



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

R34:1983

Solvärmesystem

Kostnader nu och i framtiden

**Örjan Isacson
Henrik Poppius**

*R
AW*

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

Byggeforskningsrådet

R34:1983

SOLVÄRMESYSTEM

Kostnader nu och i framtiden

Örjan Isacson
Henrik Poppius

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811100-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till Scandiaconsult AB, Stockholm.

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

R34:1983

ISBN 91-540-3902-9
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

1.	FÖRORD	5
2.	SAMMANFATTNING	6
3.	BAKGRUND	7
4.	EKONOMISK VÄRDERING AV SOLVÄRME KONTRA ÖVRIGA UPPVÄRMNINGSSALTERNATIV	8
4.1	Allmänt	8
4.2	Energikostnader	8
5.	BESKRIVNING AV DE AKTUELLA SOLVÄRMESYSTEMEN	10
5.1	Tappvarmvattensystem	10
5.2	Solvärmesystem i kombination med värmepump och värmelager	11
5.3	Solvärme för fjärrvärmesystem	12
6.	KOSTNADER FÖR SOLVÄRMESYSTEM I I SVERIGE 1981	13
6.1	Allmänt	13
6.2	Tappvarmvattensystem	14
6.3	Solvärmesystem i kombination med värmepump och värmelager	14
6.4	Solvärme för fjärrvärmesystem	14
7.	ANALYS AV KOSTNADERNA	25
8.	SOLVÄRMESYSTEMENS KOSTNADER I FRAMTIDEN ..	27
8.1	Allmänt	27
8.2	Solfångarkostnader	28
8.3	Andra komponenters kostnader	29
8.4	Sammanfattning av kostnadsmålsättningen för olika solvärmesystem för framtiden ...	29
9.	FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	35
10.	LITTERATURFÖRTECKNING	36

1 FÖRORD

Scandiaconsult AB har på anslag av Statens Råd för Byggnadsforskning utfört en förstudie som avser att analysera kostnaderna idag för tre olika solvärmesystem i Sverige och att bedöma kostnadsutvecklingen för dessa system.

De tre solvärmesystem som har analyserats är:

- Tappvarmvattensystem (storlekar för enbostadshus till storförbrukare, typ sjukhus)
- Solvärmesystem i kombination med värmepump och värmelager
- Solvärme för fjärrvärmenät. (Storlek 2 MW och däröver.)

En referensgrupp har tillsatts för projektet. Den har haft följande sammansättning:

Heimo Zinko, Studsvik Energiteknik AB
Gunnar Wilson, Gränges Aluminium.

Projektet har genomförts med hjälp av litteraturstudier, intervjuer av personer inblandade i olika solenergiprojekt, information från olika tillverkare och distributörer av solenergikomponenter och genom diskussioner med referensgruppen.

2 SAMMANFATTNING

Stora insatser sker idag över hela världen för att utveckla bättre och billigare solvärmesystem och -komponenter. För att marknaden för solvärmesystem skall öka måste priserna vara konkurrenskraftiga.

I denna rapport presenteras kostnaderna idag i Sverige för tre olika solvärmesystem. Totalt har 13 olika installerade eller projekterade anläggningar studerats. Resultatet visar att bara solvärmesystem i kombination med en värmepump och säsongsvärmelager kan konkurrera ekonomiskt idag i ett område vars byggnader använder oljeeldade pannor. Det studerade antalet anläggningar är emellertid för litet för att dra alltför långtgående slutsatser.

En bedömning har gjorts av de kostnader man kan förvänta sig på kort sikt (mitten av 80-talet) och på lång sikt (mitten av 90-talet) för de tre studerade typerna av solvärmesystem. När massproduktion av solfångare startar kommer priset för dessa att sjunka kraftigt. Detta inverkar mycket på totalkostnaden för systemen eftersom solfångarna idag svarar för 40 - 60 % av totalkostnaden. De andra kostnadskomponenterna kommer också att minska i pris när olika solfångarmoduler och solenergisystem byggs i stora enheter, när tillräcklig erfarenhet har vunnits så att systemuppbyggnaden kan betraktas som rutinarbete, när tillräckligt med projektrutin föreligger så att kostnaden för projekteringsarbetet kan minimeras och när tillräckligt med installatörer har utbildats så att installationsarbetet kan göras effektivt och billigt.

Om kostnadsmålsättningarna uppnås kommer solfångare för tappvarmvatten (vid nybyggnad av flerbostadshus) att vara ekonomiskt likvärdiga med elvärmesystem på relativt kort sikt (beräknad totalkostnad 0,31 kr/kWh i 1981 års priser). Solvärmesystem med värmepump och säsongslager samt solvärmesystem för fjärrvärmenät är, jämfört med andra studerade uppvärmningssystem, ekonomiska på relativt kort sikt.

Detta arbete föreslås bli utvidgat så att dels ett betydligt större antal befintliga solprojekt, både inom och utom Sverige, studeras och att den möjliga kostnadsutvecklingen på solfångare och andra solkomponenter studeras mer ingående. Den kostnadsutveckling som andra liknande industriprodukter har haft bör studeras och jämföras.

3 BAKGRUND

Priset på olja har sedan i början på 70-talet ökat med en faktor 8 och visar inga större tecken på att stabiliseras. Den politiska situationen är i många av de oljeproducerande länderna dessutom också mycket instabil och man måste realistiskt räkna med att den kommer att vara så även under det närmaste årtiondet.

Samtidigt skiner solen varje dag på jorden med en outtröttlig och icke påverkbar intensitet. Varje dag erhåller Sveriges yta i medeltal en energimängd av ca 1 400 TWh från solen, vilket är ca 2,6 gånger mer än den totala energimängd som Sverige förbrukar per år. Denna enorma energikälla kommer alltid att finnas till och priset på denna energi kommer inte att förändras. Bara metoderna att utnyttja solenergin kommer att ändras med förhoppningsvis lägre energipriser som följd.

Idag sker både i Sverige och i utlandet en stadig utveckling av olika solvärmesystem och komponenter till dessa. Nya effektivare solfångare, enklare stativanordningar, förbättrade reglersystem, nya lagringsformer, nya material etc kommer att bidra till att minska solenergikostnaderna.

Hittills har i Sverige ett relativt måttligt antal solsystem installerats. De flesta systemen för hus större än enbostadshus har installerats i försöksyfte. Kostnaderna för dessa prototypanläggningar är därför ofta höga och representerar inte de kostnadsnivåer man skulle kunna uppnå vid massproducerade system. Totalt installerades i Sverige under 1980 ca 20 000 m² solfångare. I USA var motsvarande siffra ca 2 000 000 m². Massproduktionens fördelar har ännu ej uppnåtts varken i Sverige eller ens i USA där det finns över 350 olika solfångartillverkare. När man kommer upp i stora tillverkningsserier kommer detta också att förhoppningsvis hjälpa till att nedbringa kostnaderna.

4 EKONOMISK VÄRDERING AV SOLVÄRME KONTRA ÖVRIGA UPPVÄRMNINGSLTERNATIV

4.1 Allmänt

Ett solvärmesystem består av flera olika komponenter som solfångare, stativ, rörsystem, reglersystem, värmelager etc. Utav dessa komponenter är det bara solfångaren som inte på ett eller annat sätt används i andra värmesystem.

Kostnaderna för solvärmesystem är i motsats till konventionella bränslebaserade värmesystem relativt kapitalintensiva. Drift- och underhållskostnaderna är däremot låga och motsvarar under ett år ca 4 % av investeringskostnaderna för systemet.

Valet att investera i ett solvärmesystem istället för i ett konventionellt värmesystem innebär bedömningar av bl a avskrivningstid och räntenivå i framtiden. Investeringskostnaden måste också jämföras med det bästa tänkbara alternativa värmesystemet på den plats och vid den tidpunkt investeringen skall göras.

4.2 Energikostnader

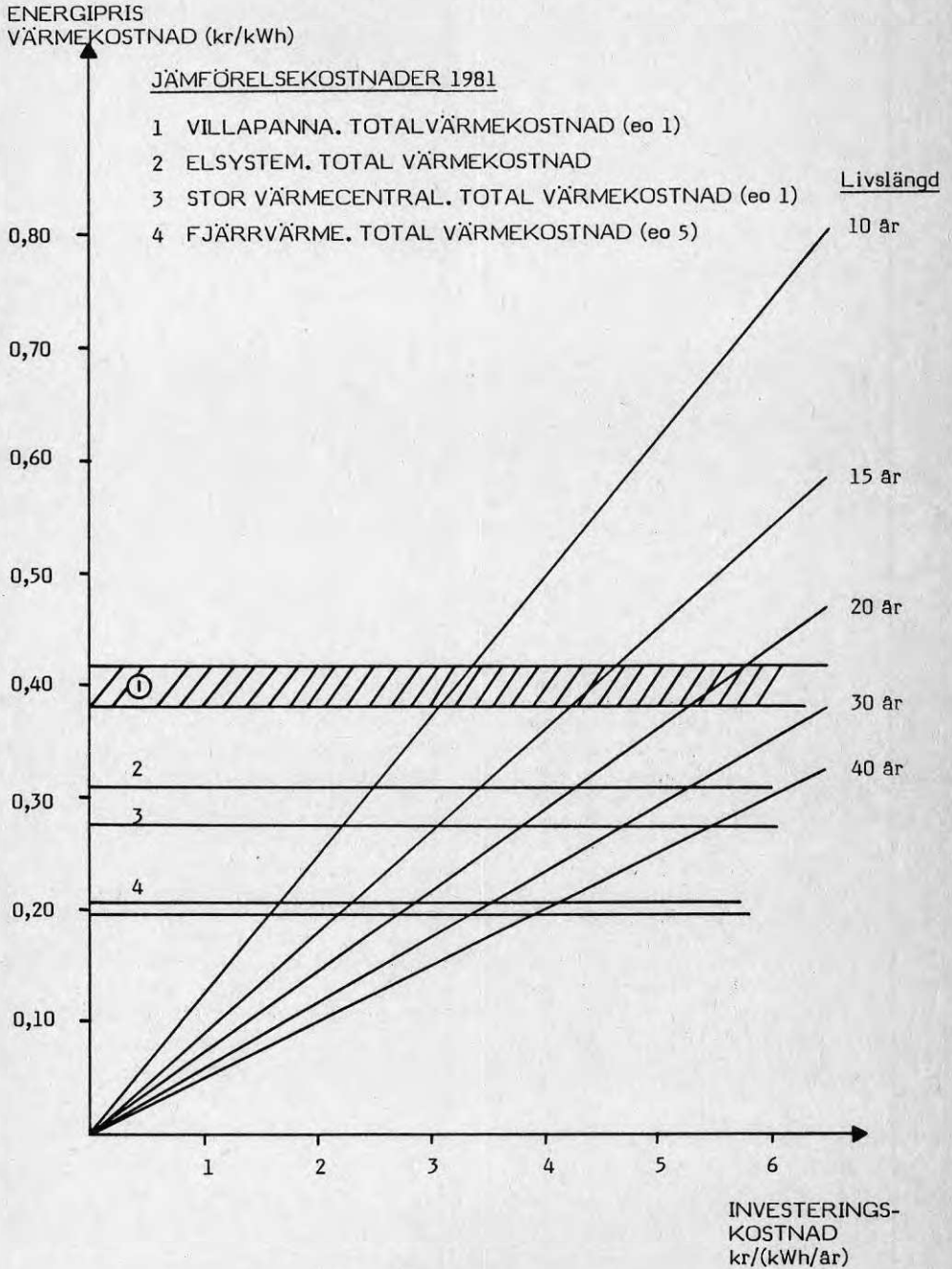
Vid en ekonomisk jämförelse mellan olika solvärmesystem är det idag, i framförallt USA och Japan, vanligt att uttrycka systemkostnaden eller komponentkostnaden i kr/m² solfångaryta. Detta ger en bra jämförelse endast för system som arbetar vid samma temperaturintervall, har samma verkningsgrad och är installerade på platser med ungefär samma solintensitet. En bättre kostnadsenhet att använda vid en jämförelse av olika solvärmesystem är en som mäter den totala investeringskostnaden mot den årliga energiproduktionen, kr/(kWh/år).

Ett solvärmesystem konkurrerar idag på samma ekonomiska villkor som andra alternativa värmesystem även om man skulle kunna lägga in ett vidare synsätt på det hela. Många indirekta kostnader som samhället vid konventionella värmesystem förr eller senare får betala elimineras, t ex miljöpåverkan. Andra aspekter man skulle kunna beakta är att energipriset är oberoende av den politiska situationen i utlandet (utom i avseende på tillverkningskostnaderna), systemen har stor flexibilitet, tekniken är relativt enkel vilket gör att användaren själv kan sköta det viktigaste underhållet på systemen, etc.

I praktiken jämför man dock bara de olika systemens energipriser, kr/kWh. För att räkna fram detta måste man känna till systemens livslängd och göra en uppskattning av den aktuella räntenivån. De övriga kostnaderna för solvärmesystemet, t ex drift- och underhållskostnader, är försumbara på grund av den osäkerhet som finns i uppskattningen av systemets livslängd och räntenivån.

Diagram 1 visar sambandet mellan investeringskostnaden i kr/(kWh/år) och energikostnaden i kr/kWh vid 4 % realränta och olika avskrivningstider för systemen. I diagrammet är också inritat dagens kostnader för olika oljebaserade värmesystem och elvärme.

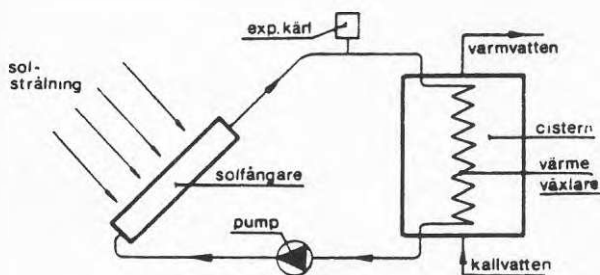
Diagram 1 Värmekostnadens och energiprisets beroende av solvärme-systemets investeringskostnad och livslängd vid realräntan 4 %.



5 BESKRIVNING AV DE AKTUELLA SOLVÄRMESYSTEMEN

5.1 Tappvarmvattensystem

Det existerar idag många olika system för värmning av tappvarmvatten med solenergi. Alla har olika för- och nackdelar. De vanligaste systemen använder plana solfångare med ett skyddsglas, en cirkulationspump, lagringstank med inbyggd värmeväxlare, kontrollsystem och diverse andra VVS-komponenter. Ett solvärt tappvarmvattensystem kan förenklat beskrivas enligt figur 1 nedan.



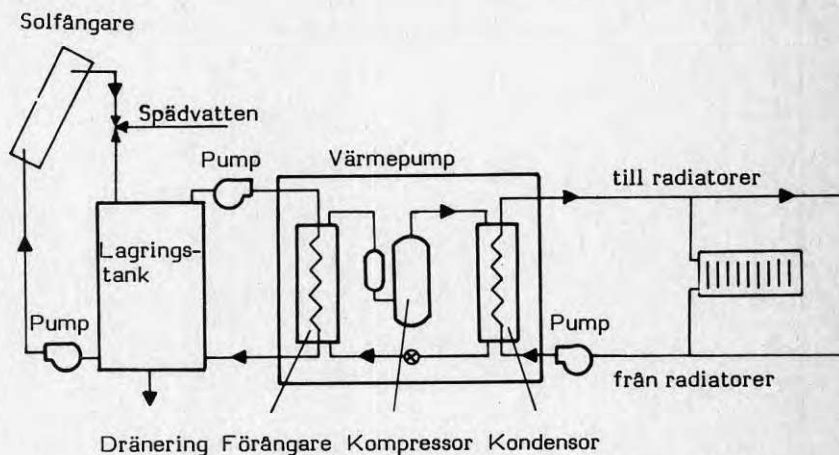
Figur 1 Solfångarsystem för tappvarmvatten

Lagringstankens storlek bestäms av att den skall täcka varmvattenbehovet för maximalt två dagar, vilket motsvarar 300 - 400 l för ett hushåll på 4 personer. I solfångarkretsen används vanligtvis ett fryspunktsnedsättande medel, t ex glykol, för att förhindra igenfrysning och rörskadorna på solfångarna.

Det finns idag inga tekniska hinder för att dimensionera ett tappvarmvattensystem så att det täcker varmvattenbehovet under hela året för en byggnad. Detta skulle emellertid kräva väldigt stora solfångarytor (eller ett säsongslager) för att på vintern kunna infånga tillräcklig mängd solenergi. Vanligtvis är det bara ekonomiskt försvarbart att täcka 40 - 60 % av det årliga tappvarmvattenbehovet med hjälp av solenergi. Det resterande energibehovet för uppvärmning av tappvarmvatten tas från en elpatron i lagringstanken eller från andra konventionella uppvärmningssystem.

5.2 Solvärmesystem i kombination med värmepump och värmelager.

Systemet bygger på att solvärme absorberas av enkla lågtemperatursolfångare och transporteras i värmemediet med hjälp av en pump till en lagringstank där det via en värmeväxlare avges till vattnet i tanken. Värmepumpen använder denna värmemängd av låg temperatur för att t ex höja temperaturnivån i ett värmesystem. Detta kan förenklat beskrivas enligt figur 2 nedan.



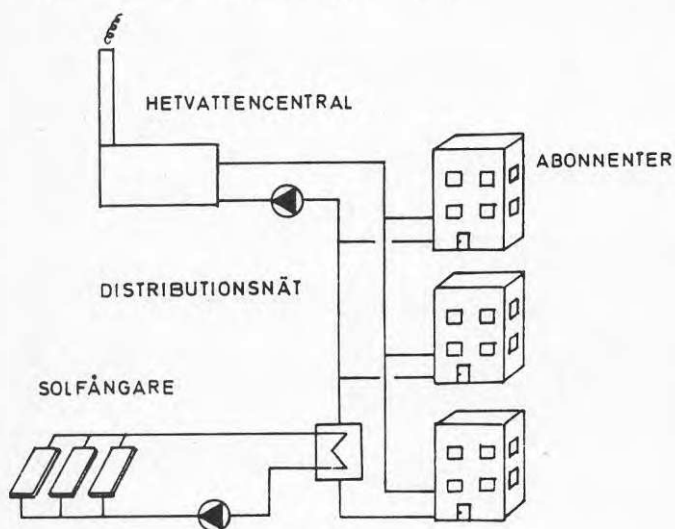
Figur 2 Solvärmesystem med värmepump och värmelager

Tack vare värmepumpen behöver inte temperaturhöjningen i solfångarna vara speciellt stor ($5 - 10^{\circ}\text{C}$), vilket gör att verkningsgraden blir hög. En enkel konstruktion kan användas, t ex en svart plastmatta med ingjutna plaströr eller svart takplåt med infästade rör. Solfångarna bör förses med en täcksiva av glas eller liknande eftersom ingen lagringstank av solenergi från sommar till vinter finns med i systemet.

Ett solvärmesystem med värmepump med en effekt av 2 MW kommer att fordra ca 1 500 m² solfångare om man räknar med att värmepumpens effektfaktor är 4 och att solfångarna levererar en energimängd av ca 600 kWh/m², år.

5.3 Solvärme för fjärrvärmesystem.

Vanligtvis ansluts solfångarna till fjärrvärmenätets returledning. Fjärrvärmenätets rörledningar fungerar som en ackumulator, vilket gör att i de flesta fall behövs ingen extra lagringstank. Om rörledningarnas vattenvolym är för liten för att kunna lagra den erhållna solenergin måste ett separat solvärmelager användas. Solsystemet dimensioneras så att den angivna effekten till fjärrvärmenätet inte överstiger den efterfrågade effekten under sommarmånaderna. Ett fjärrvärmenät med solfångare kan förenklat beskrivas enligt figur 3 nedan.



Figur 3 Solfångarsystem anslutet till returledningen på ett fjärrvärmesystem

Med de temperaturnivåer som råder i fjärrvärmenätet krävs solfångare som har en relativt god verkningsgrad vid arbetstemperaturer mellan 60 och 80 °C (returtemperaturen varierar vanligtvis mellan 45 och 60 °C under april - september medan framledningstemperaturen under samma period är ca 80 °C). De typer av solfångare som idag uppfyller dessa krav är vakuumsör, koncentrerande solfångare på roterande plattform, linjära paraboliska tråg, sfäriska koncentrerande solfångare och heliostater med central tornmottagare.

6 KOSTNADER FÖR SOLVÄRMESYSTEM I SVERIGE 1981

6.1 Allmänt

Många av de kostnader som återfinns i detta avsnitt är hämtade ur rapporter som beskriver projekterade anläggningar. Dessa kostnader är för det mesta baserade på offerter från olika tillverkare. Projekten är typiska pilotprojekt vilket gör att kostnaderna ofta är väsentligt högre än man kan förvänta sig när en viss standardisering av produkterna och projekteringen har skett. För de projekt som har fullföljts och byggts har i görligaste mån de verkliga kostnaderna presenterats. Det har ibland varit oklart vilka kostnader som egentligen skall ingå i solvärmesystemen och hur dessa kostnader i sin tur skall fördelas på de olika komponenterna. De data som presenteras i följande tabeller måste därför tolkas med en viss försiktighet.

Erfarenheterna från installerade anläggningar har dessutom bl a visat att de olika solsystemens levererade energimängd bara kommer upp i ca 70 % av de projekterade värdena. Detta beror bl a på att det uppträder värmeförluster i rörledningarna och att det finns en viss tröghet i regler-systemet, vilket gör att all solenergi inte kan utnyttjas.

De projekterade anläggningarna som har studerats har, enligt ovan, högre kostnader än man kan förvänta sig vid en viss serieproduktion och troligen är även levererad energimängd högre än den man uppnår i verkligheten. Dessa två faktorer tar i viss mån ut varandra, vilket gör att den projekterade investeringskostnaden, uttryckt i kr/(kWh/år), antagligen inte ligger så långt från det verkliga värdet.

De olika solvärmesystemen som presenteras på följande sidor är nästan uteslutande dimensionerade för att täcka endast en del av totalt energi-behov. Dessa solsystems värmekostnader konkurrerar med de värmekostnader som projektens alternativa uppvärmningssystem har, dvs bränsle-kostnad plus extra investeringskostnad för inköp av ett större uppvärmningssystem vid nya installationer eller enbart bränslekostnaden vid byggnader som har ett befintligt uppvärmningssystem.

Det skall observeras att skilda förutsättningar råder. Några av projekten avser nybyggnation medan andra avser befintliga byggnader. Flertalet solfångare avses bli glasade medan något projekt är avsett för oglasade solfångare av gummislang. I de fall värmepump ingår är dessa av varierande storlek.

Ovanstående skillnader mellan projektens förutsättningar gör att kostnaderna inte är direkt jämförbara. Exempelvis bör tappvarmvatteninstallationer vid nybyggnation kunna bli betydligt lägre än här framtagna medelvärden.

Värdena ger dock en fingervisning om förväntade verkliga kostnader nu och i framtiden.

Tabell 1 visar de investeringskostnader per årlig tillförd kilowattimme som solvärmesystemen idag (i Stockholm) har att konkurrera med om man antar en avskrivningstid på 20 år och 4 % realränta (från diagram 1 med aktuella energipriser).

Tabell 1

Uppvärmningsform	Värmesystemets bränslekostnad kr/(kWh/år)	Totalkostnad Bränsle, investering och drift kr/(kWh/år)
Fjärrvärme	2,5	2,7 - 2,9
Större panncentral	3,4	3,7
Villapanna	3,6 - 4,0	5,0 - 5,5
El	3,6	4,0

Detta motsvarar en bränslekostnad av:

- 0,18 kr/kWh för fjärrvärme
- 0,25 kr/kWh för större panncentraler
- 0,27 - 0,31 kr/kWh för villapannor
- 0,27 kr/kWh för el

6.2 Tappvarmvattensystem

Tabell 2 visar kostnaderna för några tappvarmvattensystem för enbostadshus, flerbostadshus och sjukhus. Kostnaderna för enbostadshusets system är ett medelvärde av de kostnader som erhållits från tillverkare och distributörer av denna typ av system i Sverige. Kostnaderna för de andra systemen är hämtade ur olika rapporter.

Diagram 2 visar samma kostnader i ett stapeldiagram där varje kostnads-post är uttryckt i investeringskostnader per årlig tillförd kilowattimme.

6.3 Solvärmesystem i kombination med värmepump och värmelager

Tabell 3 visar kostnaderna för ett antal igångkörda solvärmeprojekt som använder värmepump och värmelager och några liknande projekt som ännu bara är projekterade. Kostnaderna är hämtade ur BFR-rapporter och andra rapporter (se referenslista). De flesta systemen är under 2 MW i storlek.

Diagram 3 visar samma kostnader i ett stapeldiagram där varje kostnads-post är uttryckt i investeringskostnader per årlig tillförd kilowattimme.

6.4 Solvärme för fjärrvärmesystem

Tabell 4 visar kostnaderna för några projekterade solvärmesystem avsedda för inkoppling på fjärrvärmenät. I denna tabell har också inlagts dagens kostnader (2) för några fiktiva projekt som använder vakuumbör och plana solfångare. Inga projekt på 2 MW och däröver är idag i funktion i Sverige.

Diagram 4 visar samma kostnader i ett stapeldiagram där varje kostnads-post är uttryckt i investeringskostnader per årlig tillförd kilowattimme.

Tabell 2 Tappvarmvattensystem i storlekar för enbostadshus till storförbrukare

Projekt		Enbostadshus		Eksta bostadsstiftelse i Backa utanför Kungsbacka		Sjukvårdsbyggnad experimenthus Mariefred
Rapport		-		R70:1981		R140:1980
Solfångaryta	m ²	7,6		100		470
Lagervolym	m ³	0,3		4,0		19,5
Energimängd	kWh/år	2 370		44 000		150 000
Solfångare	kr (%)	6 350 (42)	}	60 800 (42)	}	512 000 (46)
Stativ	kr (%)	1 300 (8,5)				
Lager	kr (%)	2 860 (19)		34 000 (23)		131 000 (12)
VVS	kr (%)	} 1 600 (10,5)		28 700 (20)		185 000 (16)
El, regl	kr (%)				1 500 (1)	
Install/bygg	kr (%)	3 000 (20)		21 000 (14)		101 000 (9)
Övrigt	kr (%)					146 000 (13)
Total kostnad	kr	15 110		146 000		1 119 000
Invest kostnad	kr/(kWh/år)	6,38		3,32		7,46
Kostnadsläge		1981		1981-03-01		mars 1980
Anmärkning		- medelvärdet av fyra firmors offerter		- projekterade kost- nader - nybyggnad - solfångarna byggs på plats och integreras i taket		- projekterade kost- nader - projekterings-, ränte- och byggherre- kostnader ej med- räknade

Tabell 2 (forts)

Projekt	Flerbostadshus Stockholm		Renhållningsstation i Göteborg	
Rapport	R118:1979		R41:1981	
Solfångaryta	m ²	60		400
Lagervolym	m ³			15,0
Energimängd	kWh/år	20 000		119 000
Solfångare	kr (%)	} 59 500 (20)	} 104 000 (47)	
Stativ	kr (%)			
Lager	kr (%)	38 500 (13)	23 100	(10)
VVS	kr (%)	53 300 (18)	} 50 000 (23)	
El, regl	kr (%)	28 500 (10)		
Install/bygg	kr (%)	59 500 (20)	} 44 300* (20)	
Övrigt	kr (%)	54 600 (19)		
Total kostnad	kr	293 900		221 400
Invest kostnad	kr/(kWh/år)	14,70		1,86
Kostnadsläge		maj 1979		hösten 1980
Anmärkning		- projekterade kostnader - befintlig byggnad - höga byggkostnader och övriga kostnader (arbetsledning, transporter m m)	- projekterade kostnader - nybyggnad - oglasade solfångare av EPDM-gummi	* Uppskattat värde

Tabell 3 Solvärmesystem i kombination med värmepump och värmelager

Projekt		Sunclay Kungsbacka		Brämhult Borås	
Rapport		R38:1980			
Solfångaryta	m ²	1 600		800	
Lagervolym	m ³	85 000	(1era)	140	
Energimängd	kWh/år	985 000		243 000	
Solfångare	kr (%)	} 394 000	(17)	} 579 000	(28)
Stativ	kr (%)				
Lager	kr (%)	498 500	(23)	207 000	(10)
Värmepump	kr (%)	520 000	(24)	496 000	(24)
VVS	kr (%)	} 755 500	(36)	} 785 000	(38)
El, regler	kr (%)				
Install/bygg	kr (%)				
Övrigt	kr (%)				
Totalkostnad	kr	2 168 000		2 067 000	
Invest kostn	kr/(kWh/år)	2,20		8,5	
Kostnadsläge		1979-07-01			
Anmärkning		<ul style="list-style-type: none"> - verkliga kostnader - solfångarna av svart takplåt med infästade rör - inga täckglas 		<ul style="list-style-type: none"> - verkliga kostnader från prototypanläggning - omräknade - englasade solfångare 	

Tabell 3 (forts)

Projekt		Södertuna Södertälje		kv Blekeriet Göteborg	
Rapport				R83:1980	
Solfångaryta	m ²	20 000		375	
Lagervolym	m ³	65 000		22	
Energimängd	kWh/år	6 600 000		210 000	
Solfångare	kr (%)	} 6 395 000	(19)	} 375 000	(44)
Stativ	kr (%)				
Lager	kr (%)	11 781 000	(35)	40 000	(5)
Värmepump	kr (%)	337 000	(1)	100 000	(12)
VVS	kr (%)	} 15 147 000	(45)	140 000	(17)
EI, regler	kr (%)			20 000	(2)
Install/bygg	kr (%)			25 000	(3)
Övrigt	kr (%)			140 000	(17)
Totalkostnad	kr	33 660 000		840 000	
Invest kostn	kr/(kWh/år)	5,10		4,00	
Kostnadsläge				jan 1980	
Anmärkning		- beräknade kostnader - befintliga byggnader		- beräknade kostnader - englasade plana solfångare	

Tabell 4 Solvärme för fjärrvärmesystem

Projekt	Larsbergsområdet Lidingö		Gävle	
Rapport	R48:1981		R49:1980	
Solfångaryta	m ²	518		1 500
Lagervolym	m ³			250
Energimängd	kWh/år	146 400		637 800
Solfångare	kr (%)	} 597 000 (48)	1 650 000	(48)
Stativ	kr (%)		1 452 000 (inkl VVS)	(43)
Lager	kr (%)	-	193 000	(6)
VVS	kr (%)	145 000		(11)
El, regl	kr (%)	25 000		(2)
Install/bygg	kr (%)	280 000		(22)
Övrigt	kr (%)	203 000	110 000	(3)
Totalkostnad	kr	1 250 000	3 405 000	
Invest kostn	kr/(kWh/år)	8,2		5,3
Kostnadsläge		1980		1979
Anmärkning		- projekterade kostnader - plana solfångare som installeras på befintliga byggnader		- projekterade kostnader - plana solfångare

Tabell 4 (forts)

Projekt		Vakuumsolfångare 2 MW		Plana solfångare 2 MW	
Rapport					
Solfångaryta	m ²	9 250		12 760	
Lagervolym	m ³				
Energimängd	kWh/år	3 700 000		3 700 000	
Solfångare	kr (%)	} 37 000 000	(72)	} 17 226 000	(53)
Stativ	kr (%)				
Lager	kr (%)	-		-	
VVS	kr (%)	7 030 000	(14)	8 932 000	(27)
E1, regl	kr (%)	1 573 000	(3)	1 276 000	(4)
Install/bygg	kr (%)	4 625 000	(9)	3 828 000	(12)
Övrigt	kr (%)	925 000	(2)	1 276 000	(4)
Totalkostnad	kr	51 152 000		32 538 000	
Invest kostn	kr/(kWh/år)	13,8		8,8	
Kostnadsläge		1981		1981	

Tabell 4 (forts)

Projekt	Torvallaområdet Östersund		
Rapport	R13:1982		
Solfångaryta	m ²	1 920	
Lagervolym	m ³	-	
Energimängd	kWh/år	806 000	
Solfångare	kr (%)	} 2 110 000	(75)
Stativ	kr (%)		
Lager	kr (%)	-	
VVS	kr (%)		
El, regl	kr (%)	580 000	(21)
Install/bygg	kr (%)		
Övrigt	kr (%)	135 000	(4)
Totalkostn	kr	2 825 000	
Invest kostn	kr/(kWh/år)	3,5	
Kostnadsläge		1982	
Anmärkning	- offererade kostnader - totalkostnad för system anslutet till fjärrvärmesystem		

Diagram 2 Kostnader för solvärt tappvarmvatten

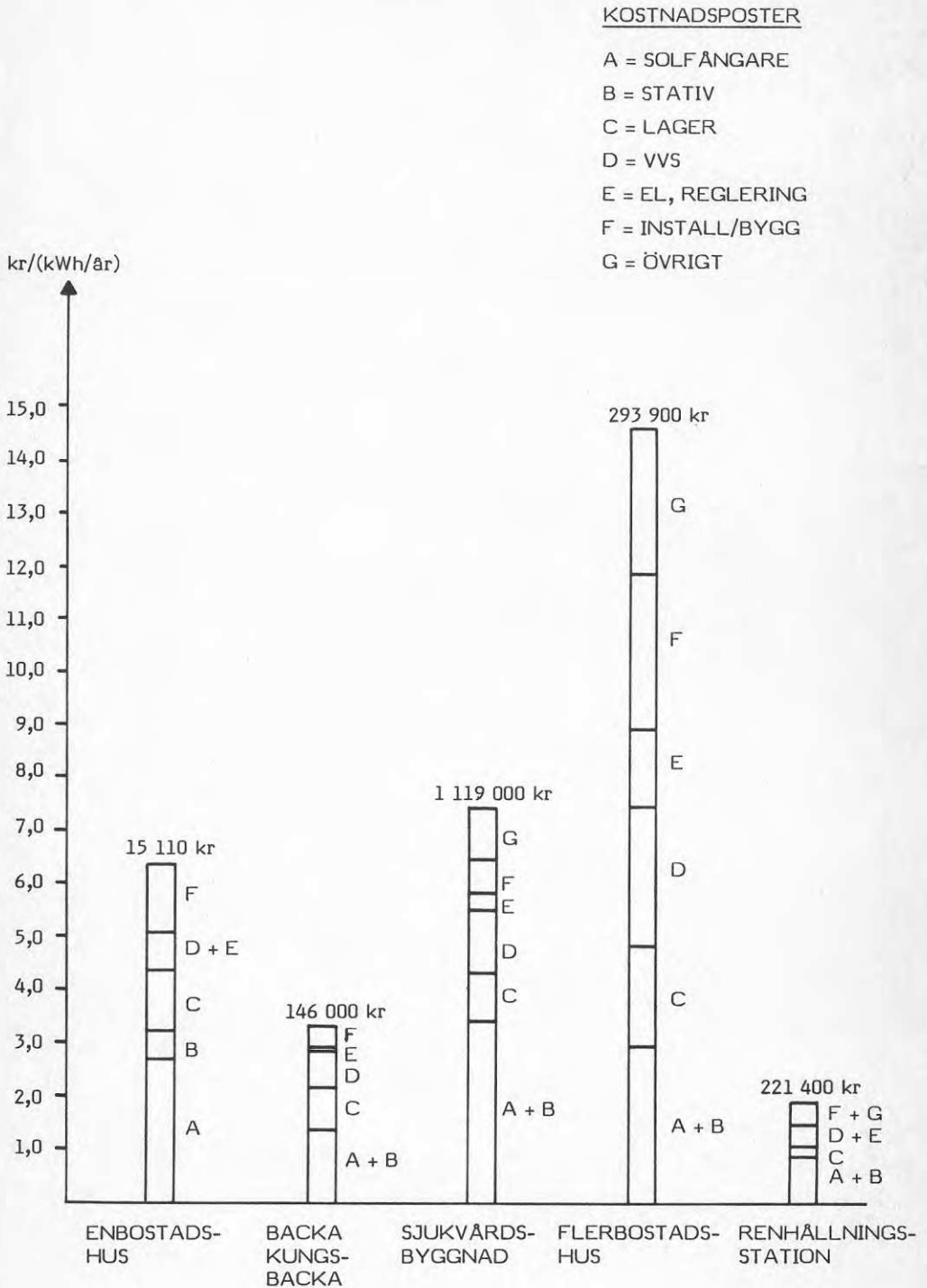


Diagram 3 Kostnader för solvärmesystem i kombination med värmepump och värmelager

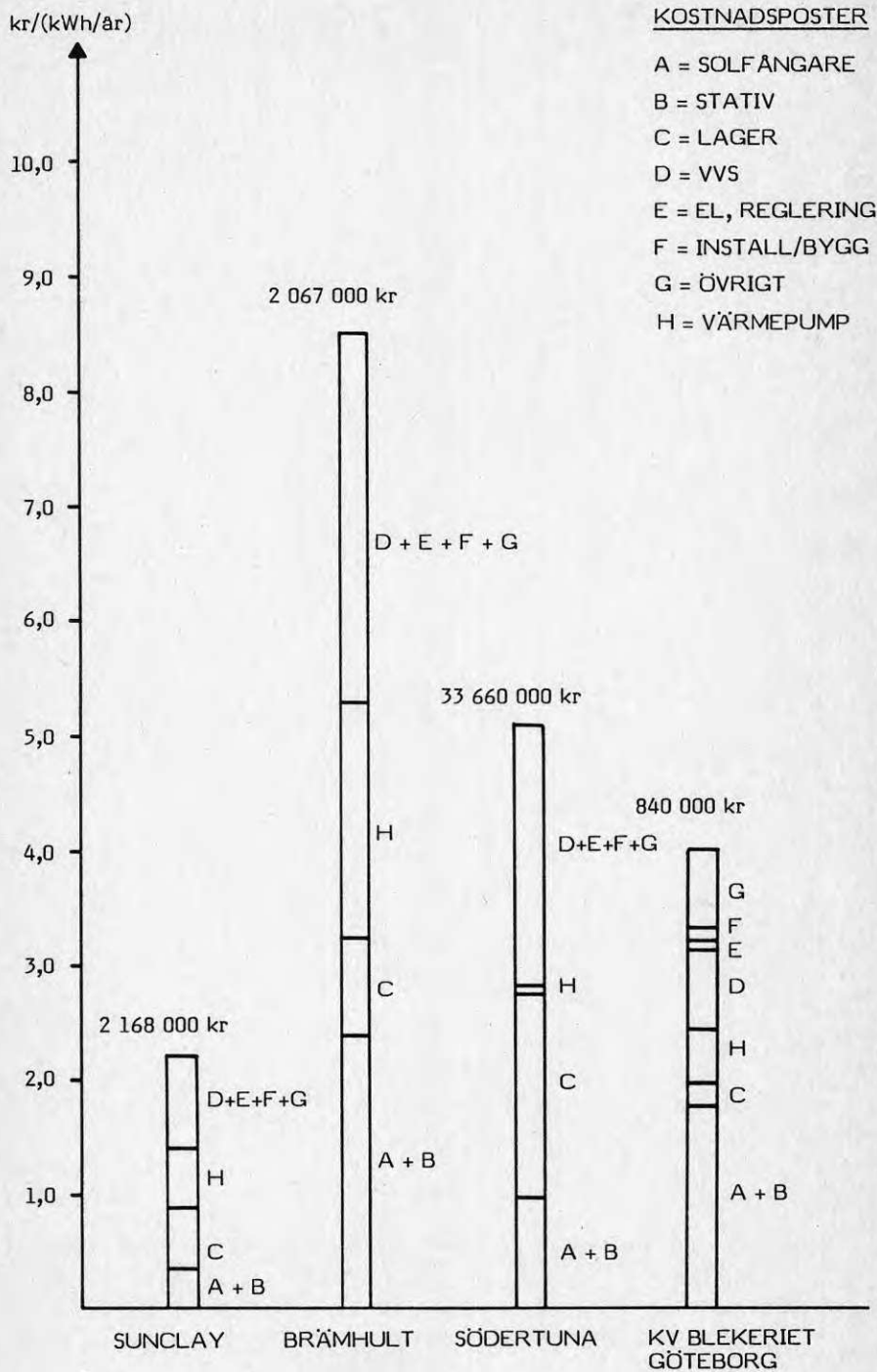
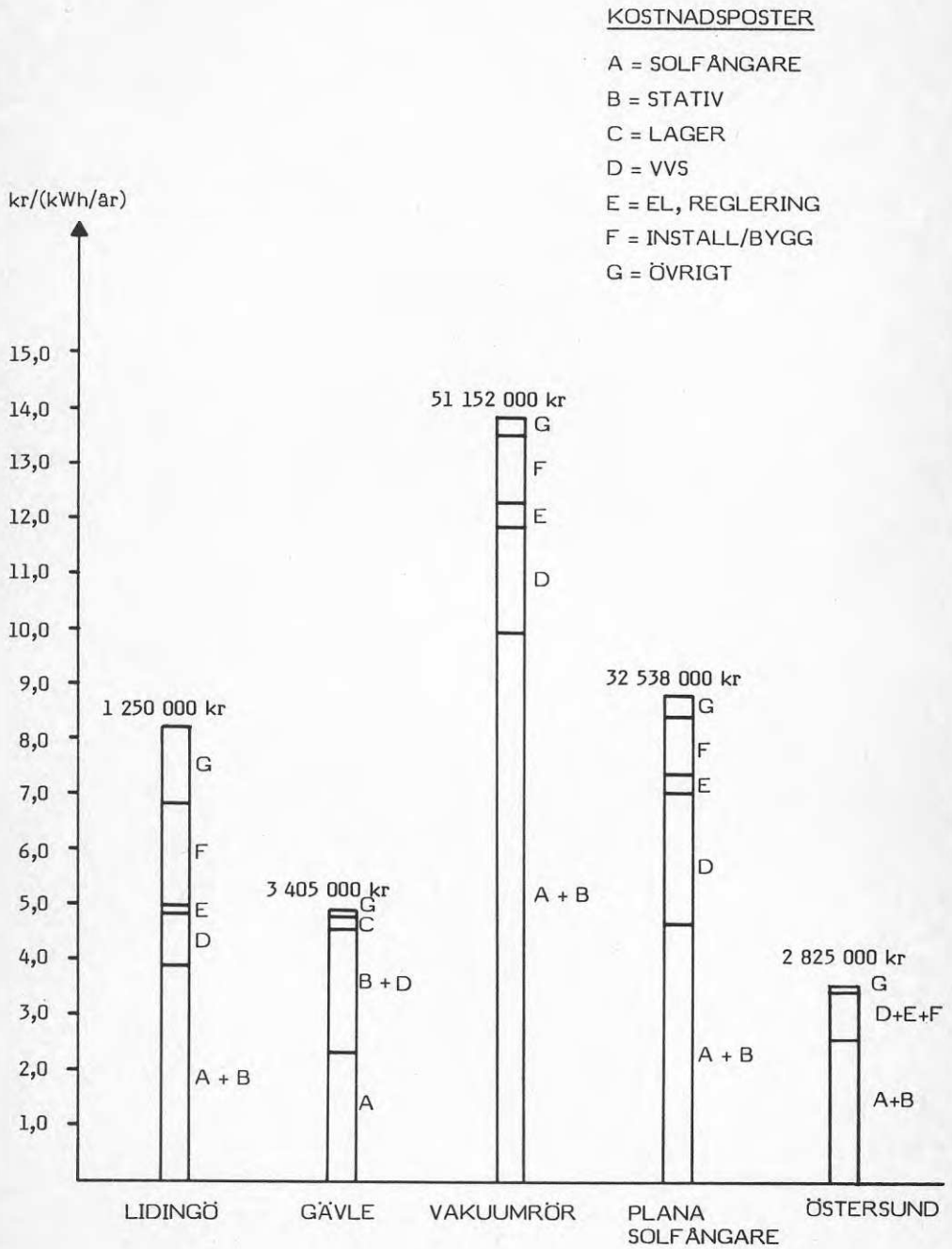


Diagram 4 Kostnader för solvärme för fjärrvärmesystem



7 ANALYS AV KOSTNADERNA

Totalt har 14 olika solvärmesystem kostnadsstuderats. De flesta av dessa projekt är projekterade men ej genomförda, vilket gör att de använda kostnaderna får ses med en viss osäkerhet. Det studerade materialet utgör därför inget brett statistiskt material från vilket man kan dra alltför långtgående slutsatser. Ett mycket större antal projekt bör studeras innan man gör definitiva kvantitativa slutsatser angående de specifika kostnadsfaktorerna.

Diagram 5 visar i staplar medelvärdet av investeringskostnaderna per levererad kilowattimme för de olika projekten. Solvärmesystem med värmepump och värmelager är det mest ekonomiska systemet idag med en investeringskostnad av ca 5 kr/(kWh/år). Detta system kan enligt diagram 1 idag konkurrera med en konventionell villapanna. De två andra systemen, tappvarmvattensystemet och solvärme för fjärrvärmesystem, har en investeringskostnad av 6,7 kr/(kWh/år) respektive 7,9 kr/(kWh/år), vilket idag inte kan konkurrera med konventionella uppvärmningssystem.

Solfångarna inklusive stativ utgör den i särklass största kostnadsposten i de flesta projekten, i medeltal ca 40 % för tappvarmvattensystem, ca 27 % för solsystem med värmepump och ca 60 % för solsystem kopplade till fjärrvärmenätet. Valet av solfångare har därför stor betydelse för systemets totala kostnad och konkurrenskraft med konventionella uppvärmningssystem.

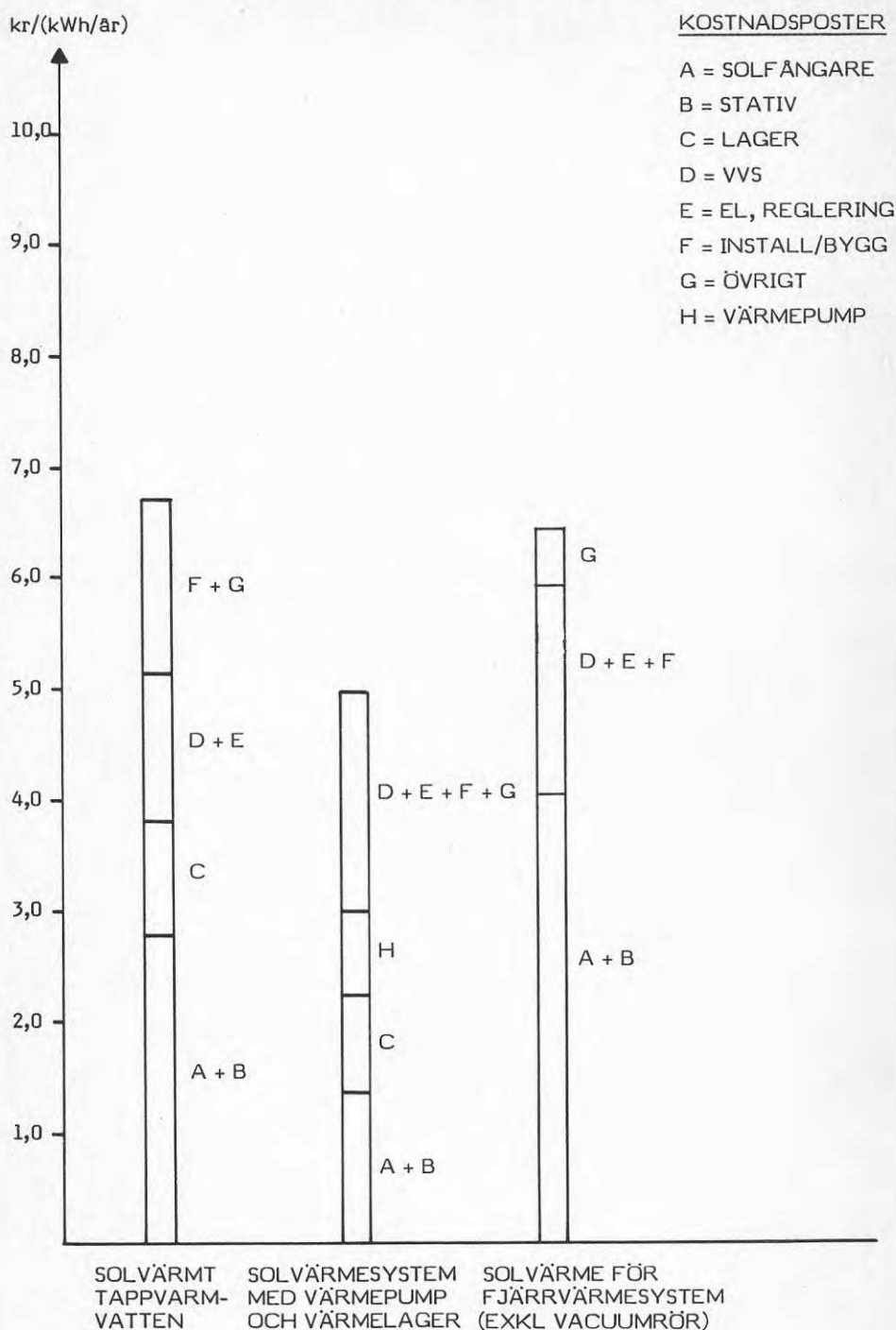
När värmepump används, och då framförallt i kombination med säsongs-lager, kan relativt enkla billiga solfångare användas, vilket gör att systemets totala kostnad per levererad kilowattimme, trots den extra kostnaden för värmepumpen, blir lägre än motsvarande system utan värmepump.

Investeringskostnaden för solvärmesystem i befintliga byggnader är genomgående högre än om solvärmesystemet installeras när huset byggs. Det är framförallt kostnaderna för rördragning, solfångarstativen, byggarbeten och installation som blir dyrare.

I de projekt som studerats finns ingen klar tendens som visar att större system är mer ekonomiska än mindre system. Samma resultat framkom i två liknande undersökningar i USA (3, 4). Den enda kostnadsposten som visar en tendens att minska per levererad kilowattimme är kostnaden för värmelagret.

Kostnaden för solfångare med stativ är låg för tappvarmvattensystemet i diagram 5. Orsaken till detta är att projektet för renhållningsverket i Göteborg använder speciellt billiga solfångare som ej vanligtvis kan användas vid tappvarmvattensystem. Medelvärdet av solfångarkostnaderna (inkl stativ) blir därigenom låg för de 5 studerade projekten.

Diagram 5 Medelvärdet av kostnaderna för olika solvärmesystem



8 SOLVÄRMESYSTEMENS KOSTNADER I FRAMTIDEN

8.1 Allmänt

Många av de solvärmesystem som har installerats i Sverige har varit prototypanläggningar med kostnadsnivåer som inte direkt kan ses som en indikation på möjliga framtida kostnadsnivåer. En stor del av de kostnader man har haft och fortfarande har är sådana kostnader som alltid uppkommer i en utvecklingsfas när man försöker hitta effektivare och billigare lösningar. Lönsamheten för dessa prototypanläggningar har därför varit dålig i de flesta fall.

Erfarenheter från utveckling av andra liknande industriprodukter och utvecklingstendenser i utlandet av olika solsystem pekar emellertid på att lönsamhet kan uppnås när:

- massproduktion av solfångarna kommer igång
- solfångarmoduler och solenergisystem byggs i stora enheter
- tillräckligt kunnande har samlats så att systemuppbyggandet kan betraktas som rutinarbete
- installatörer av solsystem har utbildats och fått erfarenheter så att installationsarbetet kan göras effektivt och billigt
- tillräckligt med rutin föreligger så att kostnaden för projekteringsarbetet kan minimeras.

Kostnaderna för solfångarna utgör den största kostnadsposten (kapitel 7) i ett solvärmesystem och det är av största vikt att bringa ner denna kostnad till ett minimum. Tabell 5 visar dagens ungefärliga kostnader för olika typer av solfångare.

Solfångartyp	kr/m ²
Lågtemperatur	600
Plana, vätska	1 400
Plana, luft	1 100
Vakuumbör	2 200
Linjärparaboliska	2 300

8.2 Solfångarkostnader

En stadig utveckling sker idag på solfångarsidan, dels av existerande solfångartyper och dels av nya typer. För de existerande typerna av solfångare finns idag ingen revolutionerande utveckling att vänta sig som betydligt skulle förändra kostnaderna. Bättre, effektivare och billigare material, liksom enklare konstruktioner kommer dock att minska kostnaderna. Den stora kostnadsbantningen kan först förväntas när den idag hantverksmässiga tillverkningen övergår i automatiserad masstillverkning.

Flera undersökningar (1, 2, 4, 5, 6) har gjorts om vilka kostnader man kan förvänta sig i framtiden för olika solfångartyper. Tabell 6 ger en sammanfattning av dessa kostnadsförväntningar på kort sikt (K - mitten av 80-talet) och på lång sikt (L - mitten av 90-talet).

Solfångartyp	kr/m ²	
	K	L
Lågtemperatur	450	250
Plana, vätska	950	450
Plana, luft	450	350
Vakuumrör	1 150	600
Linjärparaboliska	1 650	750
Konc rot plattform	1 050	550
Sfärisk paraboliska	2 450	800
Heliostater	2 100	400

Dessa kostnader grundar sig bl a på de förhoppningar och målsättningar som olika solfångartillverkare har. Hur nära dessa mål man kan komma är idag svårt att uttala sig om. Hittills har kostnaderna inte visat sig gå ner till den nivå man hade hoppats på, varken i Sverige eller i utlandet. Vissa bedömningar kan dock göras.

T ex en vakuumrörsolfångare består per m² av ca 10 kg glas, ca 2 kg absorbatormaterial, ca 1 kg värmväxlare och ca 2 kg rör. Totalt ca 15 kg material/m² solfångaryta. Materialkostnaden kan uppskattas till ca 100 kr/m² vilket skapar ett tänkbart minimumförsäljningspris av 400 - 500 kr/m². De uppskattade 600 kr/m² för denna typ av solfångare verkar därmed realistiskt.

Heliostater används idag i centrala tornsolvärmesystem som testas på sydligare breddgrader. Dessa kan komma att få betydelse i Sverige i samband med solvärme för fjärrvärmenät om kostnaderna kommer ner i den nivå som tabell 6 visar. McDonnell Douglas koncernen i USA anser (5) att produktionskostnaden för dessa solfångare kan bli så låg som ca 400 kr/m² (i 1981 års prisnivå) vid massproduktion, vilket är jämförbart med produktionskostnaden för bilar per kg material.

8.3 Andra komponenters kostnader

De flesta andra komponenterna i de olika solvärmesystemen kommer naturligtvis också att utvecklas, förbättras och förenklas så att kostnaderna för dessa kommer att minska.

- En stor utvecklingsinsats sker t ex inom reglerområdet för solvärmesystem. Små mikrodatorer kommer i framtiden att användas vilket kommer att minska reglerkostnaderna.
- Ihopkopplingen av solfångarmoduler till en stor solfångare förbättras kontinuerligt. Kostnaderna för VVS-arbetet minskar därmed i samma takt.
- Standardisering av olika solsystem och komponenter gör att byggnads- och installationskostnaderna minskar.

Vissa andra komponenter som t ex pumpar (fläktar vid luftsystem) kommer inte att minska i kostnad i framtiden eftersom de redan nu massproduceras.

8.4 Sammanfattning av kostnadsmålsättningen för olika solvärmesystem för framtiden

Tabell 7 ger en sammanfattning av de kostnadsmålsättningar som idag finns för de olika komponenterna i de tre studerade solvärmesystemen.

Tabell 7 Kostnadsmålsättning för tre olika solvärmesystem vid mitten av 80-talet (K) och mitten av 90-talet (L). Alla kostnader i kr/m² solfångare (1981 års priser).

Komponenter	Tappvarmvattensystem (nybyggnad)		Solvärmesystem med värmepump 2 MW		Solvärmesystem för fjärrvärmenät 2 MW	
	K	L	K	L	K	L
Solfångare med stativ	610	400	450	150	750	500
Lager	340	250	625	500	-	-
VVS	} 300	} 150	} 300	} 200	170	90
El, reglering					40	20
Installation/bygg	} 210	} 120	} 300	} 180	70	50
Övrigt					70	40
Värmepump	-	-	170	150	-	-
Totalkostnad	1 460	920	1 845	1 280	1 100	700
Invest kostn kr/(kWh/år)	3,8	2,4	3,1	2,1	2,8	1,8

Säsongsvärmelagret för solvärmesystemet med värmepump består av ett vattenlager. Om marklager används kommer lagerkostnaden att minska med en faktor av ca 2,5 och investeringskostnaden per levererad kilowattimme minskar från 3,1 till 2,5 för år 1985 och från 2,1 till 1,6 för år 1995.

I diagram 6 visas de tre olika solvärmesystemens kostnader för 1981 (från diagram 5) och kostnadsmålsättningar för 1985 och 1995. Ett stapeldiagram visar i investeringskostnaderna per årlig tillförd kilowattimme.

Diagram 6 skall jämföras med diagram 1 för att få en uppfattning om när det kan bli ekonomiskt att använda de olika solvärmesystemen.

Energipriserna för de olika uppvärmningsalternativen måste räknas om för mitten av 80- och 90-talen för att en jämförelse skall kunna göras. Det reala oljepriset antas öka i genomsnitt 2 % per år medan elpriset reallt ligger kvar på 1981 års prisnivå. Tabell 8 ger de aktuella energikostnaderna vid mitten av 80- och 90-talen (K resp L).

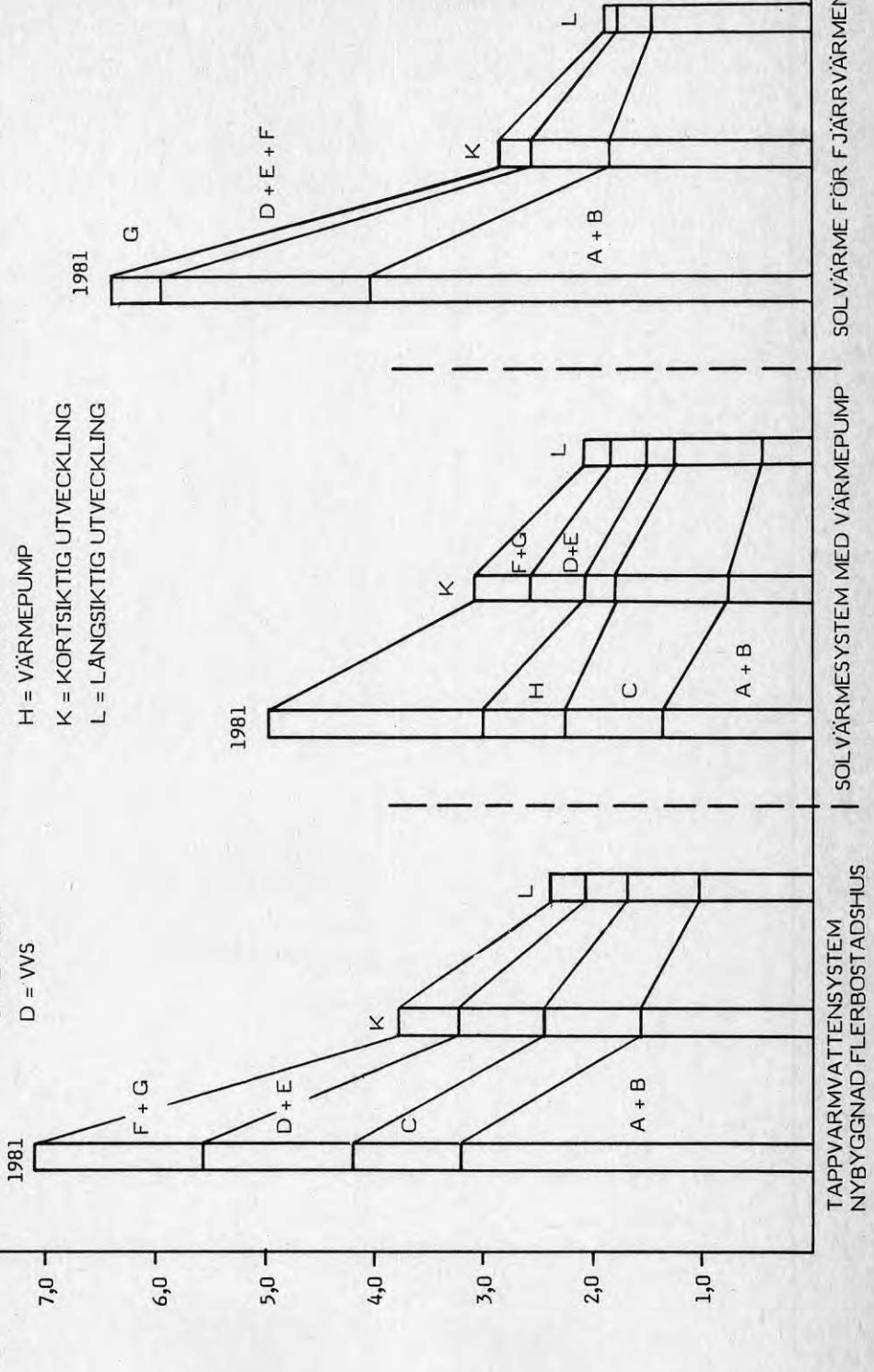
Tabell 8 Energikostnader på kort resp lång sikt i kr/kWh (1981 års penningvärde)

Uppvärmningsform	Värmesystemets bränslekostnad		Totalkostnad bränsle, investering, drift	
	K	L	K	L
Fjärrvärme	0,21	0,27	0,24-0,26	0,30-0,32
Större panncentral	0,27	0,33	0,30	0,36
Villapanna	0,29-0,34	0,36-0,42	0,40-0,45	0,47-0,53
El	0,27	0,27	0,31	0,31

KOSTNADSPOSTER

- A = SOLFÅNGARE
- B = STATIV
- C = LAGER
- D = VVS

- E = EL, REGLERING
- F = BYGG/ INSTALLATION
- G = ÖVRIGT
- H = VÄRMEPUMP
- K = KORTSIKTIG UTVECKLING
- L = LÅNGSIKTIG UTVECKLING



Solvärmesystemens kostnader från diagram 6 används i diagram 7 och 8 för att göra en jämförelse med konventionella uppvärmningssystemens kostnader i framtiden (mitten av 80- och 90-talen).

Jämförelsen visar att om kostnadsmålsättningarna uppnås så kommer solfångare för tappvarmvattensystem (vid nybyggnad av flerbostadshus) att vara ekonomiskt jämförbara med elvärmesystem inom några år. Solvärmesystem med värmepump och säsongslager samt solvärmesystem för fjärrvärmenät är lönsamma inom några år jämfört med alla andra uppvärmningsformer (utom med kolbaserad fjärrvärme som ej har medtagits).

Diagram 7 Värmekostnadens och energiprisets beroende av solvärme-systemets investeringskostnad och livslängd vid realränta 4 %

ENERGIPRIS

VÄRMEKOSTNAD (kr/kWh)

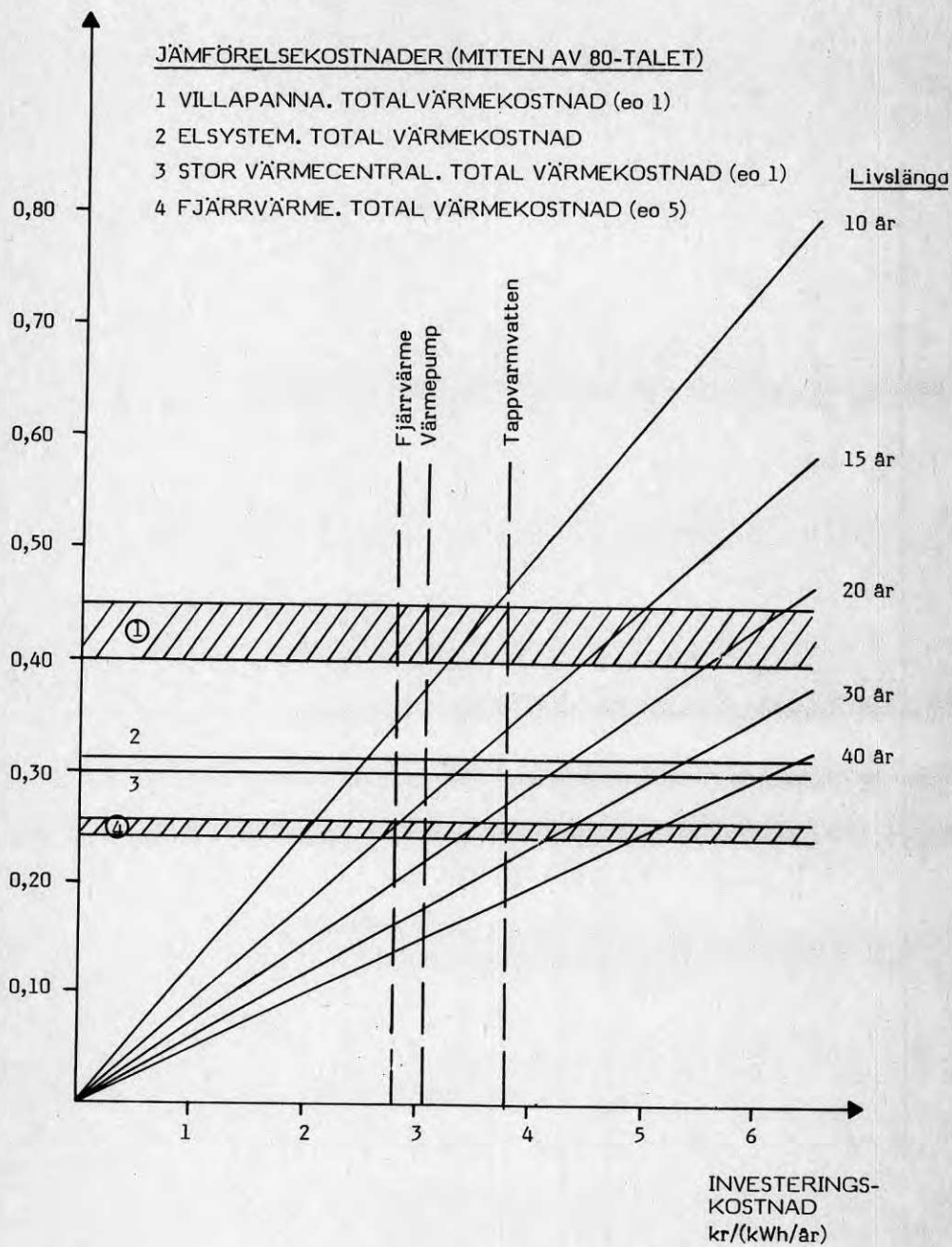
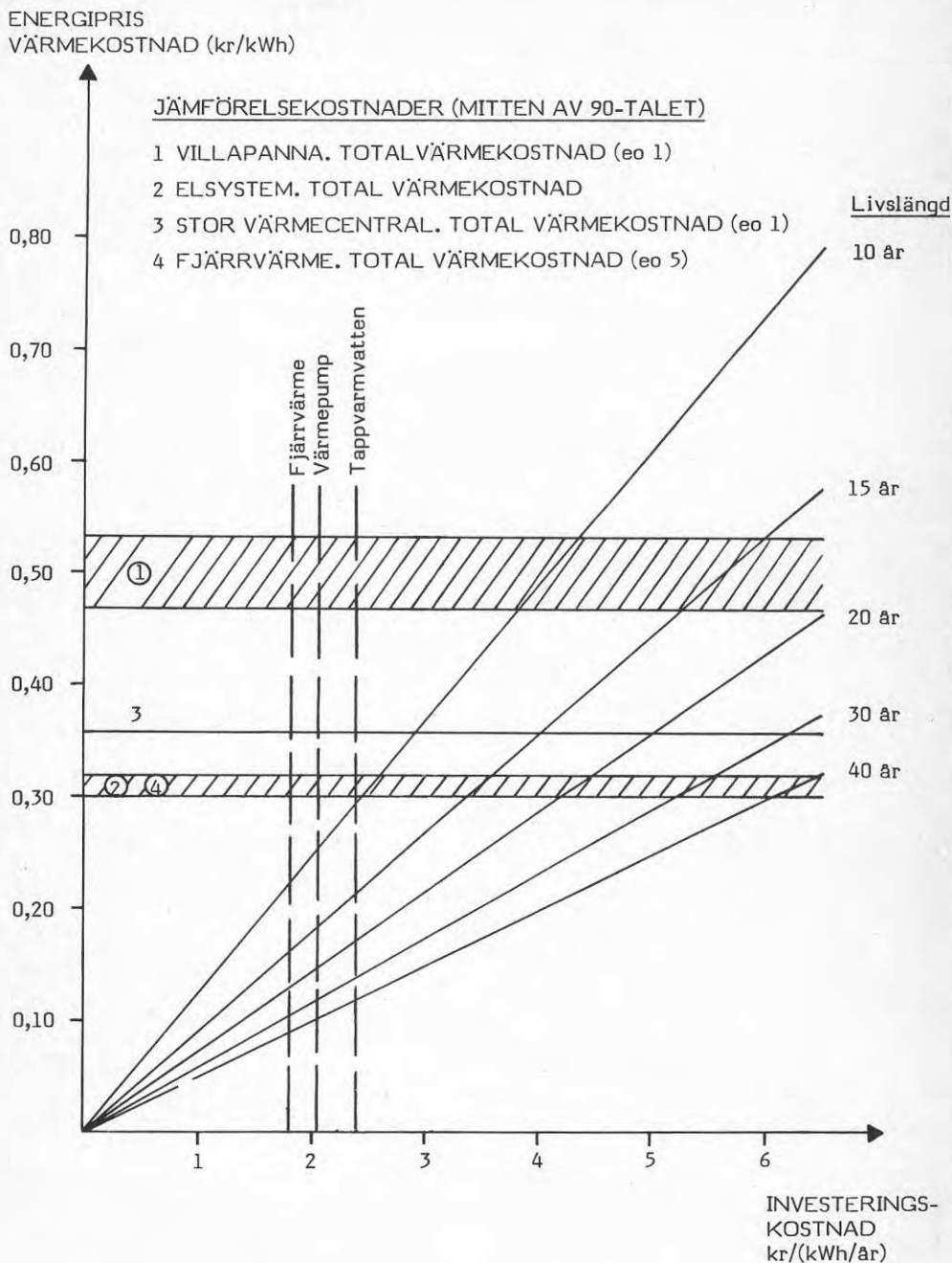


Diagram 8 Värmekostnadens och energiprisets beroende av solvärme-systemets investeringskostnad och livslängd vid realränta 4 %



9 FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

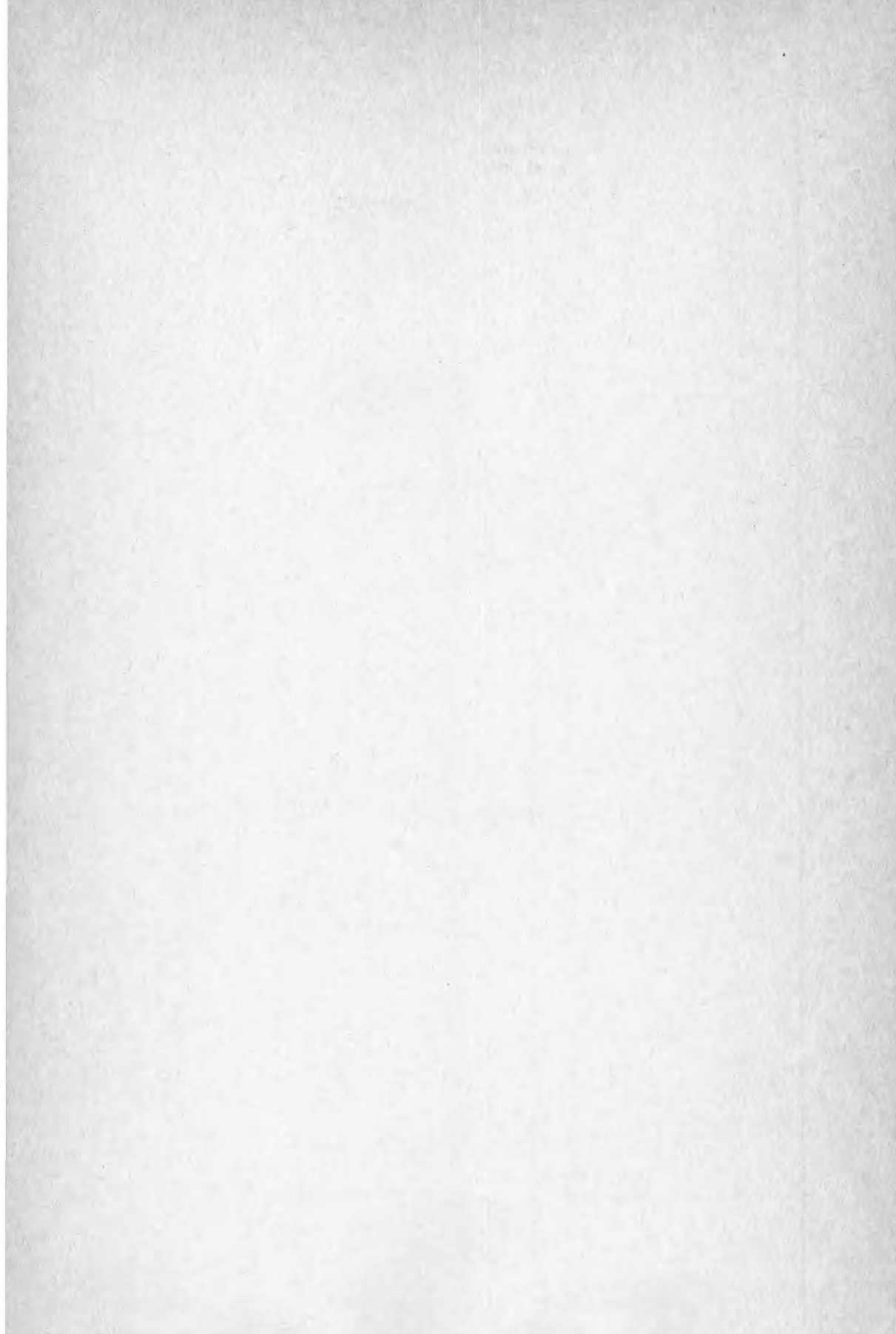
Det relativt lilla statistiska material som har studerats i denna förstudie bör utvidgas. En uppföljning av kostnaderna och producerad energimängd för flera färdigbyggda och igångkörda solvärmeanläggningar skulle ge ett bättre material att använda vid en liknande kostnadsanalys.

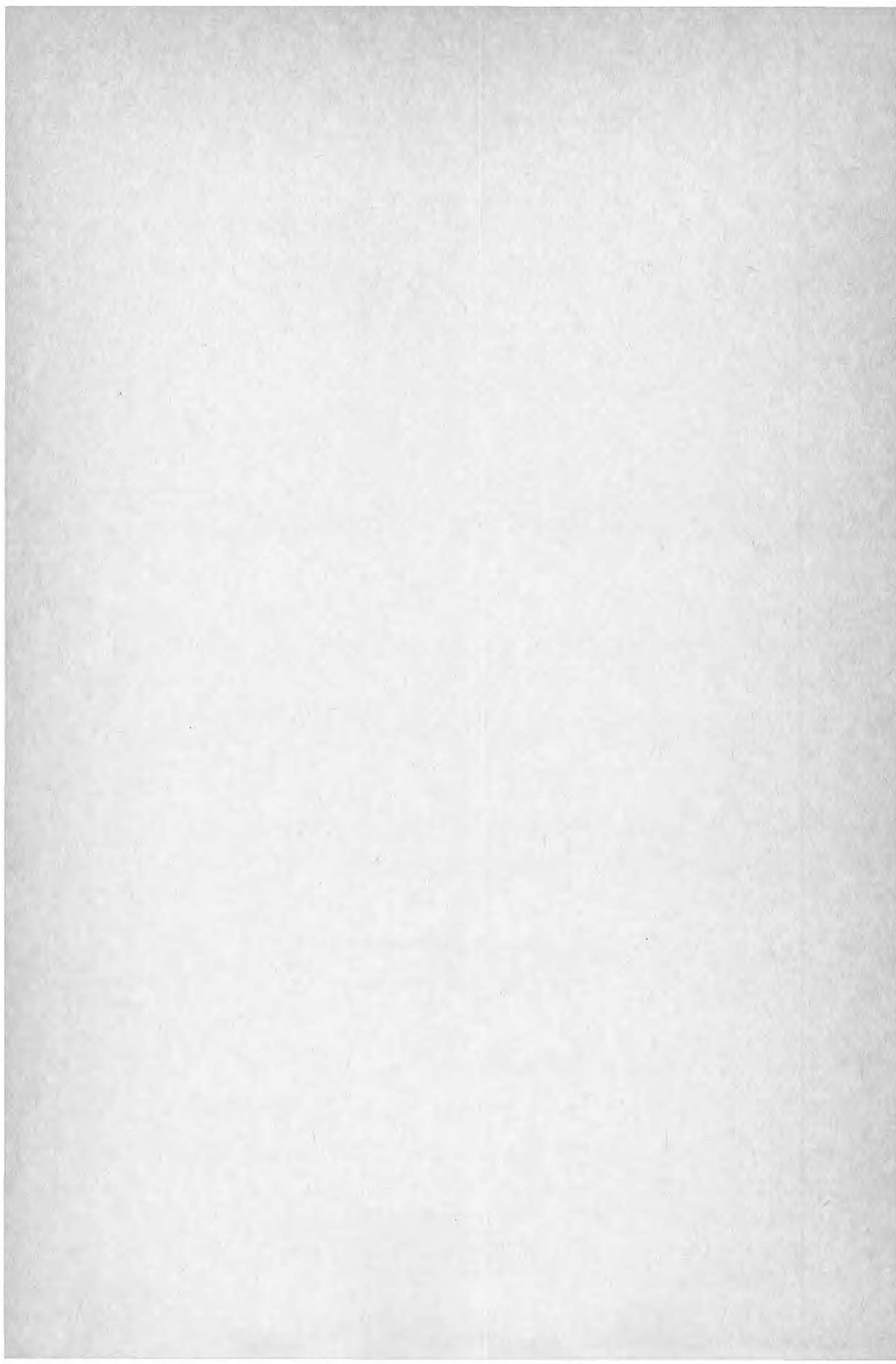
Kostnaderna i framtiden för solfångarna och andra komponenter bör analyseras djupare. Jämförelser med andra liknande industriprodukters kostnadsutveckling bör ske. T ex en vakuumrörsolfångare kan jämföras med ett lysrör, en plan solfångare med en radiator eller värmebatteri osv.

Kostnadserfarenheterna i utlandet av de olika komponenterna bör också studeras mer ingående. Marknaden och erfarenheterna i Sverige är relativt liten i jämförelse med andra länder.

10 LITTERATURFÖRTECKNING

- 1 Solvärmeforskning - en utvärdering av statens insatser. DFE-rapport nr 44, 1981.
- 2 H Zinko, 1981. Solfångare under åttiotalet, IEA-rapport.
- 3 T King, J Carlock, 1979. Construction cost factors identified in commercial solar energy systems.
- 4 K Brown. Cost and performance vary widely. Solar Engineering Magazine, June 1981.
- 5 H Zinko, H Hedman, Studsvik-rapport /E3-80/19. Solenergi-tillämpningar inom industrin.
- 6 F Peterson, L Ringblom, 1978. Varmvattenberedning med hjälp av solenergi - förutsättningar och kostnader. BRF-rapport R83:1978.
- 7 G Hultmark, S Olsson, 1981. Solfångare integrerade i tak för beredning av tappvarmvatten. BRF-rapport R70:1981.
- 8 L Berndtsson m fl, 1980. Solvärmesystem för tappvarmvatten vid nyproduktion av sjukvårdsbyggnader. BRF-rapport R140:1980.
- 9 L Berndtsson, S Lindgren, 1979. Solvärmesystem för tappvarmvatten i flerbostadshus. BRF-rapport R118:1979.
- 10 L O Matsson, 1981. Solvärt tappvatten för renhållningsstation i Göteborg. BRF-rapport R41:1981.
- 11 G Hultmark, 1980. Sunclay-projektet. BFR-rapport R38:1980.
- 12 M Abrahamsson m fl, 1980. Solvärme för befintlig bebyggelse. BFR-rapport R83:1980.
- 13 L O Matsson, 1981. Solvärme för Larsbergsområdet på Lidingö. BFR-rapport R48:1981.
- 14 L O Matsson, 1980. Solvärmeanläggning ansluten till fjärrvärmenät. BFR-rapport R49:1980.
- 15 H Gransell, 1980. Solfångarsystem i fjärrvärmenät. BFR-rapport R77:1980.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811100-6 från Statens råd för byggnadsforskning till
Scandiaconsult AB, Stockholm.**

R34:1983

ISBN 91-540-3902-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700734

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 25 kr exkl moms