



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

R51:1985

**Solenergi för varmvatten-
beredning och uppvärmning
i flerbostadshus**

Stefan Olsson

*K
adk*

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	<i>su</i>

Byggeforskningsrådet

R51:1985

SOLENERGI FÖR VARMVATTENBEREDNING OCH
UPPVÄRMNING I FLERBOSTADSHUS

Stefan Olsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 840092-0
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Andersson
& Hultmark, Göteborg.

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

R51:1985

ISBN 91-540-4376-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	SID
1. FÖRORD	1
2. SAMMANFATTNING	2
3. VÄRMESYSTEMETS PRINCIPIELLA UPPBYGGNAD	3
4. BERÄKNINGAR	4
4.1 Förutsättningar	4
4.2 Beräkningsresultat	7
4.2.1 Solenergitillskottets beroende av lager- storlek och solfångaryta vid olika energi- behov	7
4.2.2 Solenergitillskottets beroende av sol- fångarnas riktning och lutning	10
5. ÅSA-PROJEKTET	13
5.1 Dimensionering	13
5.2 Värmesystemet	15
5.2.1 Lagringstanken	17
5.3 Investeringskostnad	20
5.4 Underhållskostnad och livslängd	20
5.5 Lönsamhet	21
6. SLUTSATSER	23
7. REFERENSER	24

1. FÖRORD

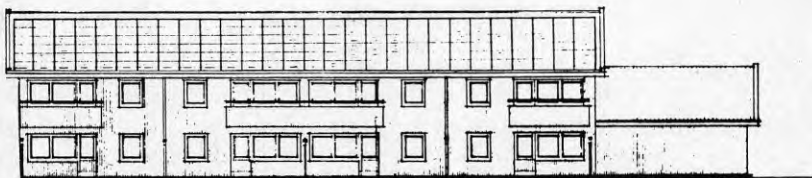
Eksta Bostadsstiftelse, Kungsbacka, lät under perioden augusti 1984 - januari 1985 uppföra två flerfamiljshus med sammanlagt 16 lägenheter i Åsa söder om Kungsbacka.

Dessa byggnader har försetts med ett uppvärmningssystem baserat på solenergi. Som tillsatsenergi kan t ex olja, ved, el eller flis användas. I detta fall används elenergi.

Värmesystemet som består av bl a 165 m² takintegrerade solfångare och en 20 m³ stor lagringstank, beräknas täcka ca 1/3 av lägenheternas totala energibehov för värme och varmvatten med solenergi.

Projektets syften har varit att klargöra de tekniska och ekonomiska möjligheterna för ett kombinerat solvärmesystem med korttidslager i flerfamiljshus.

Åsa-projektet finansieras kommersiellt av Eksta Bostadsstiftelse medan denna studie och separat utvärdering utförs med anslag från BFR.



Åsa-projektet med takintegrerade solfångare

2. SAMMANFATTNING

I föreliggande rapport beskrivs inledningsvis principen för ett värmesystem bestående av bl a takintegre-
rade solfångare, lagringstank och en anordning för
tillsatsenergi. Lagringstanken, som är medelpunkten
i systemet, tillförs energi från solfångarna och från
anordningen för tillsatsenergi. Tillsatsenergi kan
vara t ex olja, el, ved eller flis. Via värmebatterier
i tanken levereras värme till radiatorerna och till
varmvatten.

Med hjälp av ett datorprogram, SUNSYST, har ett stort
antal beräkningar utförts, vilket har givit som resul-
tat dimensioneringsdiagram för bestämmande av sol-
fångaryta och lagerstorlek. Beräkningarna utfördes
för dels nybyggda lägenheter och dels för lägenheter
byggda på 50- och 60-talen.

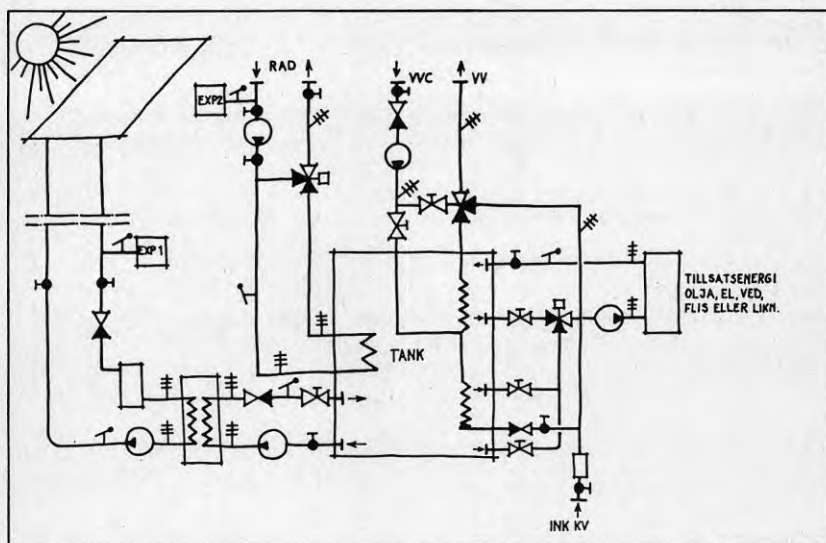
Rapporten innehåller vidare en detaljerad beskrivning
av Åsa-projektet både vad gäller dimensionering,
principschema och lagringstank. I Åsa-projektet som
består av 165 m² solfångare och en 20 m³ tank blir
solenergens täckningsgrad knappt 1/3 eller ca 36 MWh.
Merkostnaden för detta system gentemot det ursprung-
liga projekterade elalternativet är ca 203 tkr,
vilket innebär 1230 kr per m² total solfångaryta eller
5.6 kr per årlig besparad kWh (jan 1985).

För Eksta Bostadsstiftelse som finansierar anlägg-
ningen med utökat statligt bostadslån, blir kostnaden
för solenergin 33 öre/kWh och för elenergin 41 öre/kWh
varför priset för levererad energi blir ca 39 öre/kWh
då solenergin utgör 1/3 och elenergin 2/3 av tillförd
energi.

3. VÄRMESYSTEMETS PRINCIPIELLA UPPBYGGNAD

Värmesystemet består av en värmeproduktionsdel och ett konventionellt vattenburet radiatorsystem.

Värmeproduktionsdelen består huvudsakligen av takintegrerade medeltemperatursolfångare, en välisolerad lagringstank samt en anordning för tillsatsenergi dimensionerad för hela effektbehovet.



Figur 3.1 Värmesystemets principiella uppbyggnad

Den öppna (icke trycksatta) lagringstanken innehåller vatten som lagringsmedium. Både av solfångarna producerad energi och tillsatsenergi levereras till tanken. Värmeuttag från tanken till radiatorer och varmvatten sker med hjälp av i tanken placerade värmebatterier.

Energi från solfångarna används i första hand till att förvärma kallvattnet som skall värmas till varmvatten. Under sommaren klaras energibehovet till varmvatten i stort sett helt av solfångarna. Vår och höst när returtemperaturen från radiatorerna är låg ger solfångarna även bidrag till värmeförsörjningen.

Anordningen för tillsatsenergi producerar energi under perioder då solenergin är otillräcklig. Som tillsatsenergi kan t ex olja, el, ved eller flis användas. Värmesystemet är således mycket flexibelt vad gäller tillsatsenergi.

Övre delen av tanken hålls alltid varm för varmvattenberedning. Inkommande kallvatten kyler nedre delen av tanken till vilken solfångarna är kopplade. På så sätt arbetar solfångarna med lägsta möjliga temperatur.

4. BERÄKNINGAR

För beräkningarna används datorprogrammet SUNSYST som började utvecklas i slutet av 70-talet för att simulera energisystem som innehåller solfångare, värmepump och markvärmelager. I denna applikation har SUNSYST använts i Annex II inom IEA-arbetet.

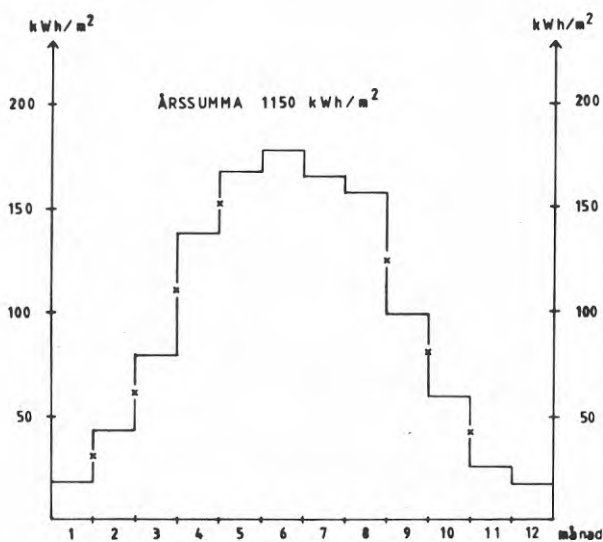
Sedermera har SUNSYST kompletterats så att anläggningar med solfångare och lagringstank (vatten) har blivit möjliga att simulera. SUNSYST har använts som dimensioneringshjälpmedel i ett flertal solanläggningar.

Beräkningarna tillgår så att varje timma under ett år beräknas hur mycket solenergi som kan omvandlas till nyttig energi i solfångarna. Härvid tas hänsyn till solinstrålning (molnighet), vind, utetemperatur, solfångarens fysikaliska egenskaper samt skiktning i tanken.

Energibehovet för värme- och varmvatten beräknas för varje timme. Temperaturen i lagringstanken bestämmer hur stor del av solenergibehovet som kan täckas med solenergi.

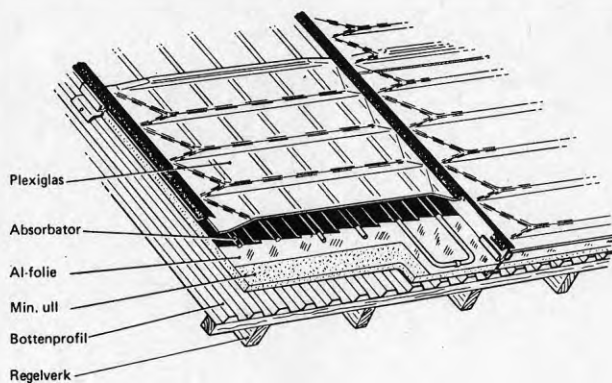
4.1 Förutsättningar

Beräkningarna är utförda för Göteborgsområdet med en normalårstemperatur på +7,8 gr. C och med en dimensionerande utetemperatur på -16 gr. C. Beräknad total (direkt + diffus) solinstrålningen mot solfångarna på byggnadens tak (riktning söder, lutning 27 grader) varje månad under ett normalår framgår av figuren nedan. Dessa beräkningar bygger på mångårig statistik från SMHI.

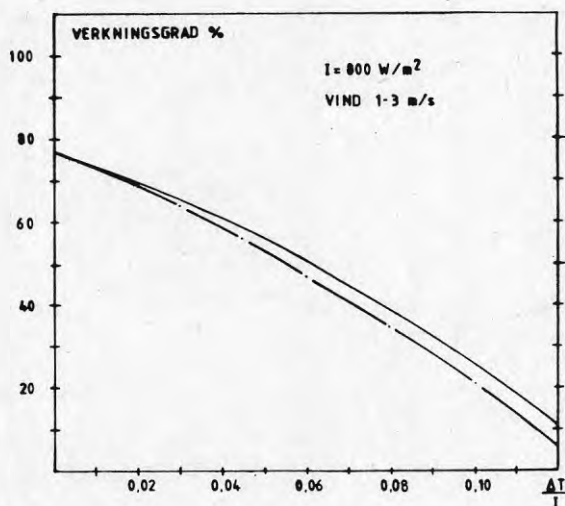


Figur 4.1 Beräknad total solinstrålning mot solfångare riktade mot söder med lutningen 27° under ett normalår

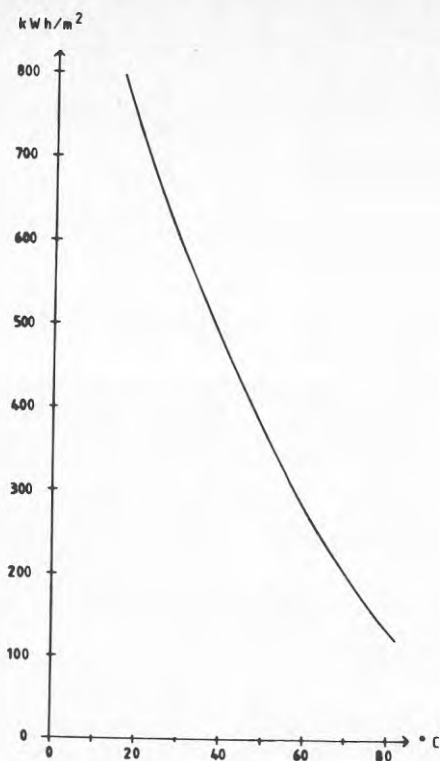
Solfångarna förutsätts vara av plan typ integrerad i tak, med en täckskiva och selektiv absorptor, av fabriken TeknoTerm IT.



Figur 4.2 Solfångare TeknoTerm IT integrerad i tak (bilder från ENERGI 85)



Figur 4.3 Solfångarens verkningsgradskurva enl. test vid Statens Provningsanstalt (heldragen). I beräkningarna använd kurva för solfångarsystemet inkl. rörsystemet (streck-prickad).



Figur 4.4 Beräknat årligt utbyte från solfångaren som funktion av konstant drifttemperatur under normalår. Solfångaren riktad mot söder med lutningen 27° .

I beräkningarna som presenteras i kap. 4.2 är solfångarna riktade mot söder med 27 graders lutning.

Den med vatten fyllda lagringstanken förutsätts vara isolerad med 20 cm polyuretanskum ($\lambda = 0,025$ W/m gr. C), motsvarande ca 40 cm mineralull, utan några köldbryggor. Temperaturen i apparatrummet antas vara konstant 20 gr. C.

Beräkningarna utförs för två typer av referenslägenheter A och B båda med bostadsytan 64 m². Lägenhetstyp A är nybyggd, som i Åsa, med ett årsenergibehov på 7,2 MWh för värme (70%) och varmvatten (30%). Lägenhetstyp B är av äldre modell (50-, 60-talen) med årsenergibehovet 12,4 MWh varav 83% är värme och 17% varmvatten.

Lägenheterna i Åsa (typ A) har enligt ovan bostadsytan 64 m² vilket innebär att det specifika årsenergibehovet är 113 kWh/m² eller 80 kWh/m² för värme och 33 kWh/m² för varmvatten. På samma sätt blir motsvarande siffror för lägenhetstyp B 193 kWh/m² totalt eller 160 kWh/m² för värme och 33 kWh/m² för varmvatten.

Dimensionerande framledningstemperaturer till radiatorerna förutsätts vara 55 gr. C resp. 65 gr. C för typ A resp. typ B. Temperaturfallet över radiatorerna vid dimensionerande utetemperatur sätts till 10 gr. C.

4.2 Beräkningsresultat

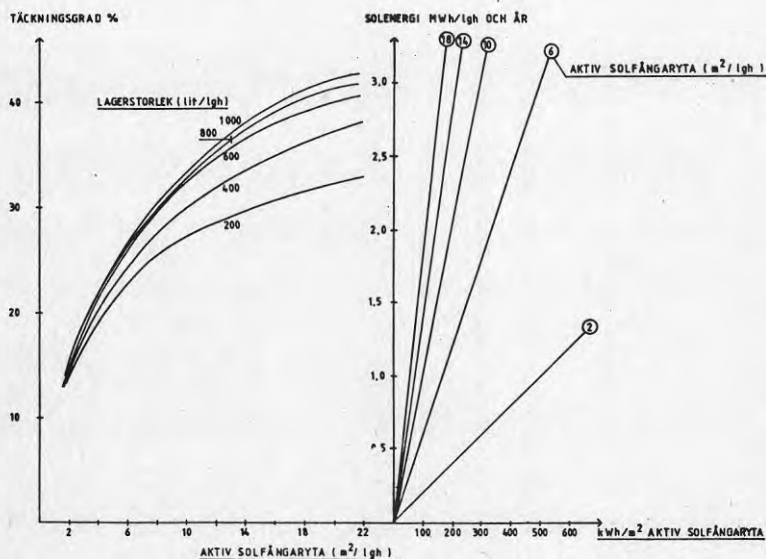
Ett stort antal beräkningar utfördes med SUNSYST för båda lägenhetstyperna. Resultatet av beräkningarna presenteras nedan i kap. 4.2.1.

I figurerna framgår solenergitillskott (MWh/lgh, år) och täckningsgrad som funktion av lagerstorlek (liter/lgh) och aktiv solfångaryta (m^2/lgh). Även tillgodogjord solenergi beräknat per m^2 aktiv solfångaryta kan utläsas ur figurerna.

Lagerstorlek är definitionsmässigt i beräkningarna den vattenvolym i tanken som inte kontinuerligt hålls varm för att säkerställa varmvattnets temperatur (jmf. kap. 3).

Inverkan av solfångarens riktning och lutning behandlas i kap. 4.2.2.

4.2.1 Solenergitillskottets beroende av lagerstorlek och aktiv solfångaryta vid olika energibehov

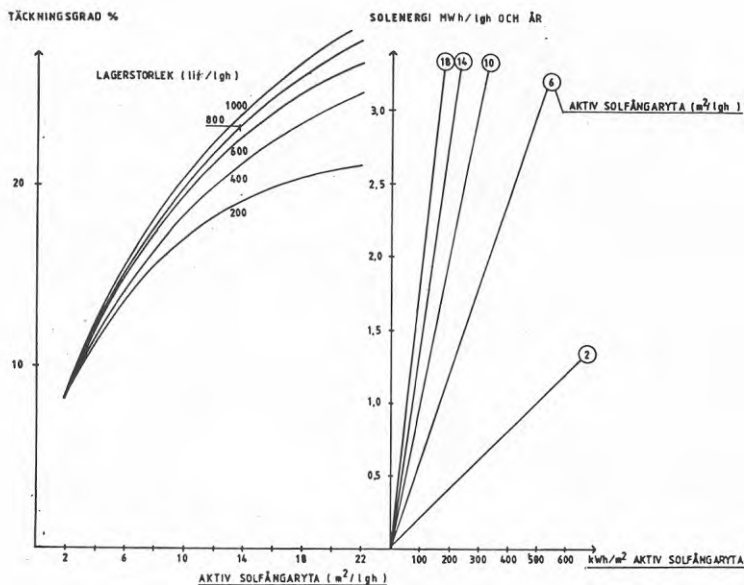


Figur 4.5 Beräkningsresultat för lägenhetstyp A.
Arsenergibehov 7,2 MWh (30% varmvatten, 70% värme)

Av figur 4.5 framgår hur solenergitillskottet ökar med ökande aktiv solfångaryta och lagerstorlek. Ökningarna är dock inte linjära vilket innebär att en optimal kombination finns.

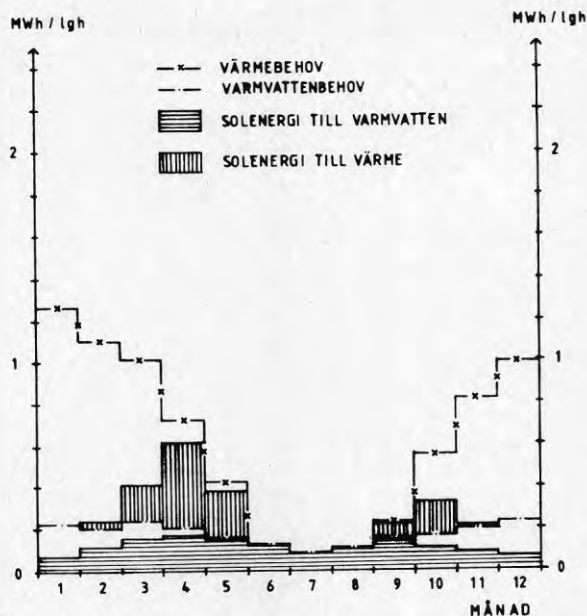
För lägenhetstypen B sammanfaller en större del av energibehovet för värme med solsäsongen än för lägenheter av typ A. Detta innebär att en vald storlek på ett solfångarsystem ger ett större energitillskott i en lägenhet typ B än A. Dock blir täckningsgraden mindre i typ B än A.

Som exempel kan vi titta på ett system med lagerstorleken 600 liter/lgh och solfångarytan 14 m²/lgh. Detta system ger för typ A ett tillskott på 2.6 MWh/lgh och år vilket innebär att täckningsgraden blir ca 36%. Motsvarande siffror för typ B blir 3 MWh/lgh och år resp. 24%

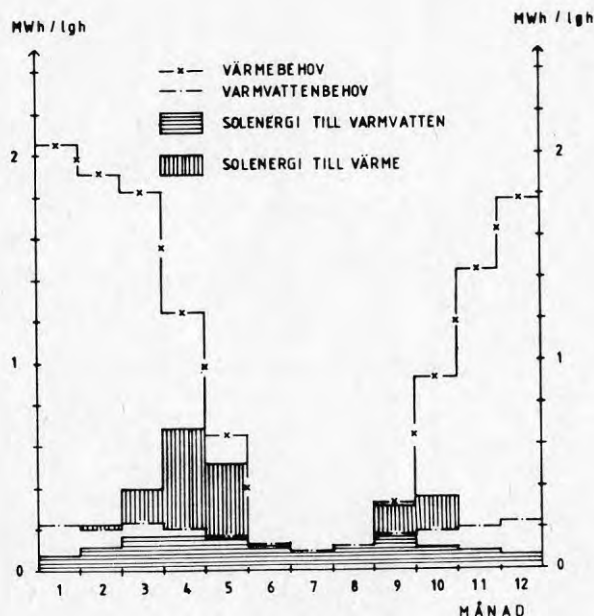


Figur 4.6 Beräkningsresultat för lägenhetstyp B.
Årsenergibehov 12,4 MWh (17% varmvatten, 83% värme)

I figurerna 4.7 och 4.8 nedan framgår energibehovet för varmvatten och värme per månad liksom solenergitillskottet per månad för de ovan nämnda exemplen.



Figur 4.7 Energibehov och solenergitillskott för en lägenhet typ A med 14 m^2 aktiv solfångaryta och 600 l lager



Figur 4.8 Energibehov och solenergitillskott för en lägenhet typ B med 14 m^2 aktiv solfångaryta och 600 l lager

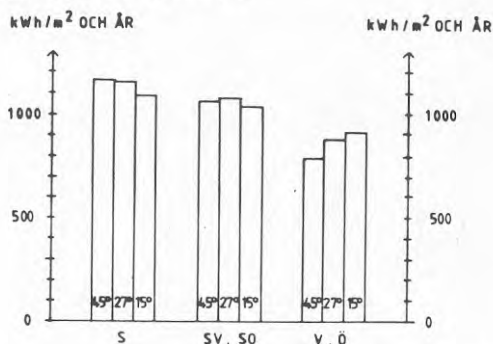
4.2.2 Solenergitillskottets beroende av solfångarens riktning och lutning

För att belysa hur solenergitillskottet beror av solfångarens riktning och lutning gjordes inledningsvis beräkningar (SUNSYST) för att undersöka hur solinstrålningen mot en yta beror av ytans riktning och lutning.

I dessa beräkningar har antagits att molnigheten är jämt fördelad över dagen d v s att ur instrålningssynpunkt är en yta riktad mot t ex sydväst (SV) identisk med en yta riktad mot sydost (SO).

I figur 4.9 framgår resultatet av beräkningarna. Att rikta solfångarna mot söder är som väntat bäst. Försämringen genom att rikta solfångarna mot sydväst eller sydost (SV, SO) istället är inte påfallande (ca 10%). Däremot minskar solinstrålningen betydligt om solfångaren istället för mot söder riktas mot väster eller öster (ca 25%).

Lutningen spelar en relativt liten roll om solfångaren är riktad mot söder eller sydväst, sydost. Bästa lutning av de här valda taklutningarna för en söderriktad solfångare är 45 grader, för solfångare riktad mot sydväst, sydost 27 grader och för en solfångare riktad mot väst, öst 15 grader.

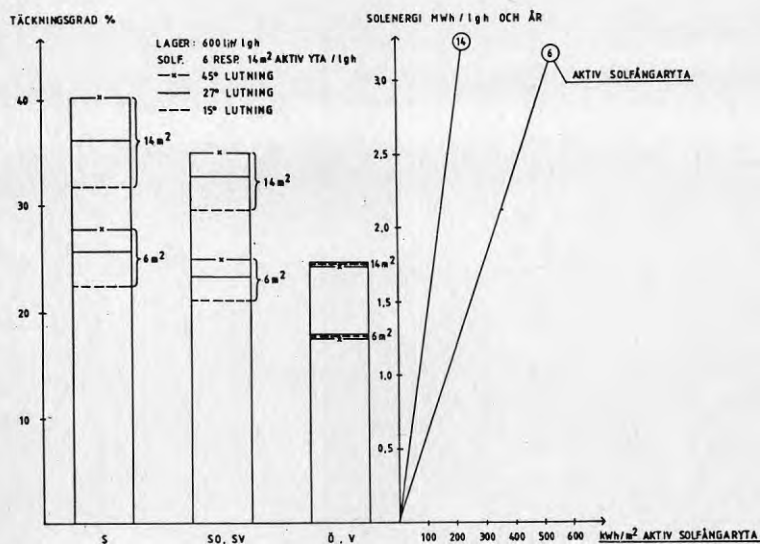


Figur 4.9 Solinstrålning under ett normalår mot lutande plan i olika riktningar.

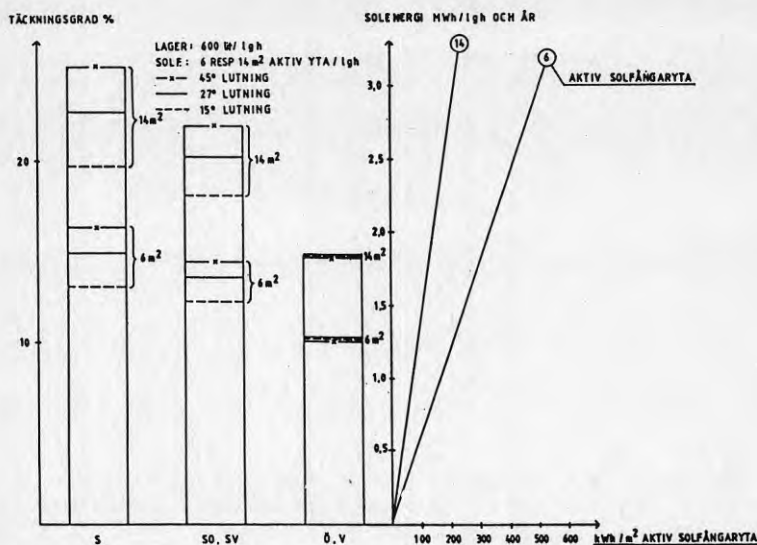
Solenergitillskottet till byggnaden förändras mer än årlig solinstrålning när solfångarens riktning ändras. T ex om man vrider en solfångare med lutningen 27 gr. från sydlig riktning till östlig riktning minskar instrålningen med ca 24%. Solenergitillskottet för en lägenhet typ A minskar, i detta fall, med 32% och för en lägenhet typ B minskar solenergitillskottet med 35%

Två solvärmesystem med 6 resp. 14 m² aktiv solfångaryta/lgh och vardera 600 l lager/lgh valdes för att göra beräkningar på. Beräkningarna, som utfördes för båda typerna av lägenhet, hade som syfte att bestämma solenergitillskottet vid varierande lutning och rikt-

Av figurerna 4.10 och 4.11 framgår att lutningen spelar störst roll för solenergiutbytet när solfångarna är riktade mot söder, mindre betydelse har lutningen när solfångarna riktas mot sydväst, sydost och när solfångarna är riktade mot väster eller öster spelar lutningen ingen roll alls d v s direkt omvänt gentemot solinstrålningen enl. figur 4.9.



Figur 4.10 Beräkningsresultat för lägenheter typ A.



Figur 4.11 Beräkningsresultat för lägenheter typ B.

Nedan har sammanställts en tabell med korrektionsfaktorer som solenergitillskottet i figurerna 4.5 och 4.6 multipliceras med för att korrigera för solfångarnas lutning och viktning.

Lutning \ Riktning	S	SV, SO	V, Ö
15 grader	0,88	0,81	0,67
27 grader	1,00	0,90	0,67
45 grader	1,09	0,96	0,66

Figur 4.12 Korrektionsfaktorer för solfångarnas lutning och riktning.

Som exempel tar vi en fastighet med lägenheter av typ B. Hur mycket blir solenergitillskottet med ett solvärmsystem med 10 m² aktiv solfångaryta/lgh och 800 l lager/lgh om solfångarna lutar 15 grader mot sydost?

Svaret fås genom att först gå in i figur 4.6 (typ B) och där läsa av 2,48 MWh/lgh och år. Korrektionsfaktorn enl. figur 4.12 blir 0,81 d v s solenergitillskottet i detta exempel blir $2,48 \times 0,81 = 2$ MW/lgh och år (16% täckningsgrad) eller 200 kWh/m² aktiv solfångaryta.

5. ÅSA-PROJEKTET

Energiförbrukaren i Åsa-projektet är två nybyggda bostadshus med 16 lägenheter. Husen, vars ena takhalva är riktad mot söder, är uppfört på en stöd-pålad bottenplatta med lägenhetsskiljande betongväggar och betongbjälklag.

Byggnaden som är isolerad utöver kraven i SBN 80 har följande k-värden:

markbjälklag	0.3 W/m ² gr. C
vindsbjälklag	0.15 W/m ² gr. C
ytterväggar	0.2 W/m ² gr. C
fönster (treglas m. argongas)	1.2 W/m ² gr. C

Totalt uppvärmd bostadsyta är 1025 m² eller 64 m² per lägenhet. Beräknat maximalt effektbehov för transmissionsförluster är 35 kW. Årsenergibehovet för täckande av transmissionsförlusterna beräknas bli 81 MWh/år eller räknat per m² bostadsyta 79 kWh/m² och år.

Utgående från mätningar av årsenergiförbrukningen för varmvatten i liknande bostäder som i Åsa, bedöms denna förbrukning i Åsa-projektet vara 2100 kWh per lägenhet eller 34 MWh totalt. Räknat per m² bostadsyta blir årsenergibehovet för varmvatten 33 kWh/m² och år.

Byggnadens ventilationssystem består av ett i varje lägenhet balanserat system med värmeåtervinning. Som tillsatsenergi för ventilationen används elenergi. Beräknat elenergibehov är 700 kWh per lägenhet och år.

I denna rapport beskrivs ett värmeproduktionssystem, bestående av takintegrerade solfångare och elpanna, som skall förse byggnaden i Åsa-projektet med energi för uppvärmning och varmvattenberedning. Totala årsenergibehovet för detta beräknas enl. ovan vara 115 MWh/år eller räknat per m² bostadsyta 112 kWh/m² och år.

Energibehovet omräknat per lägenhet blir 7200 kWh/år varav 2100 kWh används till varmvatten. Detta energibehov överensstämmer med energibehovet för lägenhetstyp A enligt kap. 4.

5.1 Dimensionering

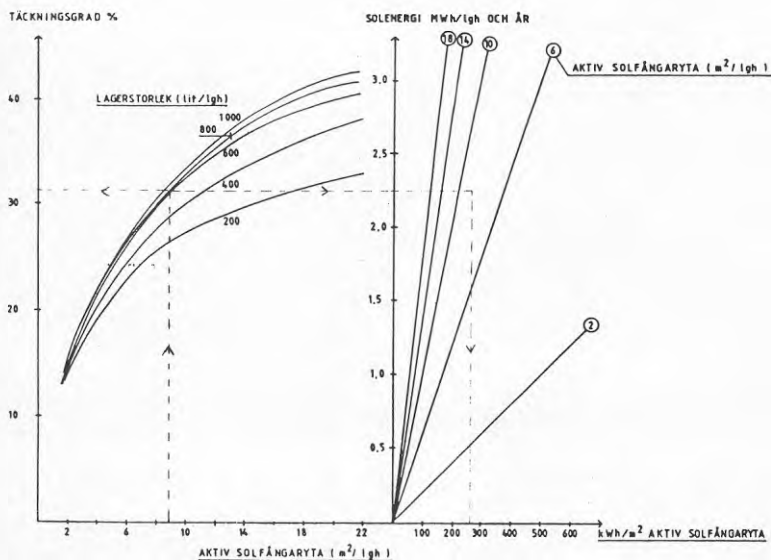
Vid dimensionering måste givetvis hänsyn tas till tillgänglig takyta och plats för lagringstank. Dessutom bör möjligheter och villkor för finansiering vara klargjorda.

Som framgår av beräkningsresultaten i kap. 4 (se fig. 5.1) börjar ökningstakten av täckningsgraden avta när den aktiva solfångarytan blir större än 8-10 m² aktiv solfångaryta. Täckningsgraden är då ca 30% vilket således framstår som ett bra utgångsläge för dimensionering

I figur 5.1 ser man att den minsta solfångarytan man kan ha för att uppnå det är ca 8 m²/lgh. Utökning av det statliga bostadslånet, vid byggande av en solvärmeanläggning, har en övre gräns vid ca 8 m²/lgh.

I Åsa-fallet finns två aktuella takytor för solfångare om ca 175 m² vardera. 8 m² solfångare per lägenhet innebär 128 m² totalt. Detta är aktiv solfångaryta (aperturyta). Den totala solfångarytan inklusive gummilister och täckplåt i detta fall blir ca 150 m².

Lämpligt är sålunda att bygga ett av taken fullt med solfångare. Hela ytan kan dock inte utnyttjas p g a att solfångaren är uppbyggd av moduler och därmed låst till vissa mått. Totalt går det att få in 140 m² aktiv yta vilket motsvarar ca 165 m² total solfångaryta. Detta innebär 8,75 m² aktiv solfångaryta/lgh.

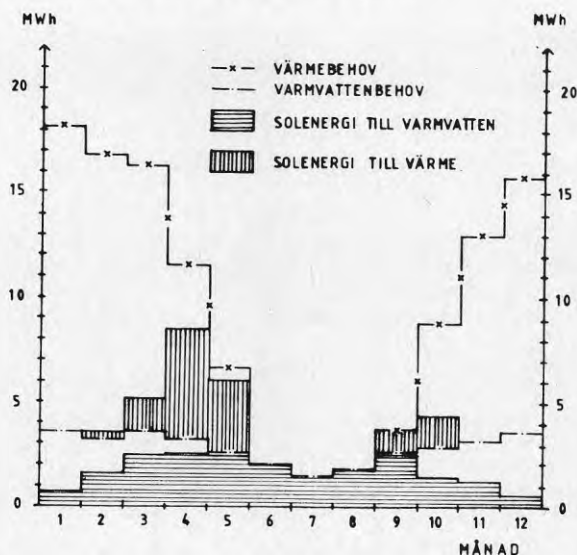


Figur 5.1 Dimensioneringsdiagram lägenheter typ A.

Enligt figur 5.1 skulle lagerstorleken 600 l/lgh räcka för att erhålla en täckningsgrad på 30%. Med tanke på eventuell framtida utförande av ytterligare 16 lägenheter i Åsa, mängden vatten som behöver hållas konstant varmt för varmvattnet samt utrymme för expansion har en 20 m³ stor tank valts (se vidare kap. 5.2.1). Lagerstorleken enl. definitionen i kap. 4 blir drygt 800 l/lgh eftersom 6 m³ hålls konstant varmt för varmvattnet och 1 m³ behövs för vattnets expansion.

Täckningsgraden blir ca 31% eller totalt 36 MWh för Åsa-projektet. Utbytet räknat per aktiv solfångaryta blir ca 255 kWh/m². Inräknas lister och täckplåt blir utbytet ca 215 kWh/m² total solfångaryta.

Figur 5.2 nedan visar energibehovet och solenergi-tillskottet uppdelat per månad i Åsa under ett normalår. Tanktemperaturen kan under korta perioder sommartid uppgå till 100 gr. C d v s kokning kan förekomma eftersom tanken inte är trycksatt. Vid dessa tillfällen tillåts solfångarpumparna arbeta även under natten för att kyla tanken, och dessutom ersätts bortkokat vatten med nytt.



Figur 5.2 Beräknad energibalans för Åsa

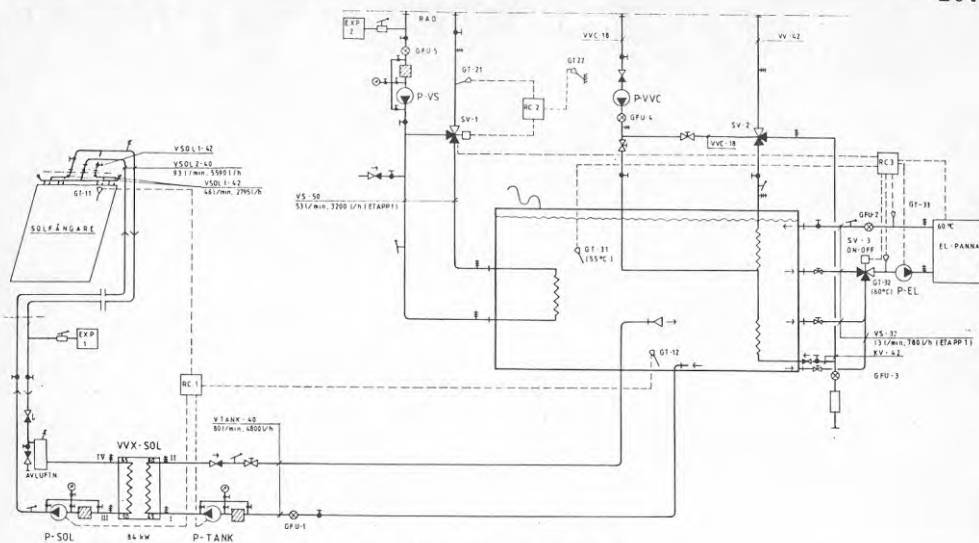
5.2 Värmesystemet

I figur 5.3 nedan framgår principschemat för värmesystemet i Åsa-projektet.

Lagringstanken, som beskrivs i nästkommande kapitel 5.2.1, utgör medelpunkten i systemet. Till tanken produceras energi från solfångarna och i detta fall från elpannan. Via värmebatterier levereras energi till radiatorer och varmvatten.

Solfångarna levererar energi via en värmeväxlare, VVX-SOL, till lagringstanken. På detta sätt begränsas användandet av fryspunktnedsättande vätska (50% propylenglykol) och tanken behöver inte trycksättas. På solsidan byggs ett avluftningskärl in för att säkerställa avluftningen.

Solfångarna värmer vatten som hämtas vid tankens botten. Kallvatten som skall värmas till varmvatten leds in vid tankens botten och därmed arbetar solfångarna alltid med lägsta möjliga temperatur.



Figur 5.3 Principschema för Åsa-projektet.

Temperaturhöjningen över solfångarna vid dimensionerande effekt är 15 gr. C. På denna relativt låga temperaturhöjning levereras det av solfångarna uppvärmda vattnet på en jämförelsevis låg nivå i tanken.

Elenergin tillförs i toppen av tanken. Elpannan styrs mot temperaturen 60 gr. C vilket är den temperatur som kontinuerligt hålls i toppen av tanken för varmvattenberedningen. Beroende på driftläge värms endast den övre delen av tanken eller även mittsektionen och eventuellt nedre delen. Detta förklaras närmare längre fram i detta kapitel.

Värme till radiatorerna tas ut ur tanken via värmebatterier i tankens mellersta del. Styrventilen SV-1 styrs av reglercentralen RC 2 så att önskad framledningstemperatur erhålls. Denna framledningstemperatur väljs av RC 2 beroende på utomhustemperatur och inställd kurva. Dimensionerande framledningstemperatur är 55 gr. C vid -16 gr. C utomhustemperatur. Temperaturfallet över radiatorerna vid detta tillfälle är 10 gr. C. Sålunda kommer returtemperaturen att ligga i intervallet 30-40 gr. C under stora delar av året vilket innebär att solfångarna kan bidra till uppvärmningen.

Varmvatten bereds i värmebatterier på två nivåer i tanken. Kallvatten leds in längst ner och förvärms i värmebatterier placerade lågt i tanken. Eftervärmning av varmvattnet sker i det övre batteriet. Varmvattencirkulationen kopplas till ett av de batterier som är placerat i övre delen av tanken.

Solenergi tillförs tanken då temperaturen på solfångarna (GT-11) överstiger temperaturen vid botten i tanken (GT-12) med en viss inställd differens på reglercentralen RC 1. Härvid startar pumparna P-SOL och P-TANK.

På motsvarande sätt stannar pumparna när solfångarna inte är tillräckligt varma.

Tillförsel av elenergi, som styrs av RC 3, sker vid två driftfall. Det första fallet är när GT-31 registrerar 55 gr. C d v s när det övre varma skiktet börjar svalna. I detta läge öppnar ventilen SV-3 mot den övre anslutningen, pumpen startar och elpannan värmer till 60 gr. C. När GT-32 registrerar 60 gr. C är skiktet uppvärmt och elpannan och pumpen stannar.

Det andra fallet är när ventilen SV-1 i radiator-kretsen öppnar fullt mot tanken d v s då önskad framledningstemperatur precis kan upprätthållas. I detta läge startar elpannan, SV-3 öppnar mot anslutningen ca 1 m över tankens golv och det övre varma skiktet utökas så att detta börjar täcka värmebatterierna som är kopplade till radiatorsystemet. När tillräckligt mycket elenergi har tillsats börjar SV-1 att reglera d v s blanda in returvatten. I detta läge stannar elpanna och pump. På detta sätt hålls endast så mycket av tanken vid hög temperatur som behövs vid rådande effektbehov.

För eventuell ytterligare lagring av energi i tanken kan en anslutning i nedersta delen av tanken, som är ansluten till SV-3, användas. På så sätt kan t ex nattel lagras i tanken under vintern. Man måste dock vara medveten om att detta innebär att tillförsel av solenergi försvåras p g a den höga temperaturen i nedre delen av tanken.

5.2.1 Lagringstanken

Lagringstanken, med vatten som medium, byggs som en oljetank med inbyggda värmebatterier. Fördelen med detta är framförallt priset men det är också en fördel ur placeringssynpunkt att kunna bygga tanken fyrkantig och med stor måttflexibilitet.

All leverans av energi från produktionsenheterna, solfångare och elpanna, går via lagringstanken till förbrukarna. Via värmebatterier i tanken tas energi för uppvärmning och varmvatten till byggnaden. I detta fall är batterierna dimensionerade för 32 lägenheter eftersom en tillbyggnad planeras under 1987.

Tanken byggs med måtten 5 x 2 x 2 m d v s volymen är 20 m³. De övre 10 cm (ca 1 m³) används för vattnets expansion. Värmebatterierna monteras i tre nivåer (se figur 5.4).

Den övre nivån, ca 60 cm, hålls kontinuerligt 60 gr. varm (under solrika dagar på sommaren: 100 gr. C) för varmvattenberedning. I detta skikt sitter sex batterier som klarar hela effektbehovet (sannolikt flöde) vad gäller varmvattnet. I nedre skiktet, ca 70 cm, finns ytterligare sex batterier som vart och ett är seriekopplat med ett batteri på den övre nivån. Denna nedre nivå av batterier tjänar som förvärmning av varmvattnet.

Om temperaturen på denna nivå i tanken är tillräcklig (55-60 gr. C) klaras hela effektbehovet för varmvattenberedning av dessa lågt placerade batterier. Dessa batterier innebär att temperaturen i tanken vid botten alltid är lägsta möjliga och sålunda arbetar solfångarna med lägsta möjliga temperatur.

I den mellersta nivån, ca 60 cm, sitter sex batterier för överföring av radiatorvärme.

Batterierna på varje nivå är inbördes parallellkopplade medan övre och nedre nivån är seriekopplade två och två. Rörkopplingen mellan batterierna är gjord så att flödesfördelningen i batteriern blir likformig utan att instrypningsventiler används. I figur 5.4 framgår hur batterierna placeras i sex grupper med tre batterier ovanpå varandra i varje grupp.

Vatten från tankens botten, som skall värmas med solenergi, hämtas i fyra öppna rörändar symmetriskt placerade på tankens botten. Det soluppvärmda vattnet levereras till tanken i gränzonen mellan nedre och mellersta batterinivån i ett rör med många små hål horisontellt dimensionerade för att en så liten omrörningsverkan som möjligt erhålls.

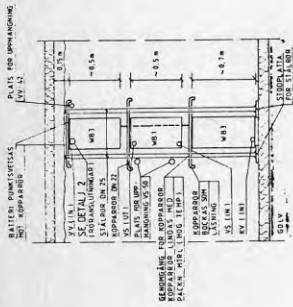
Vatten som skall värmas med elpannan hämtas från en av två nivåer i ett av tankens hörn, enligt föregående kapitel, och levereras högst upp i diagonalt motsatt hörn.

Tankens insida och rören i tanken är inte ytbehandlade på något sätt. För att undvika korrosion utförs följande tre åtgärder.

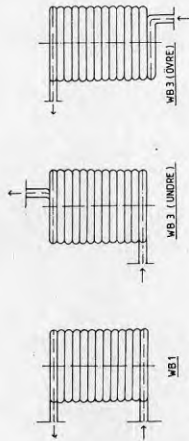
Till vattnet tillsätts en inhibitor som bildar ett skydd på väggar och rör. Dessutom binder inhibitorn syre. Vid idrifttagningen värms tanken upp till ca 90 gr. C varvid syre frigörs från vattnet. Därefter tillsätts paraffinolja som lägger sig som ett skikt på vattenytan som ett skydd mot luftens syre. Den tredje åtgärden är att förhindra ventilering av utrymmet ovan vattenytan. Detta görs med ett vattenlås som utförs genomskeinligt så att nivåerna kan kontrolleras.

I Åsa byggs tanken in med en extra vägg. Tanken ställs på skivor av polyuretanskum som utgör isolering mot golvet. I utrymmet mellan väggarna och tanken, ca 20 cm, sprutas polyuretanskum in som isolering. Likaså isoleras tankens tak med polyuretanskum ca 30 cm. Värmeledningstalet efter lång tid för polyuretanskummet (densitet ca 30 kg/m³) förväntas bli 0,025 W/m gr. C, vilket ungefär är hälften av värmeledningstalet för mineralull. Att isolera med polyuretanskum är dyrare än att isolera med mineralull. Men isolering med polyuretanskum innebär att köldbryggor inte förekommer och i detta fall var det mycket enklare, pga utrymmesskäl, att utföra denna typ av isolering än med mineralull.

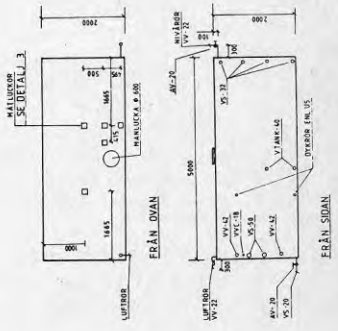
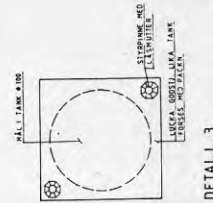
- FESTLÖSELESE
- VBOL - värmelåda belysning (koppar)
 - VBOM - värmelåda belysning (koppar)
 - VBOM - värmelåda belysning (koppar)
 - VBOM - värmelåda belysning (koppar)
 - VBOM - värmelåda belysning (koppar)
 - VBOM - värmelåda belysning (koppar)
 - VBOM - värmelåda belysning (koppar)
 - VBOM - värmelåda belysning (koppar)



DETALJ 1
UPPHANGNING AV BATERIER

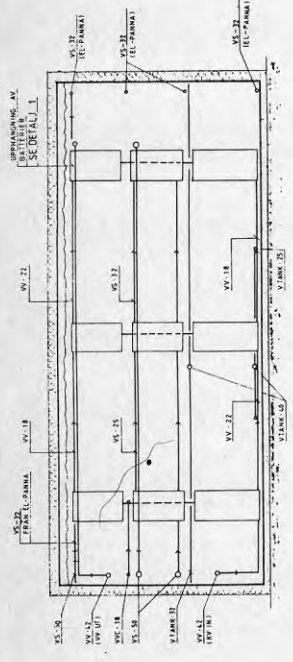


DETALJ 2
FORANSLUTNINGAR TILL BATERIER

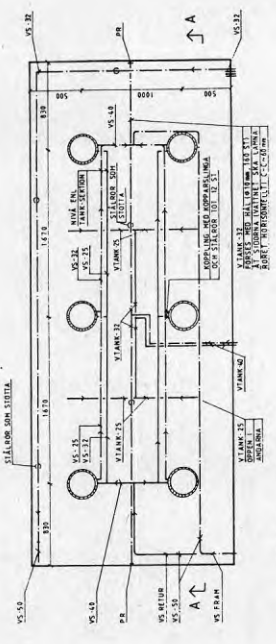


TANK - MÅTT

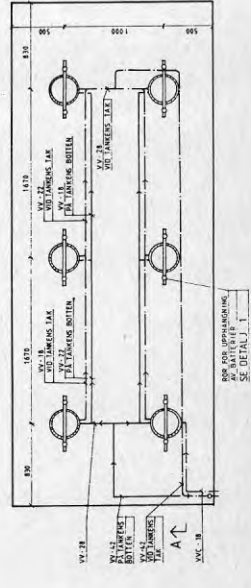
AVT	AVT	AVT	AVT	AVT
Andersson & Hultmark				
SCANDINAVIAN SOLAR AB				
EKSTAS BOSTADSFÖRENING				
SOLVÄRMEANLÄGGNING ÅSA 3:205				
LAGRINGSTANK - DETALJER				
ÅRS 1980				
IV 50 2				



TANK - SEKTION A-A



TANK - VS - VTANK



TANK - VV - VVC

Figur 5.4 Lagringstanken i Åsa-projektet.

Beräknad förlusteffekt från tanken är ca 6 W per grad temperaturskillnad mellan tank och omgivning. På ett år innebär detta 1400-1500 kWh enligt beräkningarna.

5.3 Investeringskostnad

Vid planeringen av de aktuella bostäderna med 16 lägenheter i Åsa bestämdes att uppvärmningsanordningen skulle utgöras av en central elpanna. Anläggningen projekterades och anbud begärdes in från entreprenörer. En totalentreprenör antogs.

Parallellt med anbudsskedet för alternativet med en central elpanna skisserades ett solalternativ och ett pris begärdes in från en entreprenör. I den offert som gavs ingick ett totalt värmeproduktionssystem med solfångare (140 m² aktiv yta), lagringstank (20 m³) och elpanna enl. tidigare i denna rapport beskrivet system.

Priset på totalentreprenörsbasis för denna solenergi-anläggning var 288 tkr (nov 1983). Ungefärlig fördelning av kostnaderna blev: 40% för solfångarna, 20% för komplett tank och resterande 40% på övrig utrustning i apparatrummet. Totalentreprenören var beredd att minska sitt pris med 100 tkr om han inte skulle bygga elpannan med kringutrustning i apparatrummet samt inte lägga råspont, papp, läkt och tegelpannor på taket där solfångarna skulle placeras.

Eksta Bostadsstiftelse bestämde sig för att bygga solalternativet till en merkostnad av 188 tkr. Offererat pris på solfångarna var 800 kr/m² total solfångaryta. Merkostnaden för solfångarna blir ca 695 kr/m² eftersom råspont, papp, läkt och tegelpannor värderades till ca 105 kr/m².

Investeringskostnaden för hela solvärmesystemet i Åsa-projektet blir således, räknat som merkostnad, 1140 kr/m² total solfångaryta eller 5,2 kr/årlig besparad kWh eller med indexuppräknning till januari 1985 ca 1230 kr/m² total solfångaryta resp. 5,6 kr/årlig besparad kWh.

5.4 Underhållskostnad och livslängd

Underhållet för solfångaranläggningen inskränker sig till pumpar, värmeväxlare och styrutrustning i apparatrummet. Underhållskostnaden bedöms vara 2000 kr per år.

Olika delar i solfångaranläggningen har olika livslängd. Solfångarna är uppbyggda av aluminium, koppar och EPDM-gummi. Isoleringen utgörs av stenull. Dessa material har en medellivslängd på minst 30 år.

Solfångarens täckglas, som består av korrugerad akryl, är den komponent i solfångaren som har kortast livslängd. Denna bedöms vara ca 20 år.

Pumpar och reglerutrustning har en livslängd på minst 15 år. I lönsamhetsberäkningarna har en kostnad på 1500 kr/år tagits med för byte av pumpar, reglerutrustning, täckglas etc.

Rörledningar, tank, värmebatterier och värmeväxlare är standardkomponenter med en livslängd på minst 30 år.

5.5 Lönsamhet

Eksta Bostadsstiftelsens investeringskostnader för solvärmeanläggningen i Åsa ryms helt inom den statliga belåningen vid nybyggnad. Den garanterade räntan för 1985 är 3% och stiger enligt nuvarande bestämmelser med 0,25% per år. Någon amortering på det statliga lånet sker inte förrän den garanterade räntan överstiger faktisk ränta. Detta inträffar med nuvarande bestämmelser och ränteläge inte under första 20-årsperioden.

Vad kostnar solenergin resp. elenergin i Åsa för Eksta Bostadsstiftelse?

För att räkna ut detta måste vi dela upp investeringskostnaden på det som skall belasta solenergin och det som skall belasta elenergin. Indexuppräknning till januari 1985 ger att totala investeringskostnaden är ca 311.000 kr.

Solvärmesystemets investeringskostnad, exkl. elpannan och dess kringutrustning, beräknas till 278.000 kr. Sålunda kostar elpannan och dess kringutrustning 33.000 kr.

Första årets kapitalkostnader för solenergin blir enl. ovan 3% av 278.000 kr vilket motsvarar 8340 kr. Underhållet antas belasta solenergin helt och hållet (3500 kr). Totala kostnaden första året för solenergin blir således 11840 kr. Beräknad solenergiproduktion är enl. kap. 5.1 36 MWh vilket betyder att solenergin kostar ca 33 öre/kWh första året. Av detta utgör underhållskostnaderna ca 10 öre/kWh.

Kapitalkostnaden för elenergin blir på samma sätt 3% av 33.000 kr vilket motsvarar 990 kr. Energikostnaden för elenergin är ca 38 öre/kWh vilket inkluderar abonnemangsavgift och skatt. Köpt elenergi med 95% verkningsgrad hos elpannan är ca 84 MWh årligen varför den totala årskostnaden för elenergin blir 32910 kr. Detta utslaget på 80 MWh levererad elenergi blir 41 öre/kWh första året.

Totala kostnaden för Eksta Bostadsstiftelse första året för den energi som produceras av solenergisystemet i Åsa blir ca 39 öre/kWh eftersom solenergin bidrar med ca 1/3 och elenergin med resten.

Kostnaderna för solenergin enl. ovan kommer inte att bli högre än första året så länge som finansieringsvillkoren förblir oförändrade och inflationen inte försvinner helt. Detsamma gäller kapitalkostnaderna för elenergin.

6. SLUTSATSER

Av beräkningarna i kap. 4 framgår att med en rimlig investeringskostnad blir täckningsgraden, för aktuell typ av solvärmesystem, ca 30-35% för nybyggda flerfamiljshus och 20-25% för flerfamiljshus byggda på 50- och 60-talen.

Vidare framgår av beräkningarna att en avvikelse i solfångarriktningen från söder inte har någon större betydelse i området mellan sydväst och sydöst. En större lutning är viktigare ju längre bort från söder solfångaren är riktad.

I beskrivningen av Åsa-projektet visas hur man på ett enkelt sätt kan kombinera ihop tillsatsanordningar för solenergi och, i detta fall, elenergi med värmväxlarbatterier i lagringstanken så att bästa möjliga utnyttjande av skiktning i tanken erhålls.

Den specifika merkostnaden i Åsa för solvärmesystemet med den kompletterande elpannan blir 1230 kr/m² total solfångaryta eller 5,6 kr/årlig besparad kWh (jan 1985).

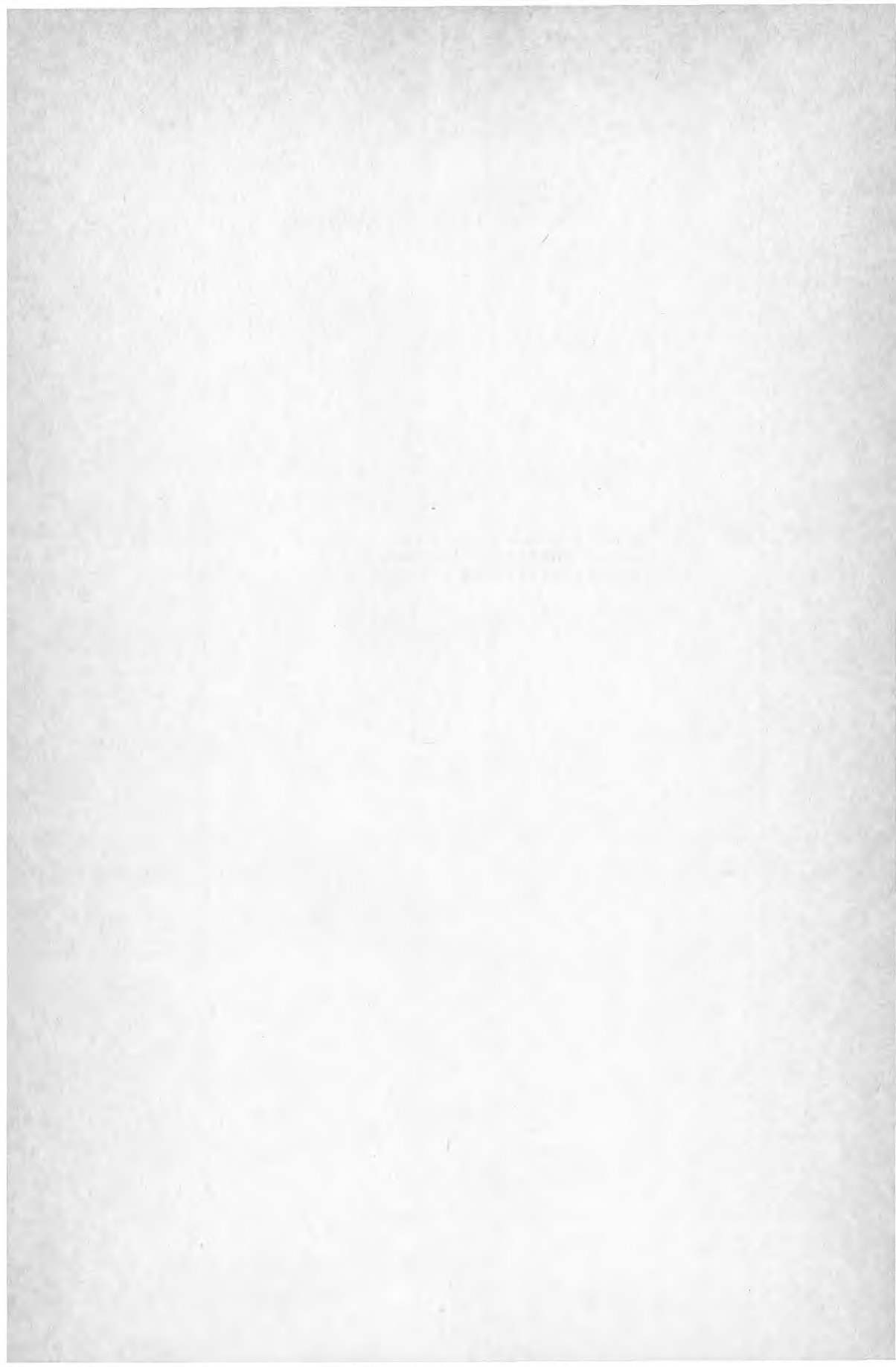
Eksta Bostadsstiftelses kostnad för producerad energi blir 39 öre/kWh. Solenergin kostar 33 öre/kWh inkl. lagring och elenergin 41 öre/kWh.

Vid denna typ av system med en lagringstank är också dygnsackumulering liksom en flis- eller oljepanna mycket intressant då tanken används som buffert.

Med tanke på att Åsa-projektet är ett enstaka projekt, utan att kunna dra fördel av serieproduktion, och dessutom relativt litet framstår kostnaden för solenergin som mycket intressant redan idag.

7. REFERENSER

1. Duffie I.A & Beckman W.A
Solar Energy Thermal Processes
John Wiley & Sons, New York 1974
2. Hultmark G. & Olsson S.
Solfångare integrerad i tak för beredning
av tappvarmvatten.
BFR-rapport R70:1981
3. Petersson F.
Varmvattenberedning med solenergi - några
synpunkter på projektering.
VVS-SPECIAL 2: 1980
4. Isaksson P., Lagerkvist P.O. m fl
Solvärmsystem för uppvärmning och varmvatten-
beredning med korttidslager.
BFR-rapport R146:1984
5. Bernestål B., Hultmark G. & Olsson S.
Soltappvarmvatten i flerfamiljshus
BFR-rapport R192:1984
6. TEKNOTERM Solfångare typ IT
Produktbroschyr okt. 1984





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 840092-0
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Andersson
& Hultmark, Göteborg.**

R51: 1985

ISBN 91-540-4376-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705051

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirka pris 25 kr exkl moms