirkulationspumpar	40.000
Akkumulator	30.000
Solfångare, 500 m ² , med l-glas täckning	425.000
Fästanordningar för d:o	150.000
Styrutrustning	50.000
Rör, armatur, solfångar- vätska etc	250.000
Ospecificerat (10%)	150.000
	<hr/>
Totalt	1.650.000

Alternativ 4 B - Konventionell värmepump + rörlig täckning + solfångare

Kostnader enligt alternativ 4A	1.650.000
Merkostnad för rörlig täckning	125.000
Tillkommande ospecificerat (10% av 125.000)	15.000
	<hr/>
Totalt	1.790.000

7.2 Årskostnader

Vid de ekonomiska bedömningarna har det genomsnittliga elenergi priset antagits vara 180 kr/MWh, medan värme från panncentral har antagits kosta 80 kr/MWh. Det har undersökts hur en 5, 10 och 15%-ig energikostnadsökning påverkar lönsamheten.

Räntesatsen för nedlagt kapital har satts till 9,5% och annuiteter har beräknats med utgångspunkt från följande avskrivningstider:

. Fast täckning	20 år
. Rörlig täckning	10 år
. Solfångare av plast och utan värmeisolering	10 år
. Konventionella plana solfångare med glas	15 år
. Konventionell värmepump	20 år
. Isvärmepump	15 år
. Övriga installationer	20 år

Med ledning av i tabell 4 sid 30 redovisad energiförbrukning samt kalkylerade initialkostnader kan årskostnaderna beräknas enligt följande tabell. I tabellen visas också sammanfattningsvis köpt energi i form av m³ olja resp. marginell elenergiförändring i MWh/år.

Tabell 5 Årskostnader

Alternativ	Årskostn. kr/år				Köpt energi	
	Kapital	Skötsel	Energi	Totalt	olja m ³ /år	El MWh/år
0	-	-	320.000	320.000	470	-
1	34.000	10.000	298.000	342.000	438	-
2	74.000	2.000	310.000	386.000	455	2
3A	115.000	25.000	264.000	404.000	269	448
3B	302.000	40.000	266.000	608.000	270	458
4A	195.000	30.000	281.000	506.000	269	542
4B	220.000	30.000	265.000	515.000	269	453

Det faktum att elenergi priset är över 100% högre än oljeenergi priset påverkar det ekonomiska utfallet i negativ riktning.

I takt med att energi priset stiger kommer årskostnadsbilden att förändras. I nedanstående tabell har årskostnaderna beräknats för år 1985 och 1990 med en antagen energi prisökning på 5, 10 resp. 15% för el och olja.

Tabell 6. Årskostnader år 1985 resp. 1990 i kkr/år vid olika energi prisökningar.

År	1985					1990				
	10/5	10/10	15/10	15/15	10/15	10/5	10/10	15/10	15/15	10/15
Energi- prisökn. för olja/ el, % per år										
<u>Alt.</u>										
0	566	566	739	739	566	912	912	1488	1488	912
1	572	572	732	732	572	893	893	1430	1430	893
2	624	625	792	792	625	959	959	1517	1517	960
3A	573	607	706	750	651	800	893	1223	1368	1038
3B	778	813	912	957	858	1006	1100	1431	1579	1249
4A	680	722	821	873	774	913	1025	1354	1530	1200
4B	683	718	817	861	762	911	1004	1334	1481	1151

Med ledning av tabellen har noterats att alternativet 1 och 3A är ekonomiskt intressant redan år 1985 vid 15% energi prisökning per år för olja och elenergi eller vid 10% för olja resp. 5% för elenergi. Alternativ 4B börjar bli ekonomiskt intressant omkring 1990.

Energibesparingar uppnås genom en ekonomisk uppoffring i form av ökade kapital- och skötselkostnader enligt tabell 5. Denna uppoffring beräknad per besparad energienhet redovisas i tabell 7 nedan (kolumn A). Emellertid överförs en del av energiförsörjningen till ett dyrare energislag. Om man tar hänsyn även till detta och således till kapital- och skötselkostnaderna adderar den marginala energikostnaden för elförbrukningen efter åtgärder fås värden enligt kolumn B i tabell 7.

Tabell 7. Specifikt energipris för energibesparing (kr/MWh).

Alternativ	A Utan hänsyn till energi- prisdiff.	B Med hänsyn till energi- prisdiff.
1	164	164
2	594	595
3a	111	147
3b	274	311
4a	192	239
4b	199	235

8. SLUTSATSER

Ingetdera av de undersökta alternativen ger med dagens kostnadsbild en lönsam investering.

Enbart installation av rörlig täckning innebär en energibesparing av ungefär 270 MWh per år. Kostnadsökningen blir drygt 20.000 kr per år.

Installation av vattenvärmepump och en rörlig täckning av utebassängerna medför att den olje-baserade energiförbrukningen reduceras med 1700 MWh per år. Samtidigt tillkommer en elförbrukning på 450 MWh. Årskostnadsökningen blir 85.000 kr.

Den rörliga täckningen ger en kostnad för varje insparad MWh på 164 kr. Om energikostnaden ökar med 10% per år blir årskostnaden år 1987 densamma som för den befintliga anläggningen. Motsvarande värden för värmepumpen i kombination med den rörliga täckningen är 147 kr. resp. år 1989.

9. MÄTPROGRAM

9.1 Mätinsatser för olika alternativ.

Mätningarna avser att verifiera att avsedd energibesparing uppnås, samtidigt som enskilda komponenters funktion och driftsbetingelser kontrolleras. Detaljerade driftdata tas fram för bedömning av systemets allmänna förmåga att fylla uppställda krav. Mätningarna avses omfatta bestämning av energiflöden i systemet samt temperaturer i väsentliga punkter.

Mätprogram planeras för de fyra huvudalternativen.

Alt 1 Utvärderingen kan ske med ett relativt enkelt mätprogram där datainsamlingen görs med hjälp av registrerande instrument som avläses med vissa tidsintervaller.

Mätpunkter: - energiåtgång för uppvärmning av bassänger
 - solinstrålning direkt på bassängytan (solinstrålningstäthet på horisontell yta)
 - bassängtemperatur
 - väderdata (lufttemperatur, luftfuktighet och vindhastighet).

Alt 2 Tillkommer i förhållande till alt 1

- energibidrag till utomhusbassäng från solvärmesystemet
- drifttid, solvärmesystem
- vattentemp i solfångare
- solinstrålning i solfångarnas plan
- tillsatsenergi till bassänger

Datainsamlingen görs på samma sätt som i alt 1.

Alt 3A och 3B Val av datainsamlingsssystem diskuteras i 9.2.

- Mätpunkter:
- solinstrålning direkt på bassängytan
 - registrering av bassängtäckningens läge
 - bassängtäckningens yttemperatur
 - bassängtemperaturer utomhus
 - tillsatsenergi, utomhusbassänger
 - väderdata
 - energibidrag till bassänguppvärmning från värmepump
 - övrig tillsatsenergi till inomhusbassäng
 - energibidrag till tappvarmvatten från värmepump
 - övrig tillsatsenergi till tappvarmvatten
 - energibidrag till ventilationsluft från värmepump
 - drifttider för vatten- resp luftkylare
 - bassängtemperaturer inomhus
 - inomhustemperatur
 - luftfuktighet inomhus
 - luftomsättningar i inomhushall

Alt 4A Val av datainsamlingsutrustning diskuteras i 9.2.

- Mätpunkter:
- solinstrålning direkt på bassängytan
 - bassängtäckningens yttemperatur
 - bassängtemperatur utomhus
 - väderdata
 - energibidrag till utomhusbassäng från solvärmesystem
 - drifttid, solvärmesystem
 - vattentemp i solfångare
 - solinstrålning i solfångarnas plan
 - tillsatsenergi, utomhusbassänger
 - energibidrag till inomhusbassänger från värmepump
 - övrig tillsatsenergi till inomhusbassäng
 - energibidrag till tappvarmvatten från värmepump

- övrig tillsatsenergi till tappvarmvatten
- energibidrag till ventilationsluft från värmepump
- drifttider för vatten- resp luftkylare
- bassängtemperaturer, inomhus
- inomhustemperaturer
- luftfuktighet inomhus
- luftomsättningar i inomhushall

Alt 4 B Tillkommer i förhållande till alt 4A

- registrering av bassängtäckningens läge

9.2 Ambitionsnivåer

För alternativ 3 och 4 kan man tänka sig två ambitionsnivåer på uppföljningsinsatsen. Valet av nivå inverkar på valet av datainsamlingsutrustning.

Nivå 1: Mätdata registreras på räkneverk som avläses manuellt med vissa tidsintervaller, exempelvis varje vecka. Ett sådant mätförfarande ger kunskap om hur stort energitillskott varje del av systemet har bidragit med. Dessutom fås vissa uppgifter om driftegenskaper hos systemet.

Nivå 2: Mätdata lagras och bearbetas med hjälp av dator vid SP. En intensivare uppföljning av i systemet ingående komponenter kan göras. Timmedelvärden kan lagras och eventuellt kan ett större antal mätpunkter övervakas.

I nedanstående tabell har en kostnadsjämförelse gjorts mellan registrering av mätdata på räkneverk resp mätcentral (alt 1 och alt 4). Kostnaderna för mätcentral blir avsevärt högre, bland annat p g a de stora noggrannhetskraven som ställs vid resultatssammanställningen. Kostnaderna avser en uppföljningstid av 2 år.

Tabell 8. Kostnadsjämförelse mellan registrering av mätdata på räkneverk resp. mätcentral.

Kostnadsslag	Räkneverk	Mätcentral
Datainsamlingsutrustning	20.000-25.000	60.000
Telefonkostnader	0	20.000
Service 10%/år	4.000-5.000	12.000
Avläsning 1 à 2 tim/vecka	10.000-20.000	0
Kontroll 1 à 2 tim/vecka	0	15.000-30.000
Datorhyra inkl terminaltid	0	38.000
Mätvärdeshantering 1 tim/vecka	Ingår i avläsning	15.000
	34.000-50.000	160.000-175.000

10. REFERENSER

- Duffie, J.A & Beckman, W.A., 1974 Solar Energy Thermal Processes (John Wiley & sons.) New York, London, Sydney, Toronto
- Girido, V., 1978 Grundläggande förutsättningar för soluppvärmning av byggnader i Skandinavien. Beräkningsmetod, Parameteranalys, Effektivitet och optimering
(Rapport R 108:1978 från Statens råd för byggnadsforskning.)
- Ekström, L., Ottosson, H., 1978 Polypropylen - Solfångare för bassänguppvärmning, kort översikt av dimensioneringsgrunder.
(Rapport R 48:1978 från Statens råd för byggnadsforskning.)

BILAGA 1 Tabell A-F

BILAGA 2 Principschema

Tabell A. Energiflöden (MWh) med rörlig täckning. (Alt. 1)

Mån	Utebas- sängtemp. i början av mån t_b	Tillskott Q_{dir} Q_M Q_{koll}	Förluster och ackumulering Q_L Q_{st} Q_{sv} Q_A Q_k Q_{ack}	Tillskott - förluster	Värme till värmepump fr. fr. bas. luft Q_{2v} Q_{2l}	Förbrukning Q_{beh} Q_{kolv} Q_v	Drivenergi w_{cp} w_{el} w_E Σ	Fördeln. av värmelever. Q_{vp} Q_{olja}
Jan	-	0	-	-	-	229	-	229
Feb	-	0	-	-	-	230	-	230
Mar	-	0	-	-	-	212	-	212
Apr	-	0	-	-	-	168	-	168
Ma ^x Maj	10	3	3	1	0	127	-	165
Juni	23	231	27	3	44	95	-	95
Juli	27	216	28	3	45	79	-	79
Aug	27	161	27	3	41	89	-	111
Sep	23	0	-	-	-	121	-	121
Okt	-	0	-	-	-	156	-	156
Nov	-	0	-	-	-	187	-	187
Dec	-	0	-	-	-	207	-	207
Σ						1900	-	1960

x) I maj har det bedömts att solenergin räcker att värma utebassängerna till +16. Angivna tillskott och förluster avser den sista perioden av månaden då uppvärmning till +23°C sker med tillskottsenergi.

Tabell B. Energiflöden (MWh) med solfångare. (Alt. 2)

Mån	Utebas- sängtemp. i början av mån t_b	Tillskott Q_{dir} Q_M Q_{koll}	Förluster och ackumulering Q_L Q_{st} Q_{sv} Q_A Q_k Q_{ack}	Tillskott - förluster	Värme till värmepump fr. fr. bas. luft Q_{2v} Q_{21}	Förbrukning Q_{beh} Q_{kolv} Q_v Σ	Drivenergi W_{cp} W_E Σ	Fördeln. av värmelever. Q_{vp} Q_{olja}
Jan	-	- 0	- - - - -	-	-	229 - 0 229	- - -	- 229
Feb	-	- 0	- - - - -	-	-	230 - 0 230	- - -	- 230
Mar	-	- 0	- - - - -	-	-	212 - 0 212	- - -	- 212
Apr	-	- 0	- - - - -	-	-	168 - 0 168	- - -	- 168
Maj ^x	12	29 0 6	- 12 28 - 27	35	-	127 - 35 164	0,5 - 0,5	- 164
Juni	23	231 5 41	- 89 218 - 0	54	-	95 - 54 149	0,5 - 0,5	- 149
Juli	23	216 5 43	- 77 179 - 0	16	-	79 - 16 95	0,5 - 0,5	- 95
Aug	23	161 5 40	- 84 192 - 0	94	-	89 - 94 183	0,5 - 0,5	- 183
Sep	23	- - -	- - - - -	-	-	121 - 0 121	- - -	- 121
Okt	-	- - -	- - - - -	-	-	156 - 0 156	- - -	- 156
Nov	-	- - -	- - - - -	-	-	187 - 0 187	- - -	- 187
Dec	-	- - -	- - - - -	-	-	207 - 0 207	- - -	- 207
Σ						1900 - 199 2099	2,0	- 2099

x) I maj har det bedömts att solenergin räcker till att värma utebassängerna till +17°C. Argivna tillskott och förluster avser den sista perioden av månaden då uppvärmning till +23°C sker med tillskottsenergi.

Tabell C. Energiflöden (MWh) med vattenvärmepump och rörlig täckning. (Alt. 3a)

Mån	Utebas- sängtemp. i början av mån t_b	Tillskott Q_{dir} Q_M Q_{koll}	Förluster och ackumulering Q_L Q_{st} Q_{sv} Q_A Q_k Q_{ack}	Tillskott - förluster	Värme till värmepump fr. fr. bas. luft Q_{2v} Q_{2l}	Förbrukning Q_{beh} Q_{kultv} Q_v Σ	Drivenergi W_{cp} W_E Σ	Fördeln. av värmelever. Q_{vp} Q_{olja}
Jan	is	- 0 -	- - - - -	-	0 0	229 0 0 229	- - -	0 229
Feb	is	- 0 -	- - - - -	-	0 0	230 0 0 230	- - -	0 230
Mar	is	- 0 -	- - - - -	-	0 89	212 0 0 212	- 60 60	149 63
Apr	0	138 0 -	-3 2 11 -3 -3 18	116	116 0	168 0 0 168	- 52 52	168 0
Maj	4	124 0 -	8 3 4 -4 7 84	22	86 50	127 0 64 191	- 55 55	191 0
Juni	23	231 5 -	24 3 37 99 22 0	51	51 22	95 0 0 95	- 22 22	95 0
Juli	23	216 5 -	24 3 31 81 17 2	63	63 0	79 0 0 79	- 16 16	79 0
Aug	23,5	161 5 -	22 3 30 70 16 -16	41	41 27	89 0 0 89	- 21 21	89 0
Sep	20	77 0 -	8 5 8 0 6 -46	96	96 0	121 0 0 121	- 25 25	121 0
Okt	10	37 0 -	-1 2 8 -10 -3 -28	69	69 39	156 0 0 156	- 48 48	156 0
Nov	4	- 0 -	- - - - -	-	- 118	187 0 0 187	- 69 69	187 0
Dec	-	- 0 -	- - - - -	-	- 127	207 0 0 207	- 80 80	207 0
Σ						1900 0 64 1964	448	1442 522

Följande förutsättningar gäller:

Värmepumpen hämtar i första hand sin energi från ackumulatorm och i andra hand från uteluften. Vintertid täcks bassängerna då vattentemperaturen är högre än uteluftens väta temperatur. Sommartid täcks de på natten.

Tabell D. Energiflöden (MWh) med isvärmepump och rörlig täckning. (Alt. 3b)

Mån	Utebas- sängtemp. i början av mån t_b	Tillskott Q_{dir} Q_M Q_{koll}	Förluster och ackumulering Q_L Q_{st} Q_{sv} Q_A Q_k Q_{ack}	Tillskott Q_{beh} Q_{kulv} Q_v	Värme till värmepump fr. fr. bas. luft Q_{zv} Q_{21}	Förbrukning Q_{beh} Q_{kulv} Q_v	Drivenergi W_{cp} W_E Σ	Fördeln. av värmelever. Q_{vp} Q_{olja}
Jan	0	- 0	- - - - -	-	- 0	229 1 0 230	- 0 0	0 230
Feb	is	- 0	- - - - -	-	- 0	230 1 0 231	- 0 0	0 231
Mar	is	- 0	- - - - -	-	- 89	212 1 0 213	- 60 60	149 64
Apr	0	142 0	-1 2 9 -10 4 18	116	116 0	168 1 0 169	- 53 53	169 0
Maj	4,0	124 0	8 3 4 -4 7 84	22	86 50	127 1 64 192	- 56 56	192 0
Juni	23	231 5	24 3 37 99 22 0	51	51 23	95 1 0 96	- 22 22	96 0
Juli	23	216 5	24 3 31 81 17 2	63	63 0	79 1 0 80	- 17 17	80 0
Aug	23,5	161 5	22 3 30 70 16 -16	41	41 27	89 1 0 90	- 22 22	90 0
Sep	20	77 0	8 5 8 0 6 -16	96	96 0	121 1 0 122	- 26 26	122 0
Okt	10	36 0	-5 2 -1 -19 -7 -43	109	109 1	156 1 0 157	- 47 47	157 0
Nov	0,5	15 0	-6 2 11 -5 -2 0	15	15 103	187 1 0 188	- 70 70	188 0
Dec	0	1 0	-5 4 0 0 6 0	-4	-4 123	207 1 0 208	- 85 85	208 0
Σ						1900 64 1964	458	1439 525

Följande förutsättningar gäller:

Värmepumpen hämtar i första hand sin energi från ackumulatorn och i andra hand från uteluften. Vintertid täcks bassängerna då vattentemperaturen är högre än uteluftens våta temperatur. Sommartid täcks de på natten.

Tabell E. Energiflöden (MWh) med vattenvärmepump, solfångare och fast täckning. (Alt. 4a)

Mån	Utebas- sängtemp. i början av mån t_b	Tillskott Q_{dir} Q_M Q_{koll}	Förluster och ackumulering Q_L Q_{st} Q_{sv} Q_A Q_k Q_{ack}	Tillskott - förluster	Värme till värmepump fr. fr. bas. luft Q_{zv} Q_{21}	Förbrukning Q_{beh} Q_{kolv} Q_v Σ	Drivenergi el W_E W_{cp} Σ	Fördeln. av värmelever. Q_{vp} Q_{olja}
Jan	1,4	2 0 10	- - - - -	-	0	229 - 0 229	0,2 0 0	0 229
Feb	0,4	5 0 23	- - - - -	-	0	230 - 0 230	0,4 0 1	0 230
Mar	3,0	10 0 42	0 4 0 0 6 5	37	37 60	212 - 0 212	0,5 5,7 58	154 58
Apr	4,0	16 0 51	-2 4 0 0 -3 0	68	68 45	168 - 0 168	0,5 5,5 56	168 0
Maj	4,0	22 0 58	1 4 0 0 -11 86	0	76 63	127 - 76 203	0,5 6,4 64	203 0
Juni	23	231 5 40	24 - 89 218 - 0	-55	0 106	95 - 55 150	0,5 4,4 44	150 0
Juli	23	216 5 42	24 - 77 186 - 0	-24	0 75	79 - 24 103	0,5 2,8 29	103 0
Aug	23	161 5 38	24 - 84 192 - 0	-96	0 132	89 - 96 185	0,5 5,3 53	185 0
Sep	23	10 0 39	13 5 0 0 15 -72	88	88 0	121 - 0 121	0,4 3,3 33	121 0
Okt	7,0	5 0 29	-2 4 0 0 -8 -14	54	54 52	156 - 0 156	0,4 5,0 51	156 0
Nov	4	2 0 10	- - - - -	-	0 116	187 - 0 187	0,3 7,1 71	187 0
Dec	4	1 0 5	- - - - -	-	0 125	207 - 0 207	0,2 8,2 82	207 0
Σ						1900 - 251 2151		1634 517

Följande förutsättningar gäller:

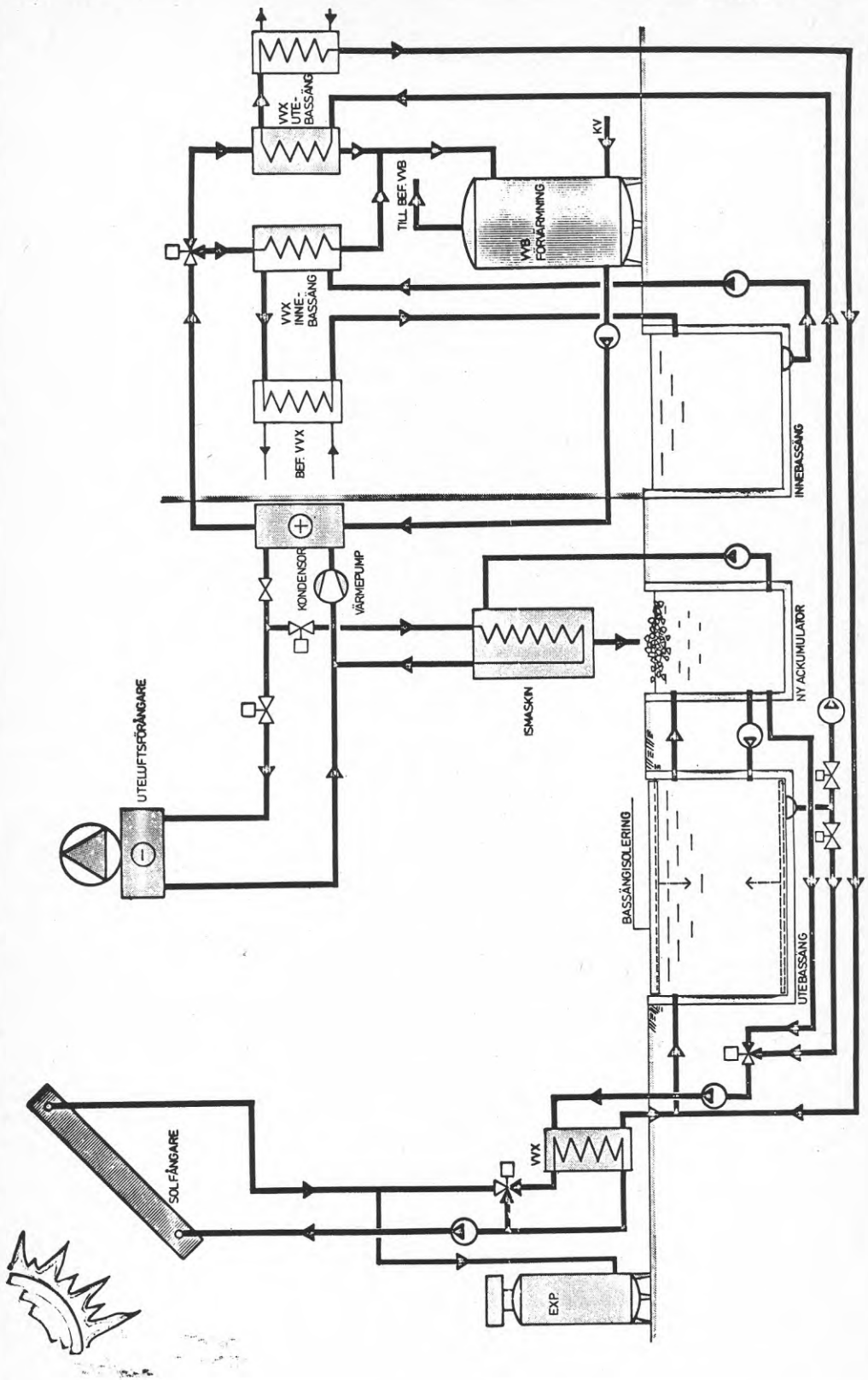
Värmepumpen hämtar sin energi från den energikälla som ger bästa utbyte. Utebassängerna täcks ej nattetid under badsäsongen, men är täckta under återstoden av året. I maj tillåts vattentemperaturen stiga till drygt 6°C. Temperaturstegring till +23°C sker under månadens sista dagar.

Tabell F. Energiflöden (MWh) med vattenvärmepump, solfångare och rörlig täckning. (Alt. 4b).

Mån	Utebas- sängtemp. i början av mån t_b	Tillskott Q_{dir} Q_M Q_{koll}	Förluster och ackumulering Q_L Q_{st} Q_{sv} Q_A Q_k Q_{ack}	Tillskott - förluster	Värme till värmepump fr. fr. bas. luft Q_{2v} Q_{2l}	Förbrukning Q_{beh} Q_{kolv} Q_v Σ	Drivenergi w_{cp} w_{el} w_E Σ	Fördeln. av värmelever. Q_{vp} Q_{olja}
Jan	1,4	2 0 10	- - - - -		0	229 - 0 229	0,2 0 0 0	0 229
Feb	0,4	6 0 22	- - - - -		0	230 - 0 230	0,4 0 0 0	0 230
Mar	3,0	10 0 42	0 4 0 0 6 5	37	37 59	212 - 0 212	0,5 57 58	153 59
Apr	4,0	81 0 50	-2 2 14 -3 -1 8	116	116 0	168 - 0 168	0,5 52 52	168 0
Maj	5	66 0 50	6 3 2 -6 5 82	24	88 47	127 - 64 191	0,5 56 56	191 0
Juni	23	231 5 40	24 3 47 104 17 5	76	76 0	95 - 0 95	0,5 19 20	95 0
Juli	24	216 5 42	26 3 46 105 15 5	63	63 0	79 - 0 79	0,5 16 17	79 0
Aug	25	161 5 38	23 3 41 80 14 -23	66	66 4	89 - 0 89	0,5 19 19	89 0
Sep	20	40 0 39	10 3 5 0 9 -38	90	90 0	121 - 0 121	0,4 31 32	121 0
Okt	11,5	37 0 26	-1 2 8 -10 -3 -35	102	102 9	156 - 0 156	0,3 45 46	156 0
Nov	4,0	2 0 10	- - - - -	-	0 116	187 - 0 187	0,3 71 71	187 0
Dec	4,0	1 0 5	- - - - -	-	0 125	207 - 0 207	0,2 82 82	207 0
Σ						1900 - 64 1964	453	1446 518

Följande förutsättningar gäller:

Värmepumpen hämtar i första hand sin energi från solfångare och ackumulator och i andra hand från uteluften. Vintertid täcks bassängerna då vattentemperaturen är högre än uteluftens våta temperatur. På sommaren täcks de på natten. I maj tillåts temperaturen i utebassängerna stiga till c:a 9°C. Uppvärmning till +23°C sker under månadens sista dagar.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780499-7 från
Statens råd för byggnadsforskning till Skövde kommun,
Energispargruppen**

R71:1979

ISBN 91-540-3035-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600971

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms