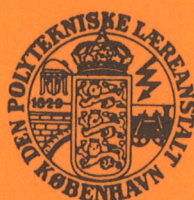


Økonomisk solbidrag til opvarmning af brugsvand

Sven Pedersen, Simon Furbo
Preben Nordgaard Hansen og Vagn Ussing



LABORATORIET FOR VARMEISOLERING
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

Økonomisk solbidrag til opvarmning af brugsvand

*Sven Pedersen
Simon Furbo
Preben Nordgaard Hansen
Vagn Ussing*

LABORATORIET FOR VARMEISOLERING
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE
DECEMBER 1982 MEDDELELSE 132

Forord

Energiministeriets (tidligere Handelsministeriets) Energiforskningsprogram (EFP80) vedrørende udvikling af mindre varmelagre er fortsat under Energiministeriets forskningsprogrammer i 1981 og 1982 (EFP81 og EFP82) som en betydningsfuld del af forskningsprogrammet vedr. solenergi. Formålet med denne del af programmet er gennem forbedrede lagermuligheder for solenergi at øge mulighederne for økonomisk anvendelse af solenergi under danske forhold.

Projektet udføres af Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks Tekniske Højskole, i samarbejde med interesserede institutter og erhvervsvirksomheder.

Projektet, der udførtes i perioden 1978-82, har omfattet følgende delprojekter:

Varmelagring i:

- a) vand
- b) stenmagasiner
- c) bygningskonstruktioner
- d) smeltevarmelagre
- e) kemiske varmelagre.

Alle delprojekterne tager sigte på, at de opnåede resultater allerede på kort sigt skal kunne anvendes i praksis.

Denne delprojektrapport er en del af arbejdet med "Termiske lagre", der bl.a. sigter på at udvikle utraditionelle lagertyper. Arbejdet under EFP82 og EFP83 fortsætter i 1983 og 1984.

Resumé

Økonomisk bidrag fra solen til opvarmning af brugsvand er i denne rapport analyseret ved hjælp af nuværdi-metoden. Retningslinjerne fra energiplan 81 er benyttet ved fastsættelse af nuværdi-faktorerne.

Solvarmeanlæggenes ydelser er beregnet med EDB-programmer udviklet på Laboratoriet for Varmeisolering.

Der er foretaget beregninger både på anlæg til eksisterende huse og på anlæg til planlagte huse; de vigtigste konklusioner er:

Ved anlæg til den eksisterende boligmasse er prisniveauet for solvarmeanlæg i øjeblikket noget for højt til, at solvarme kan forbedre økonomien i en installation, når der sammenlignes med et anlæg, der alene består af en gennemstrømningsvandvarmer. Prisen på solvarmeanlægget skal ca. 30% ned for et 2-3 m² anlæg (den økonomisk optimale størrelse) for at udgøre et attraktivt alternativ. En sådan prisforskydning er ikke urealistisk for de små solvarmeanlæg, der kan ventes at komme på markedet herhjemme i de nærmeste år, hvorfor solvarmeanlæg således også uden det nuværende statstilskud bliver attraktive.

Ved installation af solvarmeanlæg i nybygninger bliver merudgiften til VVS-installation ved solvarmeanlægget lille. Under disse omstændigheder vil investering i solvarme være mere rentabel end investering i et anlæg alene omfattende en gennemstrømningsvandvarmer.

Indholdsfortegnelse

	<u>side</u>
1. Indledning	1
2. Modeller og økonomiske forudsætninger	2
2.1. Økonomisk model	2
2.2. Beregningsmodel	3
2.3. Forudsætninger	6
3. Beregninger vedr. anlæg til eksisterende huse	7
4. Beregninger vedr. anlæg i nybygninger	20
5. Konklusioner	22
Symbolliste	25
Referencer	26
Projektorganisation	27
Liste over udkomne rapporter	28
Abstract	29

1. Indledning

Der er på Laboratoriet for Varmeisolering udført et stort arbejde med henblik på at udarbejde dimensioneringsgrundlag for solvarmebrugsvandsanlæg. Dette arbejde har bl.a. omfattet fremskaffelse af data for varmtvandsforbrug i boliger (1) og udarbejdelse af EDB-programmer, der angiver sammenhænge mellem solfangerareal, varmtvandsforbrug, varmelager-volumen, varmelagertype, systemopbygning samt dækningsgrad (2,3). En generel økonomisk analyse har været publiceret i VVS-bladet (4).

Benyttes centralvarme med vandkedel er det en forudsætning for et solvarmebrugsvandsanlægs rentabilitet, at centralvarmekedlens fyr slukkes om sommeren (2). Solvarmeanlæg dimensioneres derfor ofte således, at varmtvandsbehovet kan dækkes mere end 90% i sommermånederne, og en el-patron benyttes som "back-up" for resten. Det er imidlertid et spørgsmål, om denne dimensioneringsstrategi er den økonomisk optimale for forbrugeren. Under et samarbejde om udvikling af solvarmebrugsvandsanlæg mellem Laboratoriet for Varmeisolering og Instituttet for Produktudvikling (IPU) (5) blev det bl.a. diskuteret at begrænse solfangerens opgave til kun at dække en mindre del af behovet for varmt brugsvand selv i sommermånederne. Resten af varmtvandsforbruget skulle dækkes af en gas- eller el-gennemstrømningsvandvarmer.

Denne rapport udgør en økonomisk analyse af ovenstående. Rapporten analyserer dels modifikation af eksisterende varmtvandsanlæg, dels anlæg i nybygninger.

Konklusionerne i denne rapport er baseret på, at der udvikles automatiske tabsfrie el- og gasgennemstrømningsvandvarmere. Det vil være af stor betydning for solvarmens rentabilitet, at der udvikles sådanne gennemstrømningsvandvarmere med regulerbar effekt svarende til forbruget.

Der er ikke regnet med noget statstilskud ved køb af solvarmeanlæg.

2. Modeller og økonomiske forudsætninger

2.1. Økonomisk model

Til beregning af solvarmesystemernes økonomi benyttes nuværdimetoden (6).

Nuværdien beregnes af formlen:

$$NU = b_o \cdot f_{nvb} - u_o \cdot f_{nvu} - I_o$$

hvor b_o , u_o og I_o er henholdsvis besparelserne, driftsudgifterne og investeringen i år 0.

Nuværdi-faktoren f_{nvb} (eller f_{nvu}) beregnes af:

$$f_{nvb} = \frac{1 - (1+r_{rb})^{-n}}{r_{rb}}$$

hvor n er investeringens forventede levetid og r_{rb} beregnes af:

$$r_{rb} = \frac{r_n (1-s) - i_e}{1+i_e}$$

hvor r_n er den nominelle kalkulationsrente, s skatteprocenten (forskellen i beskatning af afkast af alternativ investering og af besparelse ved installation af solvarmesystemet), og i_e er den forventede prisstigningstakt for energi (samme prisstigning forudsættes for driftsudgifter ved beregning af f_{nvu}).

Betingelsen for at en investering er lønsom er, at nuværdien er større end 0.

I energiplan 81 (7) er opstillet retningslinjer for fastsættelse af parametrene r_n og i_e . *)

For offentlige investeringer benyttes en skattefri ($s=0$) kalkulationsrente på 9%, og stigningen i energipriser skønnes at blive 3% (begge tal i faste priser). Inflationen skønnes at blive yderligere 8%. Med disse tal findes nuværdifaktorerne over henholdsvis 10 og 15 år at blive:

*) Økonomiberegningerne for solvarmesystemerne er ikke væsentligt følsomme for de anvendte parametre. Dette skyldes formentlig, at der er en vis sammenhæng mellem renteniveau, inflationsniveau, skatteniveau og energiprisudviklingen. Resultaterne er derfor næsten upåvirkede af parametervalget, blot parametrene er sammenhørende tidsmæssigt.

For offentlige investeringer:

$$\begin{aligned} f_{10} &= 7.57 \\ f_{15} &= 10.10 \end{aligned} \quad s = 0$$

Det må dog understreges, at ved vurderingen af offentlige investeringer må også forhold som valuta- og beskæftigelsesvirkninger, miljøhensyn og forsyningssikkerhed medtages i overvejelserne vedrørende en energibesparende foranstaltnings lønsomhed. I kommende tabeller, hvor ovenstående nuværdier benyttes, vil der i tabellernes hoved stå $s=0$.

Privatøkonomisk benyttes en nominel kalkulationsrente på 20% og en skatteprocent på 55 ($s=0.55$). Med disse tal findes nuværdifaktorerne over henholdsvis 10 og 15 år at blive:

For private investeringer:

$$\begin{aligned} f_{10} &= 11.07 \\ f_{15} &= 17.40 \end{aligned} \quad s = 0.55$$

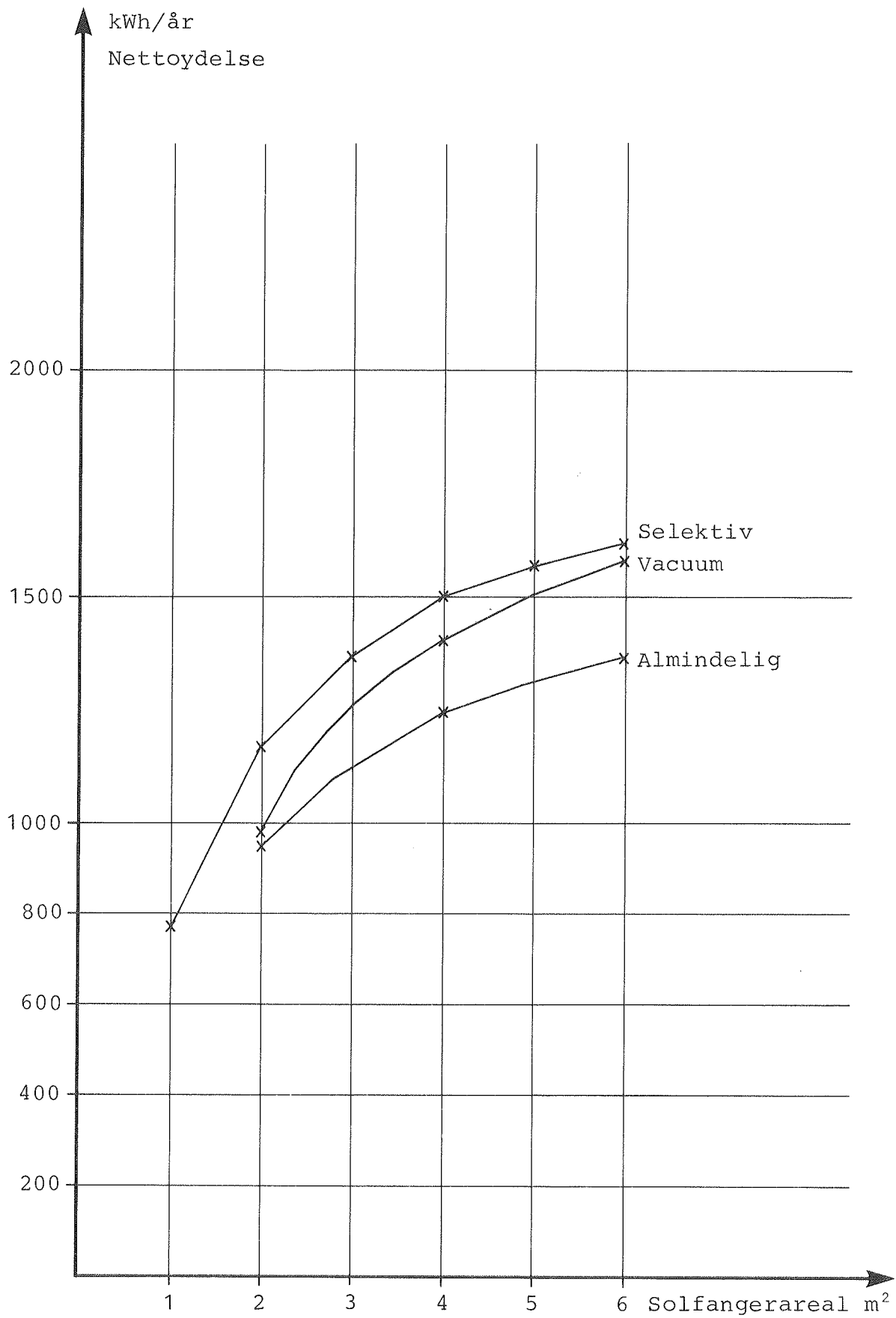
I de kommende tabeller, hvor disse to nuværdi-faktorer benyttes, vil der i tabellernes hoved stå $s=0.55$.

Nuværdi-faktoren for besparelser og driftsudgifter regnes ens.

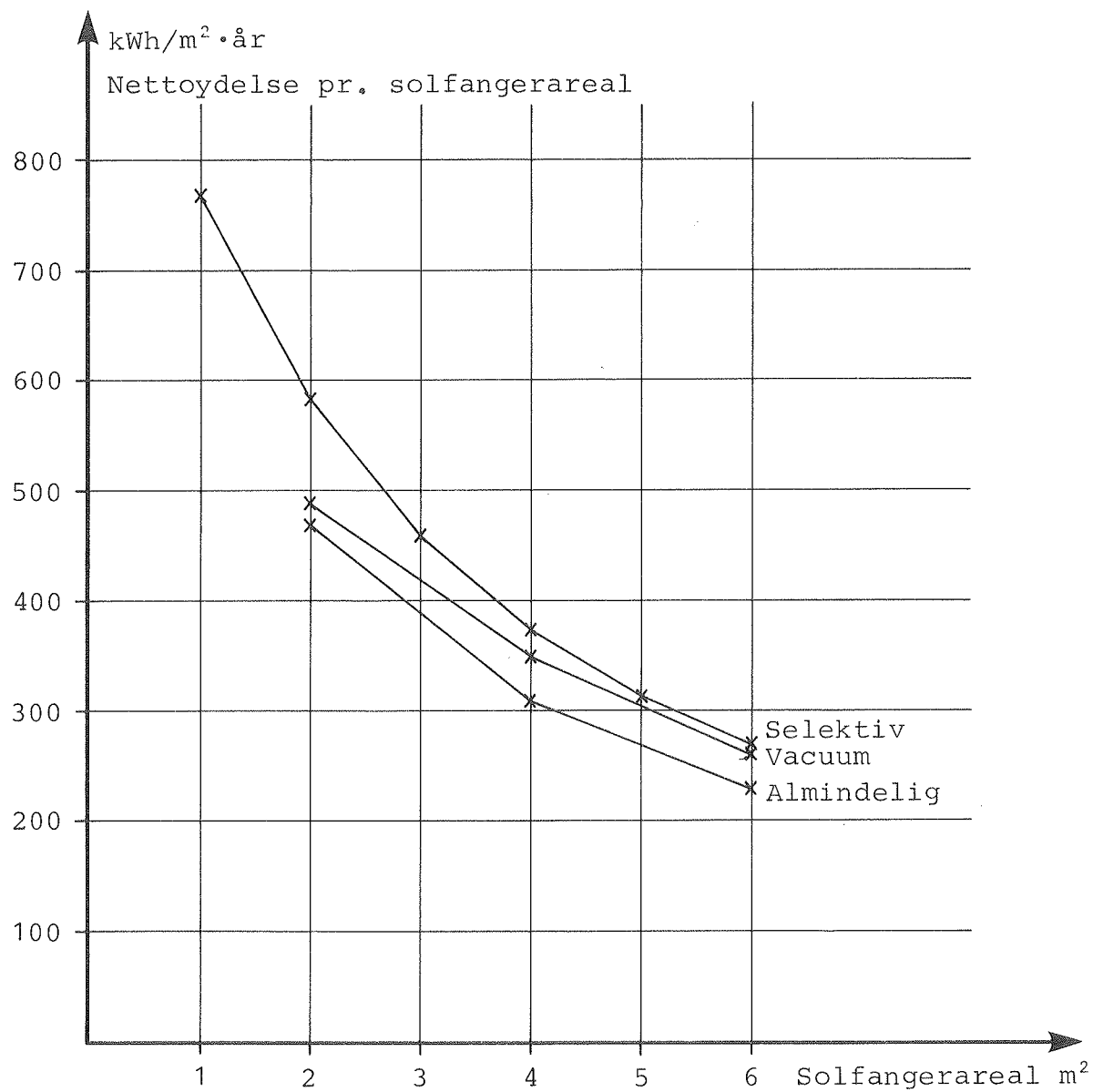
2.2. Beregningsmodel

Til beregning af solfangerydelserne er benyttet en på Laboratoriet for Varmeisolering udarbejdet EDB-model (3). Brugsvandsbehovet er sat til 2237 kWh/år svarende til et dagligt varmtvandsforbrug på 150 l opvarmet fra 10 °C til 40 °C, og 20 l opvarmet fra 10 °C til 50 °C. Ydelserne er beregnet for en plan solfanger med henholdsvis almindelig og selektiv belægning og for en vacuumsolfanger (evacuated tube). Effektivitetsligninger og andre data for solfangersystemet er givet i appendiks A. De beregnede årlige ydelser er optegnet i fig. 1 og 2.

Det fremgår af figurerne, at den plane solfanger med selektiv belægning er den mest fordelagtige at benytte, og kun resultaterne fra dette system er brugt i de følgende beregninger.



Figur 1. Beregnede årlige solfangerydelser.



Figur 2. Beregnede årlige solfangerydelser.

Resultater for den selektive solfanger:

Areal	helårlig ydelse	ydelse 1. maj-1. okt	pumpeenergi hele året	pumpeenergi 1. maj-1. okt
m ²	kWh	kWh	kWh	kWh
1	768	480	78	49
2	1170	734	71	45
3	1379	843	65	40
4	1500	890	61	36
5	1570	910	57	33
6	1620	920	54	31

2.3. Forudsætninger

For at kunne vurdere økonomien af et solvarmeanlæg må der gøres nogle forudsætninger vedrørende sparede tomgangstab, energipriser, pris på solvarmeanlæg etc.

Det sparede tomgangstab ved slukning af oliefyr sættes til 350 W svarende til en nutidig solo-kedel (2). Ved slukning i 5 måneder (1. maj - 1. okt.) bliver besparelsen til ca. 1250 kWh. Hertil kommer sparet tab fra varmtvandsbeholderen, der sættes til 3 W/°C eller (i 5 mdr.) 250 kWh. Det skal bemærkes, at i ydelserne i ovenstående tabel er tabet fra solvarmevarmtvandsbeholderen indregnet. Evt. tilslutning af solfangeren direkte til den eksisterende varmtvandsbeholder i de eksisterende huse er ikke medtaget i analyserne.

Varmetabet fra gaskedler er undersøgt i (8). Den bedste solo-gaskedel havde et tomgangsforbrug på 450 W, mens en varmtvandsbeholder, der sælges sammen med gaskedler havde et varmetab på 250 W (!). Det må imidlertid på grund af naturgasens indførelse og den deraf følgende stigende udbredelse af gaskedler forudses, at gaskedlers varmeøkonomi ret snart kommer på linje med oliefyrskedlernes. Der regnes derfor med samme tomgangstab for oliefyrskedler og gaskedler.

Gennemstrømningsvandvarmere regnes i dette arbejde for tabsfrie.

Der regnes ud fra sædvanlige virkningsgrader med følgende energipriser:

el: 0.80 kr/kWh

olie: 0.50 kr/kWh

Gasprisen sættes lig olieprisen (0.50 kr/kWh).

Energien til solvarmesystemets styringssystemer medregnes ikke, da den er forsvindende lille i forhold til de øvrige energiforbrug.

Der er indhentet priser på de forskellige komponenter til solfangere, og den samlede pris (incl. gennemstrømningsvandvarmer, moms og opsætning) kan beregnes af udtrykket:
 $\text{pris} = 15250 + 2000 \times \text{areal}$. (Prisudtrykket tager ikke hensyn til modulstørrelserne på solfangermarkedet). Dette er naturligvis en gennemsnitspris, der kan være tale om svingninger fra fabrikant til fabrikant. VVS-installationsudgifterne udgør 7000 kr., og dette beløb anses at kunne spares ved solvarmeanlæg i nybygninger. Prisen for et solvarmeanlæg til nybygninger bliver derfor: $8250 + 2000 \times \text{areal}$.

Der regnes ikke med tilskud fra staten.

3. Beregninger vedr. anlæg til eksisterende huse.

Kan det betale sig for forbrugeren at installere solvarme? Det er dette spørgsmål, der vil blive forsøgt besvaret i dette afsnit. Besparelsen ved at indføre gennemstrømningsvandvarmer eller gennemstrømningsvandvarmer kombineret med solvarme sammenlignes derfor med ingenting at gøre. Følgende systemer betragtes (se fig. 3):

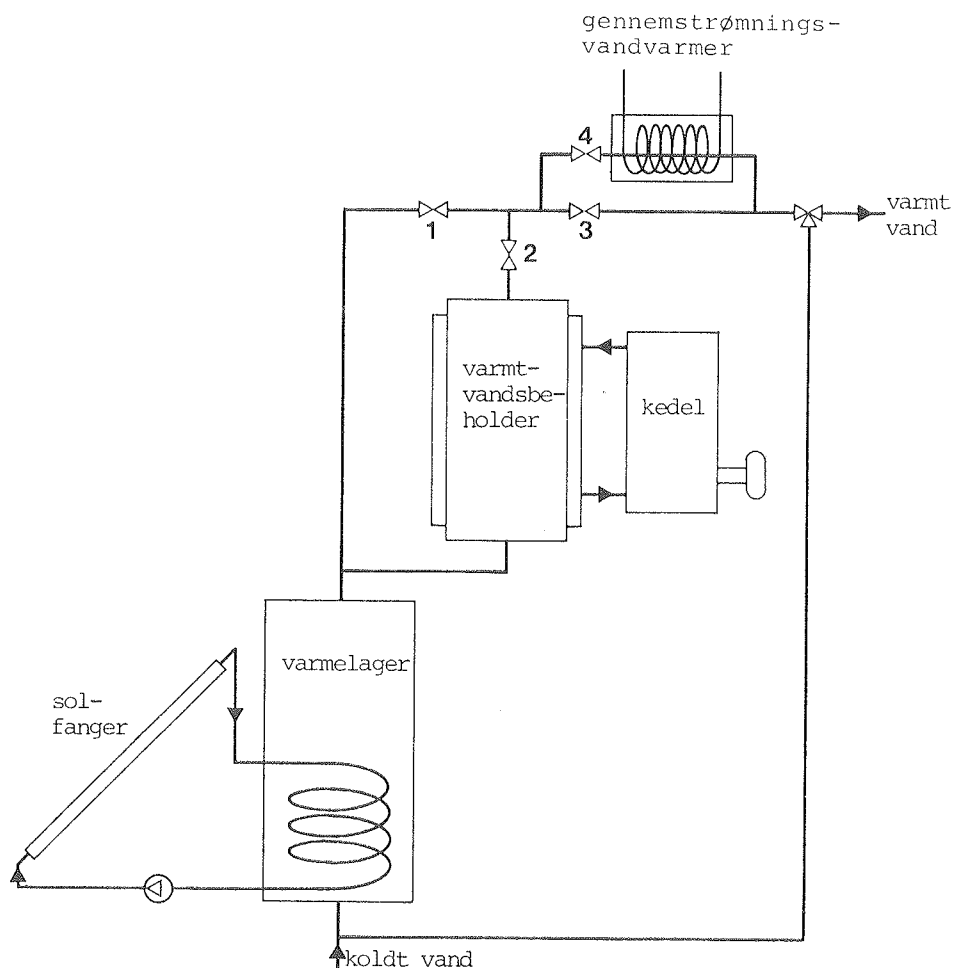
System 1 - Der installeres solvarmeanlæg.

Det eksisterende fyr slukkes ikke, men benyttes som "back-up" hele året.

System 2 - Der installeres solvarmeanlæg evt. kun gennemstrømningsvandvarmer. Anlægget benyttes kun om sommeren, hvor fyret slukkes.

System 3 - Som system 2, men anlægget benyttes hele året.
Oliefyret slukkes om sommeren og benyttes som
"back-up" for solvarmeanlægget om vinteren.

System 4 - Forbrugeren står i den situation, at hele kedel-
anlægget skal udskiftes. Han beslutter derfor
at installere solvarmeanlæg og samtidig adskille
brugsvands- og rumopvarmningen. Han sparer der-
ved en varmtvandsbeholder som "back-up" hele året.



		Solanlæg	Ventil 1	Ventil 2	Ventil 3	Ventil 4
System 1	HELE ÅRET	igang	lukket	åben	åben	lukket
System 2	SOMMER	igang	åben	lukket	lukket	åben
	VINTER	standset	lukket	åben	åben	lukket
System 3	SOMMER	igang	åben	lukket	lukket	åben
	VINTER	igang	lukket	åben	åben	lukket
System 4	HELE ÅRET	igang	åben	lukket	lukket	åben

Figur 3. Systemoversigt.

System 1

Besparelser fås fra tabellen side 6. Ved beregning af solfangerpris er der taget hensyn til, at der ikke skal investeres i gennemstrømningsvandvarmer (2500 kr.).

areal	solanlæggets nettoydelse	pumpetab	solfangerpris
m ²	kWh	Kwh	kr
1	768	78	14750
2	1170	71	16750
3	1379	65	18750
4	1500	61	20750
5	1570	57	22750
6	1620	54	24750

Beregnete Nu-værdier (eksisterende anlæg som "back-up"):

	Areal (m ²)	s = 0		s = 0,55	
		10 år	15 år	10 år	15 år
Nu- værdi	1	-12320	-11500	-11190	-9150
	2	-12750	-11420	-10900	-7560
	3	-13920	-12310	-11690	-7660
	4	-15440	-13670	-12990	-8500
	5	-17150	-15280	-14560	-9880
	6	-18950	-17010	-16260	-11410

Det er tydeligvis ikke nogen god idé at investere i solvarme under disse betingelser.

System 2

Energibesparelsen bliver for dette system:

$$932 + 1250 + 250 = 2432 \text{ kWh}$$

hvor 932 kWh er energiforbruget til sommermånedernes varmtvandsforbrug (5/12 af 2237 kWh, se side 6), og 1250 og 250 kWh er henholdsvis centralvarmeanlæggets stilstandstab og varmtvandsbeholderens varmetab.

Den nødvendige "back-up"-energi er beregnet fra tabellen side 9 som 932 - (ydelse 1.maj - 1.oktober):

areal	"back-up" -energi	pumpetab	anlægspris
m ²	kWh	kWh	kr
0	932	0	2500
1	452	49	17250
2	198	45	19250
3	89	40	21250
4	42	36	23250
5	22	33	25250
6	12	31	27250

2500 kr er prisen på en gennemstrømningsvandvarmer.

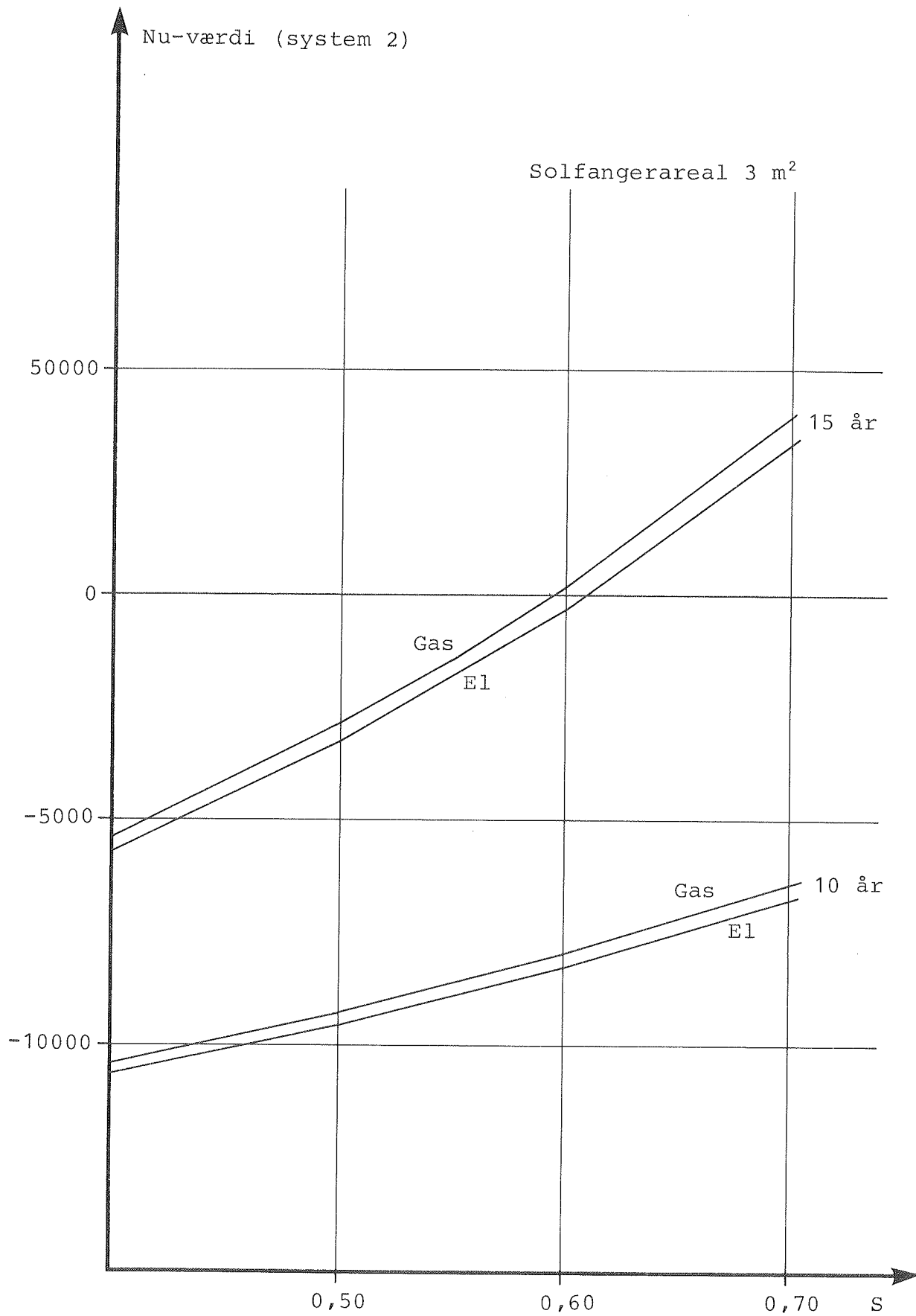
Beregnete Nu-værdier (el "back-up").

Areal	s = 0		s = 0,55	
(m ²)	10 år	15 år	10 år	15 år
0	1060	2250	2710	5690
1	-11080	-9020	-8230	-3070
2	-11520	-8930	-7940	-1470
3	-12830	-10010	-8930	-1890
4	-14520	-11600	-10480	-3180
5	-16380	-13410	-12280	-4860
6	-18310	-15230	-14170	-6690

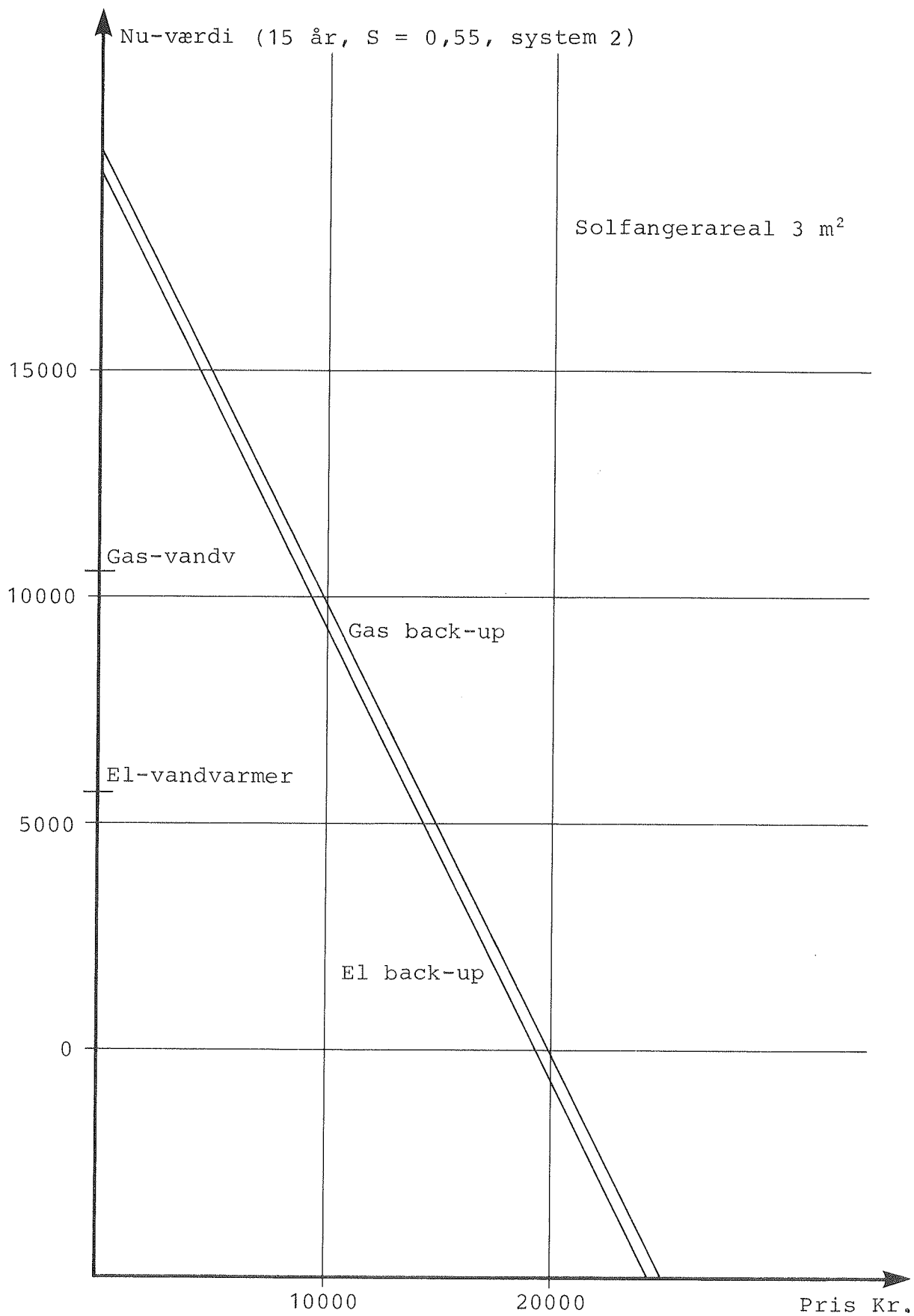
Beregnete Nu-værdier (gas "back-up")

Areal	s = 0		s = 0,55	
(m ²)	10 år	15 år	10 år	15 år
0	3180	5070	5800	10550
1	-10050	-7650	-6730	-710
2	-11070	-8330	-7280	-440
3	-12620	-9740	-8640	-1420
4	-14420	-11470	-10340	-2960
5	-16330	-13350	-12200	-4740
6	-18280	-15280	-14130	-6630

Indflydelsen af parametrene skatteprocent (s) og solvarmeanlægs pris er vist i fig. 4 og 5. I fig. 4 er afbildet Nu-værdien af et 3 m² solvarmeanlæg (pris: 21250 kr) mod skatteprocenten. Det ses, at der opnås positive Nu-værdier ved 15 års levetid for trækprocenter større end 60. Nuværdierne når dog ikke op i nærheden af dem, der opnås ved investering i gennemstrømningsvandvarmere alene.



Figur 4. Nuværdi af 3 m² solvarmeanlæg (system 2) ved varierende skatteprocenter.



Figur 5. Nuværdi af 3 m² solvarmeanlæg (system 2) ved 15 års levetid og 55% skatteprocent afhængig af anlægsprisen.

I fig. 5 er afbildet Nu-værdien som funktion af solvarmeanlæggets pris. Det ses, at solvarmesystemet med gas "back-up" kan konkurrere med installation af gasgennemstrømningsvandvarmere alene, når prisen på solvarmeanlægget kommer ned under 9000 kr (42.35% af nuværende prisskøn), det tilsvarende tal for el-systemet er 13000 kr (61.17% af nuværende prisskøn).

System 3

Besparelsen i sommermånederne er som for system 2. Solvarmesystemet giver nu også et bidrag i vintermånederne, nemlig:

areal	solvarmebidrag om vinteren	pumpeenergi om vinteren
m ²	kWh	kWh
1	288	29
2	436	26
3	536	25
4	610	25
5	660	24
6	700	23

Nu-værdien af dette yderligere bidrag (solvarmebidrag $\times 0.5 \times f$ - pumpeenergi $\times 0.8 \times f$) lægges til de beregnede nuværdier under system 2.

Beregnete nuværdier (el "back-up"):

Areal	s = 0		s = 0,55	
	10 år	15 år	10 år	15 år
1	-10170	-7800	-6890	-970
2	-10030	-6940	-5760	1960
3	-10950	-7510	-6180	2430
4	-12360	-8720	-7330	1780
5	-14030	-10270	-8840	550
6	-15800	-11970	-10500	-920

Beregnete Nu-værdier (gas "back-up"):

Areal	s = 0		s = 0,55	
	10 år	15 år	10 år	15 år
1	-9140	-6430	-5390	1400
2	-9580	-6340	-5100	2990
3	-10740	-7240	-5890	2900
4	-12260	-8590	-7190	2000
5	-13980	-10210	-8760	670
6	-15770	-11930	-10460	-860

Ligesom ved system 2 er indflydelse af skatteprocent og solvarmepris vist i fig. 6 og 7. Billedet har ændret sig noget til gunst for solvarmeanlægget på grund af det ekstra bidrag i vintermånederne. Der opnås positive nuværdier ved 15 års levetid for trækprocenter større end ca. 45, og for bygherrer med høje trækprocenter bliver solvarmeanlægget med et "back-up" konkurrencedygtigt med investering i den rene el-gennemstrømningsvandvarmer.

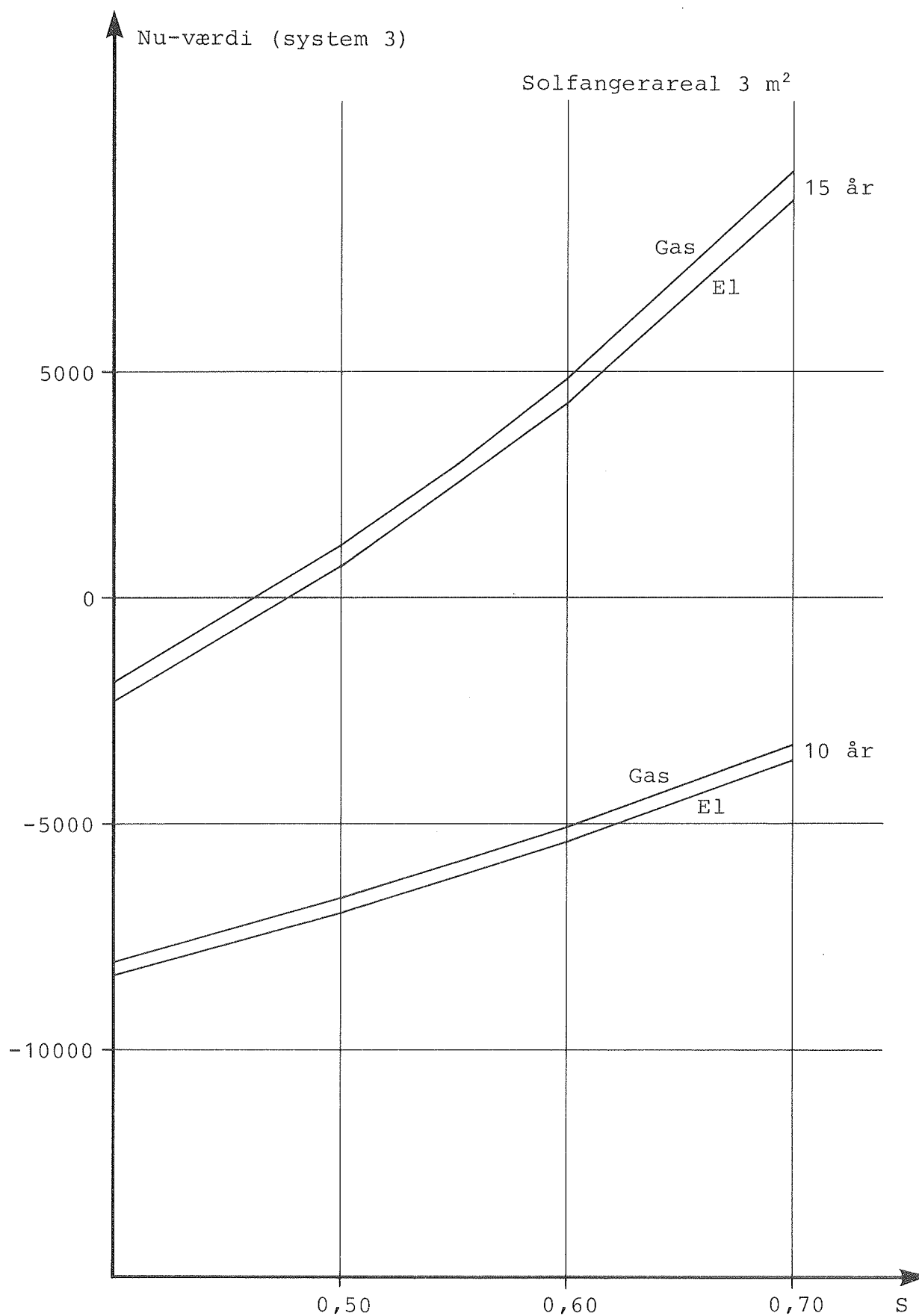
Fig. 7 viser Nu-værdien som funktion af solfangerprisen. Det ses, at solvarmeanlægget med gas "back-up" kan konkurrere med installation af gasgennemstrømningsvandvarmer alene, når prisen på solvarmeanlægget kommer under 13000 (61,8% af nuværende prisskøn), det tilsvarende tal for el-systemet er 18000 (84,7% af nuværende prisskøn). Et tal af denne størrelsesorden (18000) er ikke urealistisk for de små anlæg, der er ved at komme på markedet herhjemme.

Det må anbefales private bygherrer at investere i helårsanlæg. Den højere nu-værdi (3000-5000 kr.) for disse anlæg hidrører jo bl.a. fra den fulde udnyttelse af solfangernes frostsikkerhed.

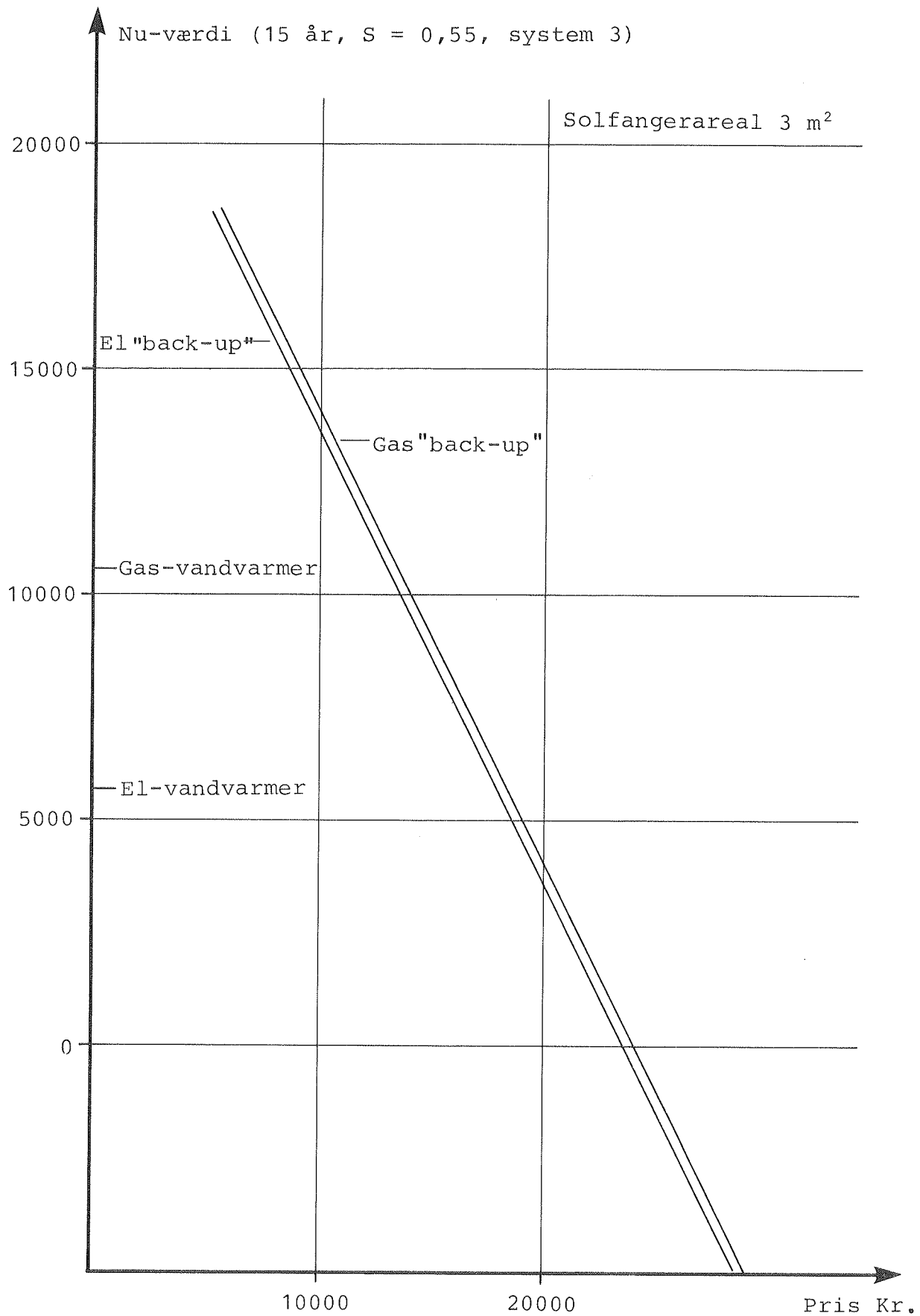
System 4

Installeres der gasvandvarmer er det oplagt at adskille rum- og brugsvandsopvarmningen, da der ikke kommer ekstra-udgifter og der spares en varmtvandsbeholder (ca. 2000 kr). Diskussionen omkring installation af ren gennemstrømningsvandvarmer eller vandvarmer + solvarme berøres ikke, da der spares 2000 kr i begge tilfælde.

Installeres der el-gennemstrømningsvandvarmer kommer der merudgifter på grund af den højere el-pris. Den årlige ekstraudgift bliver $0.3 \times$ ("back-up" om vinteren).



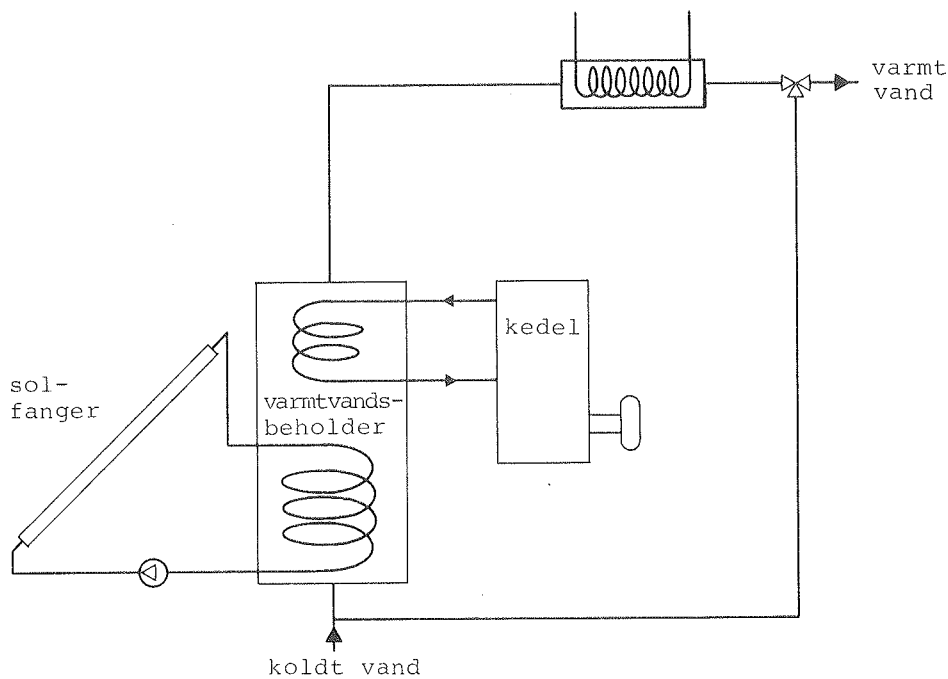
Figur 6. Nuværdi af 3 m² solvarmeanlæg (system 3) ved varierende skatteprocenter.



Figur 7. Nuværdi af 3 m^2 solvarmeanlæg (system 3) ved 15 års levetid og 55% skatteprocent afhængig af anlægsprisen.

Areal	vinter back-up	årlig merudgift
m ²	kWh	kr
0	1305	392
1	1017	305
2	869	261
3	769	231
4	695	209
5	645	194
6	605	182

Den årlige merudgift skal ganges med nuværdifaktoren og sammenlignes med besparelsen på de 2000 kr. Det er derfor for private bygherrer ikke nogen god idé at adskille rum- og brugsvandsopvarmningen ved el-opvarmning af brugsvandet.



Figur 8. System for nybygninger.

4. Beregninger vedr. anlæg i nybygninger.

I dette afsnit regnes der med, at der kan ses bort fra merudgifter til VVS-installation ved solvarmeanlægget (se fig. 8). Prisen for solvarmeanlægget bliver derfor $8250 + 2000 \times \text{areal}$.

Belært af erfaringerne fra afsnit 3.4 adskilles rum- og brugsvandsopvarmningen, når der bruges gasgennemstrømningsvandvarmer. Prisen for solvarmeanlægget kan derfor i dette tilfælde sættes til $6250 + 2000 \times \text{areal}$. Rum- og brugsvandsopvarmningen adskilles ikke, når der installeres elgennemstrømningsvandvarmer.

Nuværdien af anlægget beregnes i forhold til et traditionelt gas- eller oliefyr. Rumopvarmningen slukkes om sommeren (1. maj - 1. okt.).

Energibesparelse: $2237 + 1250 + 250 = 3737 \text{ kWh}$,

hvor 2237 kWh er årsforbruget af varmt vand og 1250 og 250 kWh henholdsvis centralvarmeanlæggets stilstandstab og varmtvandsbeholderens varmetab i sommermånederne (maj - sept. inkl.).

Areal	"back-up" -energi	pumpe- energi	Invest. (el)	Invest. (gas)
m ²	kWh	kWh	kr	kr
0	2237	0	2500	500
1	1469	78	10250	8250
2	1067	71	12250	10250
3	868	65	14250	12250
4	737	61	16250	14250
5	667	57	18250	16250
6	617	54	20250	18250

Beregnete nuværdier (el "back-up"):

("back-up" energi deles, el om sommeren, gas eller olie om vinteren).

Areal m ²	s = 0		s = 0,55	
	10 år	15 år	10 år	15 år
0	1060	2250	2710	5680
1	-3160	-800	110	6040
2	-3020	60	1240	8960
3	-3950	-510	810	9430
4	-5360	-1720	-320	8780
5	-7030	-3270	-1840	7550
6	-8800	-4970	-3500	6080

Beregnete Nu-værdier (gas "back-up"):

Areal m ²	s = 0		s = 0,55	
	10 år	15 år	10 år	15 år
0	5180	7080	7800	12550
1	-140	2570	3610	10400
2	-570	2660	3900	11990
3	-1750	1760	3110	11890
4	-3260	410	1810	11000
5	-4980	-1210	240	9670
6	-6770	-2930	-1460	8140

Beregningerne viser, at der er god økonomi i solvarmeanlæg, når dette indbygges i huset ved dettes opførelse.

5. Konklusioner

Betragtes anlæg i den eksisterende boligmasse gælder det, at prisniveauet for solvarmeanlæg i øjeblikket er noget for højt til, at solvarme kan forbedre økonomien i en installation, når der sammenlignes med anlæg, der alene består af en gennemstrømningsvandvarmer. Prisen skal ca. 30% ned, før et 2-3 m² anlæg skal være et økonomisk attraktivt alternativ. En sådan prisforskydning er dog ikke urealistisk for de små solvarmeanlæg, der er ved at komme på markedet herhjemme. Disse resultater gælder for en levetid af solfangere på 15 år og en trækprocent på 55. Med højere trækprocent forbedres rentabiliteten af solvarmeanlægget.

En stor del af energibesparelsen ved et solvarmeanlæg kommer fra, at oliefyret kan slukkes i sommermånederne. Det er derfor ikke nogen god idé at benytte oliefyret som "back-up" i denne periode.

Det økonomisk optimale solfangeranlæg har i øjeblikket et areal på ca. 3 m², noget afhængigt af, om "back-up"-systemet er gas eller el.

Ved installation af nye gasfyr vil det under de gjorte forudsætninger være en fordel at adskille rum- og brugsvandsopvarmningen.

Det er en væsentlig forbedring af økonomien ved indbygning af solvarmeanlæg i eksisterende huse, at dette kan ske samtidig med en renovering af kedelanlægget. Den eksisterende varmtvandsbeholder kan i så fald udnyttes som lagertank for solanlægget.

Ved indretning af solvarmeanlæg i nybygninger bliver merudgiften til VVS-installationer, som solvarmeanlægget medfører, lille. Under disse omstændigheder vil solvarme være økonomisk interessant som delvis baggrund for brugsvandsopvarmningen.

Medregnes skattefordelen ikke i beregningerne (offentlige investeringer) vil solvarmeanlæg ikke være lønsomme ved installation i eksisterende huse og kun vise beskednen lønsomhed (mindre lønsomhed end installation af gennemstrømningsvandvarmer alene) ved nybygninger.

Appendiks A

Solfanger:

Solfangereffektivitet for små indfaldsvinkler:

Alm. belægning: $y = 0.75 - 7.0 \times (T_{MS} - T_{ude})/I$

Selektiv belægning: $y = 0.90 - 5.0 \times (T_{MS} - T_{ude})/I$

Vacuumsolfanger: $y = 0.62 - 2.0 \times (T_{MS} - T_{ude})/I$

Solfangervæske: propylenglykol/vand blanding frost-sikret til -20°C .

Solfangervæskestrøm: 4 l/min.

Effektiv varmekapacitet

for solfangeren: $10800 \text{ J}/^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2$

Solfangerhældning: 45°C

Solfangerorientering:

Sydvendt.

Varmelager: Varmtvandsbeholder

Beholdermateriale: stål

Form: cylinderformet

højde/diameter: 3

glastykkelse: svøb 3 mm

endebunde: 4 mm

Beholdervolumen: 200 l

Beholderisolering: materiale: mineraluld

tykkelse: 5 cm

kuldebroplacering: ingen

Varmevekslerspiral: placering: nederste del af lageret

varmeoverføringsevne fra solfangervæske

til lager: $85 + 2.13 \cdot T_{\ell} \text{ W}/^{\circ}\text{C}$

T_{ℓ} er her lagerets bundtemperatur.

Omgivelsestempe-
ratur: 20 °C

Solfangerkredsen:

Rørmateriale: stål

Rørdimension: 3/4"

Rørisolering: materiale: mineraluld
tykkelse: 3 cm

Rørlængde: Indendørs: 6 m
Udendørs: 8 m

Styresystem

Start- og stop-temperaturdifferens mellem solfangervæskens
fremløbstemperatur til og returtemperatur fra varmelage-
ret: 1 °C

Varmtvandsforbrug

Volumen: 170 l/dag

Forbrugsmønster: kl. 7: 60 l 40° varmt vand
kl. 12: 30 l 40° - -
kl. 18: 20 l 50° - -
kl. 20: 60 l 40° - -

Koldtvandstempe-
ratur: 10 °C

Vejr: Referenceårets vejrdato er benyttet
(9).

Symbolliste

b_o	årlig besparelse	kr
f	nuværdifaktor	
i_e	årlig prisstigning på energi	
I_o	investering	kr
I	solintensitet	W/m^2
n	investeringens forventede levetid	år
NU	Nu-værdi	kr
r_n	kalkulationsrente (nominel)	
r_{rb}	kalkulationsrente (korrigeret for skattebesparelse og energiprisstigninger)	
s	skatteprocent	
T_l	temperatur i bunden af lager	$^{\circ}C$
T_{MS}	middeltemperatur i solfanger	$^{\circ}C$
T_{ude}	lufttemperatur (omkring solfanger)	$^{\circ}C$
U_o	årlige driftsudgifter	kr
η	solfangereffektivitet	

Referencer

- (1) Niels Mejlhede Jensen, "Varmtvandsforbrug i boliger", Laboratoriet for Varmeisolering, Energiministeriets varmelagerprojekt, Rapport nr. 11, (meddelelse nr. 117), Danmarks Tekniske Højskole, februar 1982.
- (2) K. Ellehauge, L. Sønderskov Jørgensen, M. Lange, S.E. Mikkelsen og C. Nielsen, "Solvarmeanlæg til Varmt Brugsvand", Laboratoriet for Varmeisolering, Energiministeriets Solvarmeprogram, Rapport nr. 16, Danmarks Tekniske Højskole, september 1981.
- (3) Simon Furbo, Jan-Erik Larsen, "Prøvemethoder for mindre varmelagre og erfaringer fra prøvningerne", Laboratoriet for Varmeisolering, Rapport nr. 12, (meddelelse nr. 126), november 1982.
- (4) H. Lawaetz, "Solvarmeanlægs Økonomi", VVS, januar 1981.
- (5) Jacob Raagaard og Lars Hein, Rapport vedrørende IPU-projekt K-466, "Solfanger til Brugsvand", Instituttet for Produktudvikling, Danmarks Tekniske Højskole, august 1982 (ikke offentliggjort).
- (6) K. Johnsen, S. Andersen, "Økonomisk vurdering af energibesparende foranstaltninger (1)", VVS 1, 1982.
- (7) Energiplan 81, Energiministeriet, november 1981.
- (8) C.L. Baumbach og Otto Paulsen, "Energiøkonomi ved små gaskedler", VVS, april 1982.
- (9) "Vejrdata for VVS og energi", Dansk Referenceår TRY, SBI-rapport 135.

ENERGIMINISTERIETS MINDRE VARMELAGRE,
Projekt under Solvarmeprogrammet.

Projektorganisation

Styregruppe

Energiministeriet har fra september 1981 udpeget følgende styregruppe for solvarmeprogrammet:

V. Korsgaard, professor, Lab.f.Varmeisolering, DTH, (formand).
P. Ahrenst, kontorchef, Boligselskabernes Landsforening.
P. Alling, direktør, Dansk Solvarme K/S.
E. Christoffersen, afdelingsleder, Statens Byggeforskningsinstitut.
P. Dirks, afdelingsingeniør, Dansk Kedelforening.
J. Fischer, direktør.
K. Hallgreen, ingeniør, Danfoss A/S.
O. Dietrich, kontorchef, dr.phil., Energiministeriet.
E. Jerking, Byggestyrelsen, energikontoret.
N.I. Meyer, professor, Fysisk Lab. III, DTH.
J.S.R.Nielsen, civilingeniør, Birch & Krogboe.
V.S.Pejtersen, civilingeniør, Risø.
E. Petersen, lektor, Kemisk Lab.I, H.C.Ørstedes Instituttet.
P. Steensen, civilingeniør, Teknologisk Institut.
P.J. Snare, civilingeniør, Energistyrelsen.

Projektmedarbejdere fra

Laboratoriet for Varmeisolering, DTH:

S. Eidorff, civilingeniør, lic.techn.
S. Furbo, civilingeniør, stud.lic.techn.
K.K.Hansen, akademiingeniør, lic.techn.
P.N.Hansen, lektor, lic.techn.
J.-E.Larsen, akademiingeniør.
N.Mejlhede Jensen, civilingeniør, lic.techn.
O. Dyrnum, civilingeniør.
S. Pedersen, civilingeniør, lic.techn.
V. Ussing, civilingeniør, (projektleder).

Liste over udkomne rapporter

- Nr. 1. Litteraturundersøgelser og vurdering af kemiske varmelagre. Peter L.Christensen, august 1979.
- Nr. 2. Sæsonlagring af varme i store vandbassiner. Udført af Dipco Engineering ApS, november 1979.
- Nr. 3. Beregning af energiforbrug i bygninger (EFB-1). En metode til brug for bordregnemaskiner. Anker Nielsen, februar 1980.
- Nr. 4. Beregning af energiforbrug i bygninger (EFB-1). Brugervejledning for TI-59. Anker Nielsen, februar 1980.
- Nr. 5. Prøvning af varmelagerunits til solvarmeanlæg. Simon Furbo, april 1980.
- Nr. 6. Beregning af ruminddelte bygningers energiforbrug. Anker Nielsen, oktober 1980.
- Nr. 7. Vinduets betydning for énfamiliehouses energiforbrug. Anker Nielsen, november 1980.
- Nr. 8. Heat Storage with an incongruently melting salt hydrate as storage medium based on the extra water principle. Simon Furbo, december 1980.
- Nr. 9. Enfamiliehuse med glasbeklædte uderum. Anker Nielsen, marts 1981.
- Nr. 10. Kemiske varmelagre. Teori og praksis Peter L.Christensen, december 1981.
- Nr. 11. Varmtvandsforbrug i boliger. Niels Mejlhede Jensen, februar 1982.
- Nr. 12. Prøvemetoder for mindre varmelagre og erfaringer fra prøvningerne. Simon Furbo, Jan-Erik Larsen, november 1982.
- Nr. 13. Solopvarmning gennem vinduer. Niels Mejlhede Jensen, november 1982.

ABSTRACT

In this report economic contributions from the sun for heating DHW has been analyzed by "the present-value method".

The yield of the solar systems is estimated by computer programmes developed by "The Thermal Insulation Laboratory" of "The Technical University of Denmark".

Systems applicable for existing housing as well as systems applicable for new houses have been studied.

The most important conclusions are:

The price level of solar systems for existing houses is at present some what too high to have solar heat improve the economy of the installation, when comparing with systems based on flow water heaters.

The price of solar systems must be reduced by 30% for a 2-3 m² solar system (optimal size) in order to make it an attractive alternative. Such a price reduction is not unrealistic for the small solar systems which can be expected on the Danish market in the immediate years, thus making solar systems attractive, even when the present government subsidies expire.

By installation of solar systems in new houses the additional expense for installing the solar system is small. Under these circumstances investment in solar heating will give a better interest than an investment in a system consisting only of a flow water heater.