

Varmeplanudvalgets 3. delbetænkning, bilagsrapport nr. 2

SAMFUNDSØKONOMISK ANALYSE
AF
INDIVIDUELLE SOLVARMEANLÆG



HENRIK LAWÆTZ

LABORATORIET FOR VARMEISOLERING
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

MEDDELELSE NR. 88

NOVEMBER 1979

	side
Indholdfortegnelse	1
1. Sammenfatning	3
2. Solvarmeanlæg	4
2.1 Anlægstyper	5
2.1.1 Brugsvandsanlæg	5
2.1.2 Rum- og brugsvandsanlæg	5
2.1.3 Andre anlægstyper	6
2.2 Systemkombinationer	6
2.2.1 Solvarme-oliefyr	6
2.2.2 Solvarme-gas	7
2.2.3 Solvarme-fjernvarme	7
2.2.4 Solvarme-elvarme	8
2.2.5 Solvarme-andet	8
2.3 Installationsforhold	9
2.3.1 Indpasning i eksisterende bygninger	10
2.3.2 Indpasning i nye bygninger	12
3. Solvarmeanlægs brændselsbesparelser	13
3.1 Varmebehov	13
3.2 Anlægsstørrelser	14
3.3 Beregning af nettoydelse	14
3.3.1 Dækningsgrader og nettoydelser	15
3.3.2 Maximale solfangerydelser	16
3.3.3 Besparelser ved stop af varmeanlæg	17
3.4 Beregning af brændselsbesparelser	18
3.5 Gennemsnitlige brændselsbesparelser	20
4. Økonomisk analyse	22
4.1 Anlægs- og driftsomkostninger	23
4.2 Brændselspriser	26
4.3 Nuværdi og intern rente	27
4.4 Følsomhedsanalyse	28
4.4.1 Energiprisstigninger	28
4.4.2 Anlægspris og brændselspris	31
4.4.3 Levetid og driftsomkostninger	32
4.4.4 Solvarmeanlæg om 5 år	32

	side
5. Samfundøkonomisk analyse	34
5.1 Beskæftigelse	34
5.2 Valutaforhold	35
5.3 Miljøforhold	36
5.4 Forsyningssikkerhed	37
5.5 Samfundsøkonomisk beregning	37
6. Konklusion	40
7. Referencer	42

1. Sammenfatning

Beskrivelse af anlægstyper De traditionelle typer af individuelle solvarmeanlæg beskrives kortfattet. Deres sammenkobling med eksisterende og kommende energikilder omtales.

Beregning af nettoydelse På baggrund af kendskab til de eksisterende og kommende boligers energiforbrug beregnes med forskellige anlægsstørrelser de forventede netto-
nyddelser. Beregningerne foretages således, at deres resultater skulle repræsentere anlæg udført med dagens teknik.

Ud fra antagelser omkring de eksisterende boligers egnethed til solvarme sammenfattes nettoydelse-
ne til gennemsnitsydelse for både de nuværende og de fremtidige boliger.

Beregning af brændselsbesparelser Med kendskab til traditionelle varmeanlægs fyrings-
nyttevirkninger og varmetab beregnes solvarmeanlæggenes brændselsbesparelser i kombination med de forskellige energiformer.

Økonomisk analyse Med udgangspunkt i dagens brændselspriser og aktuelle solvarmeanlægs omkostninger foretages der en økonomisk analyse. Resultatet af denne er, at den bedste økonomi opnås når de individuelle solvarmeanlæg fortrænger det dyreste brændsel, gasolie. Jo højere de fremtidige brændselsprisstigninger bliver, jo bedre økonomi.

Samfundsøkonomisk analyse De økonomiske beregninger suppleres med analyser af solvarmeanlægs indvirkning på beskæftigelse, betalingsbalance, miljø og forsyningssikkerhed. Indregning af den merbeskæftigelse og den forbedring af betalingsbalancen investering i solvarme giver i forhold til gennemsnitlige offentlige investeringer, en såkaldt samfundsøkonomisk analyse, forbedre økonomien.

2. Solvarmeanlæg

Solindfaldet i Danmark Solindfaldet er i Danmark i gennemsnit $3,6 \text{ GJ/m}^2 \cdot \text{år}$ ($1000 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$) på vandret og op til $4,3 \text{ GJ/m}^2 \cdot \text{år}$ på en hældende sydvendt flade, hvoraf ca. 80% falder i perioden april - september.

Solens energi kan udnyttes til opvarmningsformål ved hjælp af et solvarmeanlæg. I et sådant omsættes solindfaldet til varme i en solfanger og føres til et varmelager. Herfra tappes varmen, når der er behov herfor enten til rumopvarmning eller til vandopvarmning.

I Danmark er der i de seneste år installeret mere end tusinde solvarmeanlæg. De består næsten alle af en plan absorber med 1 eller 2 dæklag af glas og en mindre vandtank som varmelager. I relation til Danmarks klima, hvor varmebehovet er størst om vinteren og solen næsten ikke skinner, betyder det, at disse traditionelle solvarmeanlæg installeret på individuelle boliger ikke alene kan dække opvarmningsbehovet.

Individuelle solvarmeanlæg

Det karakteriserer altså de individuelle solvarmeanlæg, at de med dagens teknik kan supplere men ikke på årsbasis erstatte en anden energikilde.

Hvorvidt det i fremtiden lykkes at udvikle solvarmeanlæg, der kan dække individuelle boligernes varmebehov på årsbasis afhænger i høj grad, om man kan udvikle varmelagre, der gør det muligt i individuelle boliger at lagre solvarmen fra sommer til vinter, et såkaldt sæsonlager.

Kollektive solvarmeanlæg

Solvarmeanlæg kan også udføres som kollektive anlæg. Det kan f.eks. være fællesanlæg til lejlighedsbebyggelser eller tætliggende boliger, eller anlæg i forbindelse med fjernvarmeværker. Endelig synes der at være muligheder for at dække en be-

byggelses opvarmningsbehov 100% ved hjælp af solvarme i kombination med et sæsonlager. Disse anlægstyper omtales ikke nærmere i denne rapport men i en tilsvarende [1].

2.1 Anlægstyper

I individuelle solvarmeanlæg benyttes i dag varmelagring i vand. Af praktiske og økonomiske årsager er disse forholdsvis små, således at lagringskapaciteten svarer til varmebehovet fra et par dage og op til ca. en uge.

Det mest almindelige er at betegne solvarmeanlæggene efter det varmebehov de hjælper til at dække. I det følgende omtales de forskellige typer kort.

2.1.1 Brugsvandsanlæg

De almindeligste solvarmeanlæg er brugsvandsanlæg. Et sådant har typisk et solfangerareal på 6-10 m² og en lagertank på 200-600 l. Anlægget forbindes med boligens brugsvandssystem på en sådan måde, at solvarmen har 1. prioritet. Dvs at i perioder, hvor solindfaldet er så stort, at muligheden for at dække behovet 100% med solvarme er til stede, sker dette ved at udkoble den traditionelle varmekilde. I de øvrige perioder dækker solvarmen så stor en del, som det nu er muligt.

2.1.2 Rum- og brugsvandsanlæg

Solvarmeanlægget kan udover brugsvandet også tilkobles rumopvarmningen. Et sådant anlæg har typisk en solfanger på 15-50 m² og en lagertank på 1-5 m³. Anlægget forbindes med varmeanlægget, således at solvarmen har 1. prioritet. I solrige perioder vil det således være muligt helt at undvære den traditionelle varmekilde, mens solvarmen i solfattige perioder yder så stort et tilskud som muligt.

2.1.3 Andre anlægstyper

Opvarmning af svømmebassiner Solvarmeanlæg kan indgå på alle områder, hvor varmebehov kan dækkes ved et forholdsvis lavt temperaturniveau. Et sådant område er opvarmning af vandet i svømmebassiner. Her er det desuden ofte således, at solvarmen er eneste varmekilde, hvorved vandets temperatur bliver højere end den ellers ville være blevet, hvilket for uden-dørs bassiner medfører forøget komfort og en længere badesæson.

2.2 Systemkombinationer

Individuelle solvarmeanlæg skal kombineres med anden varmekilde, når de indgår i boligernes varmemeforsyning.

I afhængighed af varmekilden vil solvarmeanlægget kunne udformes på forskellig måde. Erfaringerne [2] fra de første par års brug tyder på, at jo enklere og simplere anlægget udføres, jo mere sikker er man på, at driften bliver i overensstemmelse med hensigten. I det følgende gennemgås de vigtigste systemkombinationer.

2.2.1 Solvarme-oliefyr

Den systemkombination, der er langt den almindeligste, er udførsligt behandlet i [3]. Under forudsætning af et velinstalleret solvarmeanlæg vil dets brændselsbesparelse som minimum være den oliemængde, der svarer til netto solvarmeydelsen divideret med oliefyrets fyringsnytttevirkning. Herudover kan varmelagerets varmetab i visse tilfælde yde et bidrag til rumopvarmningen, og endelig har man i perioder måske mulighed for helt at stoppe oliefyret, hvorved en yderligere besparelse kan opnås.

Solvarmeanlægget kan styringsmæssigt meget let tilkobles oliefyrsanlægget, således at driften foregår automatisk. Derimod skal brugeren selv (manuelt) stoppe oliefyret i de perioder, hvor solvarmeanlægget alene kan klare opvarmningsbehovet.

2.2.2 Solvarme - gas

Solvarmeanlæg kan lige så let tilkobles et (natur-)gasfyret anlæg som et oliefyret. Det vil sandsynligvis endda være sådan, at overgangen til naturgas for en lang række oliefyrsanlæg vil ske blot ved at indsætte en gasbrænder i stedet for oliebrænderen. Brændselsbesparelsen vil derfor kunne beregnes på samme måde som for de oliefyrede anlæg.

Det er heller ikke vanskeligt at koble et solvarmeanlæg sammen med en ny gaskedel. Brændselsbesparelsen vil i disse tilfælde måske kunne blive ret så stor ved udkobling af gasfyret, idet man derved sparer tomgangstab og vågeblus, der tilsammen næppe er mindre end de tilsvarende tab for oliefyrskedlen.

2.2.3 Solvarme - fjernvarme

Principielt kan solvarmeanlægget lige så let kobles til et fjernvarme-fyret varmeanlæg som til et individuelt oliefyret.

Brændselsbesparelsen vil som minimum udgøre solvarmeanlæggets nettoydelse divideret med fjernvarmeværkets fyringsnyttevirkning. I perioder med tilstrækkeligt solindfald vil der også være mulighed for at spare varmetabet fra vandberederen og stikledningen.

Endelig kunne den mulighed tænkes, at alle fjernvarmeverkets boligenheder havde et solvarmeanlæg, således at hele værket kunne stoppes om sommeren og ledningsnettes relativt store varmetab derved kunne spares.

2.2.4 Solvarme - elvarme

Benyttes elektricitet til opvarmning, vil det ikke volde problemer at koble et solvarmeanlæg til brugsvandsanlægget. Brændselsbesparelsen er da solvarmeanlæggets ydelse plus i solrige perioder sparet varmetab fra elvandvarmeren, begge divideret med elektricitetsværkets fyringsnyttevirkning.

Derimod kan solvarmen ikke, uden at der udføres et varmfordelingssystem, kombineres med en direkte elopvarmet bolig.

Akkumulerende elvarme

Imidlertid er der mulighed for at kombinere el- og solvarmen. Placeres der en el-patron nær ved toppen af solvarmeanlæggets lagertank, har man mulighed for at benytte denne som elvarmelager. Her ved bliver det muligt at aftage hele boligens døgnopvarmningsbehov f.eks. om natten i elværkerne såkaldte nathul.

2.2.5 Solvarme - andet

Solvarmeanlæg kan også kombineres med andre end de hidtil nævnte energikilder. Her kan bl.a. nævnes halmfyr, brændefyr, biogasfyr, vindmølle, varmepumpe o.lign. Generelt gælder det, at sammenkoblingen mellem disse og solvarmen vil kunne ske problemfrit, når blot der er tale om vandbaserede varmfordelingssystemer.

Endelig er i tabel 3.2.3 vist indflydelsen af varmeanlæggets dimensioneringstilstand, gældende alene for rum- og brugsvandsanlæg.

Relativ ændring af dækningsgraden	
Varmeanlæggets dimensioneringstilstand	
Små radiatorer: $t_{\text{frem}}/t_{\text{retur}} = 90/70^{\circ}\text{C}$	0,80
Store radiatorer: $t_{\text{frem}}/t_{\text{retur}} = 60/40^{\circ}\text{C}$	1,00
Gulvvarmeanlæg: $t_{\text{frem}}/t_{\text{retur}} = 35/30^{\circ}\text{C}$	1,12
Tabel 2.3.3 Kilde [4]	

Disse forhold samt muligheden for at placere varmelageret har stor indflydelse på indpasningen af solvarmeanlæg i dels eksisterende og dels kommende boliger.

2.3.1 Indpasning i eksisterende bygninger

Den nuværende boligmasse er opført uden tanke for senere indpasning af solvarmeanlæg. Det betyder, at tagfladerne ikke altid har optimal hældning og orientering. Af tabel 2.3.1 og 2.3.2 ses dog at taghældningerne mellem henholdsvis 30° og 90° samt tagorienteringer i forhold til syd på $\pm 45^{\circ}$ kun har beskednen indflydelse (max. ca. 10% hver) på et solvarmeanlægs ydelse.

Bortset fra tagets orientering kan der for visse bygninger være skyggeforhold eller fysiske forhold (kviste, tagvinduer, ventilationsskorstene o.lign.) der gør det i praksis næsten umuligt med rimelighed at placere en solfanger.

Varmeanlæggets dimensionering

Varmeanlægget er ofte dimensioneret for relativt høje fremløbstemperaturer, hvorved udnyttelsen af solvarmen vanskeliggøres. I forbindelse med efterisolering af husene opnår man dog, at det mindre varmebehov kan dækkes ved et lavere temperaturniveau, hvilket øger solvarmeanlæggets ydelse.

Varmelagerets placering

Placeringen af varmelageret kan i huse med kælderske nogenlunde problemfrit. Ligeledes vil det i huse uden kælder som regel være muligt at placere mindre lagre i bryggers eller tilsvarende.

Store lagre er vanskeligt at placere indendørs i et etplanshus uden at inddrage boligarealer. De må derfor ofte placeres i udhuse, garager o.lign.

Begrænsede muligheder

Der er altså en række forhold, der begrænser mulighederne for at udnytte solenergi i den eksisterende boligmasse. Hvor stor begrænsningen er kan der på nuværende tidspunkt kun siges meget lidt om. Erfaringer fra praksis [2] gør det dog rimeligt at antage, at man med en begrænset reduktion i solfangerydelsen i forhold til det optimale (skønsmæssigt op til 20%) kan placere de i tabel 2.3.1.1 anførte størrelser af solvarmeanlæg på tagene af de eksisterende enfamiliehuse.

Muligheder for solvarmeanlæg på eksisterende bygninger	
Solfangerareal m ²	% af bygninger
0 - 10	90
10 - 30	70
30 - 50	40
50 - 80	10
over 80	0
Tabel 2.3.1.1	

Alternativ
solfanger
placering

Solfangerne behøver ikke nødvendigvis at blive placeret på tagene. De kan også opsættes på vægge, plankeværker eller på fritstående stativer. I praksis er der således gode muligheder for at øge de i tabellen angivne solfangerarealer.

2.3.2 Indpasning i nye bygninger

I nye huse er der mulighed for at tage hensyn til indpasning af solvarmeanlæg allerede fra projekteringen. Herved bliver det mulige solfangerareal kun begrænset af tagets størrelse og husets placering. Samtidig kan placeringen af varmelageret, dimensioneringen af varmeanlægget og installationerne i øvrigt udføres lettere og mere hensigtsmæssigt end i de eksisterende boliger.

På denne baggrund antages det, at man med rimelighed kan placere de i tabel 2.3.2.1 anførte solfangerstørrelser på nye enfamiliehuse.

Muligheder for solvarmeanlæg på nye bygninger	
Solfangerareal m ²	% af bygninger
0 - 10	100
10 - 30	90
30 - 50	80
50 - 80	30
over 80	0
Tabel 2.3.2.1	

3. Solvarmeanlægs brændselsbesparelser

Solvarmeanlægs brændselsbesparelser i praksis er endnu ikke særlig veldokumenterede. Man har i den korte årrække, hvor anlæg har været i drift her i landet, endnu ikke indsamlet et systematisk erfaringsmateriale. Det er derfor nødvendigt hovedsageligt at basere brændselsbesparelserne på beregninger af typiske anlæg. Hertil er der udviklet forskellige metoder, der imidlertid alle forudsætter at varmebehovet er kendt.

3.1 Varmebehov

Et individuelt solvarmeanlæg forsyner en enkelt bolig med varme. De enkelte boliger har meget forskellige varmebehov alt efter størrelse, isoleringsstand, antal beboere og beboervaner. For at forenkle beregningerne benyttes i det følgende kun 3 forbrug, der tidligere er benyttet til varmeplanarbejdet [5]. De valgte varmebehov er nettobehov, dvs behov umiddelbart efter varmeproducerende eller varmekonverterende apparat.

Nettovarmebehov GJ pr. bolig pr. år	
Eksisterende byggeri ¹⁾	95
Fremtidigt byggeri ¹⁾	60
Varmtvandsforbrug alene	14
Tabel 3.1.1	

1) inklusiv varmt brugsvand. Kilde [5]

3.2 Anlægsstørrelser

Valg af anlægsstørrelser

Solvarmeanlæg kan udføres i alle størrelser. For et belyse de forventede besparelsemuligheder vælges de i tabel 3.2.1 anførte 4 forskellige størrelser af solvarmeanlæg, alle karakteriseret ved solfangerarealet. Det understreges, at der er tale om et valg, idet erfaringerne fra praksis [2] tyder på, at anlægsstørrelserne oftere bestemmes af de fysiske rammer, ejernes finansielle muligheder og fabrikanternes "standard fabrikation" end af en nærmere afvejning af størrelse i relation til varmebehov ud fra privatøkonomiske overvejelser.

Anlægsstørrelser i praksis

Valgte anlægsstørrelser	
Anlægstype	Solfangerareal m ² (netto)
brugsvandsanlæg	8
rum- og brugsvandsanlæg	20
rum- og brugsvandsanlæg	40
rum- og brugsvandsanlæg	60
Tabel 3.2.1	

3.3 Beregning af nettoyielder

De valgte anlægsstørrelser giver kombineret med varmebehovene 8 forskellige anlæg, hvoraf brugsvandsanlæg på eksisterende og fremtidigt byggeri vil have samme ydelse. Brændselsbesparelserne afhænger i nogen grad af, hvilken energikilde solvarmeanlægget supplere. Derfor beregnes først anlæggenes nettoyielder og derefter i kombination med hver enkelt energikilde deres totale brændselsbesparelser.

3.3.1 Dækningsgrader og nettoydelser

Dagens teknik er forudsætning for beregningen

For at beregne ydelserne er det nødvendigt yderligere at specificere anlæggene. Der vælges her de samme forudsætninger som angivet i [3], hvorefter ydelserne let kan beregnes efter de samme sted anførte formler. Forudsætningerne er angivet i tabel 3.3.1.1 idet det er valgt at foretage beregningerne med solfangere, der kun har eet dæklag af glas. Dette skyldes, at dagens solfangere i langt overvejende grad kun fremstilles med 1 dæklag. De øvrige forudsætninger er også typiske for dagens anlæg og bør derfor principielt ikke benyttes for fremtidens anlæg. Disse vil nemlig efter alt at dømme have højere termiske ydelser.

Beregningsforudsætninger	
Solfanger:	
antal dæklag	1
absorberoverflade	alm.sort.
orientering	syd
hældning	45°
solfangerkredsens effektivitet	0,85
varmelagerstørrelse	50 l/m ²
radiatordimensionering	60/40 °C
varmt brugsvandstemperatur	50 °C
Tabel 3.3.1.1	

Med de anførte forudsætninger findes for de forskellige anlæg de i tabellen 3.3.1.2 og 3.3.1.3 beregnede dækningsgrader og nettoydelser.

Solvarmeanlæg i eksisterende boliger (varmebehov = 95 GJ/år)			
anlægsstørrelse m ²	dækningsgrad %	nettoydelse	
		GJ/år	GJ/m ² ·år
8	9	8,2	1,02
20	23	21,9	1,09
40	34	32,0	0,80
60	41	38,9	0,65
Tabel 3.3.1.2			

Solvarmeanlæg i fremtidige boliger (varmebehov = 60 GJ/år)			
anlægsstørrelser m ²	dækningsgrad %	nettoydelse	
		GJ/år	GJ/m ² ·år
8	14	8,2	1,02
20	31	18,5	0,92
40	43	25,6	0,64
60	50	30,0	0,50
Tabel 3.3.1.3			

3.3.2 Maximale solfangerydelser

De beregnede solfangerydelser gælder for dagens bedste anlæg. I forhold til solindfaldet på solfangeren, 4,3 GJ/m²·år, svarer det kun til en udnyttelsen på ca. 25%. Resten er tab, dels optiske tab i solfangerens glas og dels termiske tab i solfanger og det øvrige anlæg.

Solvarmeanlæg med reduceret tab

Et solvarmeanlæg, der hverken har optiske eller termiske tab ved drifttemperaturer over omgivelsernes temperatur, findes ikke. Derimod forsøges det at udvikle solfangere, hvor disse tab er væsentligt reducerede. I fremtiden forventes det derfor muligt at opføre solvarmeanlæg hvor udnyttelsen af solindfaldet mere end fordobles i forhold til i dag.

3.3.3 Besparelse ved stop af varmeanlæg

Når solvarmeanlægget i perioder kan dække varmebehovet helt, er der mulighed for at stoppe det traditionelle varmeanlæg, hvorved dets tomgangstab spares. Som funktion af dækningsgraden er der i [6] angivet, hvor lang tid varmeanlægget skønnes at kunne stoppes. Tallene er angivet i tabel 3.3.2.1 og regnes at gælde for alle anlægstyper.

Stop af varmeanlæg	
dækningsgrad %	stop af varmeanlæg mdr.
0- 7	0
8-14	1½
15-19	2½
20-29	3
30-39	3½
40-49	4
50-59	4½
Tabel 3.3.2.1 Kilde [6]	

Nyt fyrings-
anlæg før sol-
varmeanlæg

Når fyringsanlæggets varmetab og fyringsnyttevirkning, den andel af brændslets energiindhold der ved forbrændingen nyttiggøres, kendes, kan brændselsbesparelsen ved stop beregnes. I det følgende regnes der med de i tabel 3.3.2.2 angivne brændselsbesparelser alle gældende for moderne anlæg, idet det forudsættes at solvarmeanlæg først installeres i bygninger efter at et evt. gammelt fyringsanlæg er udskiftet til et nyt.

Varmeanlægs fyringsnyttevirkning og varmetab			
varmeanlæg	fyringsnyttevirkning	varmetab W	brændselsbesparelse ved stop GJ/md
oliefyr	0,87	350	1,1
gasfyr	0,90	350	1,0
fjernvarme	0,88	350	1,0
kraftvarme	2,00	350	0,5
elvarmtvandsbeh.	0,37	200	1,4
akkumulerende el-varme 1)	0,37	350	2,5
Tabel 3.3.2.2			

1) skønnet værdi for varmetab

3.4 Beregning af brændselsbesparelser

På baggrund af de i afsnit 3.3 anførte resultater og forudsætninger kan det nu beregnes, hvilke brændselsbesparelser der kan opnås ved at kombinere et solvarmeanlæg med forskellige opvarmningsformer. Under forudsætning af, at solvarmen kun supplerer den eksisterende varmforsyning findes brændselsbesparelsen som nettoydelsen divideret med fyringsnyttevirkningen plus sparet brændselsforbrug til varmeanlæggets uønskede varmetab.

For de forskellige varmeanlæg fås de i de følgende angivne brændselsbesparelser.

Brændselsbesparelser ved solvarme - oliefyr				
anlægsstørrelse m^2	eksisterende boliger		fremtidige boliger	
	GJ/år	GJ/ $m^2 \cdot \text{år}$	GJ/år	GJ/ $m^2 \cdot \text{år}$
8	11,1	1,38	11,1	1,38
20	28,5	1,43	25,1	1,26
40	40,6	1,02	33,8	0,85
60	49,1	0,81	39,4	0,66
Tabel 3.4.1				

Brændselsbesparelser ved solvarme - gasfyr				
anlægsstørrelse m^2	eksisterende boliger		fremtidige boliger	
	GJ/år	GJ/ $m^2 \cdot \text{år}$	GJ/år	GJ/ $m^2 \cdot \text{år}$
8	10,6	1,33	10,6	1,33
20	27,3	1,37	24,1	1,20
40	39,1	0,98	32,4	0,81
60	47,2	0,79	37,8	0,63

Tabel 3.4.2

Brændselsbesparelser ved solvarme - fjernvarme ¹⁾				
anlægsstørrelse m^2	eksisterende boliger		fremtidige boliger	
	GJ/år	GJ/ $m^2 \cdot \text{år}$	GJ/år	GJ/ $m^2 \cdot \text{år}$
8	10,8	1,35	10,8	1,35
20	27,9	1,39	24,5	1,23
40	39,9	1,00	33,1	0,83
60	48,2	0,80	38,6	0,64

Tabel 3.4.3

1) Tilfældet hvor hele fjernvarmeværket standses i sommerperioden behandles ikke.

Brændselsbesparelser ved solvarme - kraftvarme				
anlægsstørrelser m^2	eksisterende boliger		fremtidige boliger	
	GJ/år	GJ/ $m^2 \cdot \text{år}$	GJ/år	GJ/ $m^2 \cdot \text{år}$
8	4,9	0,61	4,9	0,61
20	12,5	0,62	11,0	0,55
40	17,8	0,44	14,8	0,37
60	21,5	0,36	17,3	0,29

Tabel 3.4.4

Brændselsbesparelser ved solvarme - elvarme 1)				
anlægsstørrelse ² m	eksisterende boliger		fremtidige boliger	
	GJ/år	GJ/m ² ·år	GJ/år	GJ/m ² ·år
8	24,3	3,04	24,3	3,04
20	66,7	3,33	58,8	2,94
40	95,2	2,38	79,2	1,98
60	115,1	1,92	92,3	1,54
Tabel 3.4.5				

1) akkumulerende elvarme under forudsætning af, at denne ikke får indflydelse på solvarmeanlæggenes ydelser.

3.5. Gennemsnitlige brændselsbesparelser

De i afsnit 3.4 beregnede brændselsbesparelser gælder for anlæg med optimal (eller nær optimal) solfanger orientering. Samtidig er selve solvarmeanlægget forudsat at bestå af de i dag termisk set bedste komponenter og installeret således at driften er optimal.

Maximalydelser med dagens teknik

Det er klart, at på eksisterende bygninger vil der ofte være fysiske forhold, der forhindrer optimal installation. Derfor kan de beregnede brændselsbesparelser opfattes som maximalydelser med dagens solvarmeanlæg.

Højere ydelser i fremtidige anlæg

I fremtiden vil solvarmeanlæggene blive forbedret på en række punkter, under forudsætning af, at der eksisterer en afsætning der kan danne baggrund for produktudviklingen. Derfor anses de beregnede ydelser ikke for at være maximumydelser for de fremtidige anlæg hverken på eksisterende eller fremtidige boliger.

Gennemsnitlige brændselsbesparelser

Anlægges en korttidshorisont (under 5 år) skønnes det under hensyntagen til beregningernes usikkerhed og de eksisterende boligens fysiske begrænsninger, at de i tabel 3.5.1 angivne brændselsbesparelser pr. m² kan benyttes til en nærmere økonomisk analyse af en moderat udbygning med solvarmeanlæg. En stærk udbygning vil betyde flere anlæg med dårligere orienteringer og dermed lidt lavere gennemsnitsudbydelser.

Solvarmeanlægs gennemsnitlige brændselsbesparelser 1)				
Anlægsstørrelse		Brændselsbesparelser i kombination med		
specifikt m ²	gyldighedsområde m ²	olie, gas, fjernvarme GJ/m ² ·år	kraftvarme GJ/m ² ·år	elvarme GJ/m ² ·år
8	5-10	1,3	0,6	3,0
20	10-30	1,2	0,5	2,9
40	30-50	0,8	0,4	2,0
60	50-80	0,6	0,3	1,5
Tabel 3.5.1				

- 1) Gælder for både eksisterende og fremtidige boliger ved moderat solvarmeudbygning med dagens anlæg.

4. Økonomisk analyse

Ved at investere i et solvarmeanlæg opnås fremtidige brændselsbesparelser. Hvis man vurderer værdien af disse brændselsbesparelser, fratrukket de tilhørende driftsudgifter, som "større" end investeringen, kan denne "betale sig", Hvorvidt investeringen så foretages afhænger desuden af om andre investeringer "betaler" sig bedre, om der er tilstrækkelig kapital og arbejdskraft til rådighed o.s.v.

Kun meromsætninger indgår Da solvarmen ikke kan erstatte men kun supplere en anden energikilde, foretages alle beregningerne under forudsætning af, at solvarmeanlæggene i alle tilfælde betragtes som en merinvestering, og deres brændselsbesparelse sker i anlæg, hvor investeringerne allerede er afholdte og derfor ingen indflydelse får på resultaterne.

Faktorpriser Analysen foretages med samfundets synsvinkel, således at alle priser er faktorpriser, dvs forbrugerpriser fratrukket moms og alle former for afgifter.

Brændselsprisen Da solvarmeanlæg kun er supplerende varmeanlæg skal værdien af brændselsbesparelsen kun være værdien af brændslet. Brændselsprisen omfatter derfor ikke forrentning og afskrivning af energiforsyningsanlæggene.

Nuværdiberegning Værdien af brændselsbesparelserne i fremtiden er ikke kendt. Derfor beregnes nutidsværdien af investeringen, dvs besparelserne minus driftsomkostningerne henført til investeringstidspunktet med en given kalkulationsrente, minus investeringen for forskellige antagelser om energiprisstigninger.

Priser Udgangspunktet for beregningerne er anlægsom-
medio 1979 kostninger og brændselspriser medio 1979.

Faste priser Alle beregninger er foretaget med faste pri-
ser, dvs at der ses bort fra den til enhver tid
værende inflation.

4.1 Anlægs- og driftsomkostninger

Et solvarmeanlægs pris består dels af selve frem -
stillingsprisen og dels af monterings- og opstart-
omkostninger. Den første kan nogenlunde bestemmes
ved henvendelse til forskellige fabrikanter mens den
sidste i høj grad afhænger af forholdene på monte-
ringsstedet samt af håndværkernes erfaring og dyg-
tighed.

Anlægspriser De i det følgende anførte anlægspriser må derfor ta-
med forbe- ges med et vist forbehold. De er skønnet på baggrund
hold af fabrikantoplysninger, og erfaringer fra Handels-
ministeriets solvarmeprojekt [7]. De antages at væ-
re gennemsnitspriser for anlæg monteret på eksiste-
rende huse. På fremtidige huse forventes det, at når
de efterhånden projekteres og opføres med henblik
på montering af et solvarmeanlæg vil nogen prisre-
duktion kunne opnås, idet monteringen kan udføres me-
re hensigtsmæssigt og traditionel tagbeklædning kan
spares (og omkostningerne, 30-100 kr/m² derved modreg-
nes i anlægsprisen).

Reduktion i Ligeledes forventes det, at en fortsat produktud-
anlægspris vikling vil gøre anlæggene billigere, dels på grund
ved produkt- af en mere rationel fremstillingsproces dels ved
udvikling

benyttelsen af nye og billigere materialer og endelig ved at give anlæggene en mere monteringsvenlig udformning. Et forsigtigt skøn på baggrund af [2] vil være, at anlægsprisen over en 5 års periode på denne måde vil kunne reduceres 20-30% (i faste priser).

Effektive solfangere kan reducere anlægsprisen

Endelig synes der at være en udvikling i gang henimod mere effektive solfangere. Det kan f.eks. være brug af selektive belægninger, evakuerede hulrum o.lign. Det er endnu for tidligt at udtale sig om prisen herpå, men fordelene ved disse solfangere er, at ydelsen bliver væsentlig større pr. arealenhed. Herved kan man i forhold til de traditionelle plane solfangere med et lag glas opnå samme ydelse med et væsentligt mindre solfangerareal. Dette betyder, at selv om selve solfangerens pris er højere vil anlægsprisen totalt set kunne reduceres.

Ingen meromkostninger til varmeanlæg

Det skal anføres, at de i tabel 4.1.1 angivne anlægspriser er selve solvarmeanlæggets pris. Det er hermed antaget at opførelsen af et anlæg på et eksisterende hus ikke medfører nogen ekstraudgift til ombygning af det eksisterende varmeanlæg. Samtidig er det forudsat at varmelageret kan placeres uden ekstraomkostninger.

På nye huse vil det ofte være en fordel at forøge de varmeafgivende flader, således at lavere temperaturer kan anvendes og solvarmeanlæggets ydelse forøges, jvf. tabel 2.3.3. Dette vil betyde en mindre forøgelse af varmeanlæggets pris, men det antages, at den større ydelse og den forventede billigere montering vil modsvare dette, således at ydelsen pr. investeret kr. vil være om ikke gunstigere så i hvert fald det samme som for anlæg på eksisterende huse.

Skønnede
driftsom-
kostninger

De årlige driftsomkostninger for solvarmeanlæg er endnu ukendte. Det skønnes, at de af anlægsprisen udgør ca. 1% for brugsvandsanlæg faldende til ca ½% for store rum- og brugsvandsanlæg. Beløbet antages at kunne dække et årligt eftersyn med gennemgang af anlæggets driftsfunktion og kontrol af væsker, glas, belægninger o.lign. samt udførelse af mindre justeringer. Det regnes, at være konstant i anlæggets levetid.

Levetid
contra pas-
ning

Det er endnu uafklaret om en gennemgang af anlægget er nødvendigt hvert år. Nogle fabrikanter hævder, at en gennemgang hvert 3. år er tilstrækkeligt. Problemet hænger i nogen grad sammen med de forventede levetider. En omhyggelig kontrol og pasning af anlægget forventes at give væsentlig længere fysisk levetid.

Driftsomkostningerne forudsættes også at dække strømforbrug til pumper, ventiler o.lign. Det vil dog i nogen grad gå lige op med det sparede elforbrug til det traditionelle varmeanlæg.

Det antages endeligt, at ejeren selvfølgelig jævnligt kontrollerer solvarmeanlægget på samme måde som varmeanlægget kontrolleres og at omkostningerne hertil ikke medregnes.

Solvarmeanlægs pris og driftsomkostninger			
anlægsstørrelse m ²	anlægspris		Driftsomkostninger kr/år
	kr	kr/m ²	
8	22.000	2.750	200
20	40.000	2.000	300
40	75.000	1.875	400
60	105.000	1.750	500
Tabel 4.1.1			

4.2 Brændselspriser

Til analysen benyttes de i tabel 4.2.1 anførte brændselspriser, der som nævnt er medio 1979 faktortpriser og ikke indeholdende forrentning og af skrivning af kollektive forsyningsanlæg.

Brændselspriser medio 1979		
brændsel	kr/GJ	kr/Gcal
gasolie	34,6	145
fuelolie (fjernvarme)	19,1	80
fuelolie (kraftværker)	16,7	70
kul	8,4	35
til elektricitet og kraftvarme 1)	11,0	46
Tabel 4.2.1		

1) Produktmix i kraftværker i 1979 ca. 70% kul og 30% fuelolie

Naturgas- prisen

Naturgasprisen er endnu ukendt men på baggrund af oplysninger i [8] kan det skønnes, at den vil befinde sig mellem gasolie- og fuelolieprisen, hvorfor man kan benytte de økonomiske analyser med disse 2 priser som retningsgivende.

Som brændsel til elektricitet og kraftvarme er der benyttet kraftværkernes gennemsnitlige produktmix. Herved er brændselsprisen måske antaget for høj, idet kraftvarme og akkumulerende elvarme nok primært vil blive leveret fra grundlastværker, hvor kulandelen er større.

4.3. Nuværdi og intern rente

Med gennemsnitlige brændselsbesparelser fra tabel 3.5.1 kan nuværdierne og de interne renter beregnes. Det gøres med følgende forudsætninger:

Beregningsforudsætninger	
kalkulationsrente	5 %
levetid	20 år
gns.brændselsprisstigninger pr.år	5 %
Tabel 4.3.1	

Herved fås med anlægs- og driftsomkostninger fra tabel 4.1.1 følgende nuværdier og interne renter:

Solvarmeanlægs nuværdi					
solvarmeanlæg		nuværdi i kombination med			
størrelse m ²	pris 1000 kr	oliefyr 1000 kr	fjern- varme 1000 kr	kraft- varme 1000 kr	elvarme 1000 kr
8	22	- 17,3	- 20,5	- 23,4	- 19,2
20	40	- 27,1	- 34,6	- 41,5	- 31,0
40	75	- 57,8	- 67,8	- 76,5	- 62,4
60	105	- 86,3	- 97,5	-107,3	- 91,4
Tabel 4.3.2					

Solvarmeanlægs interne rente				
anlægs- størrelse m ²	intern rente i kombination med			
	oliefyr %	fjernvarme %	kraftvarme %	elvarme %
8	- 6,6	-12,6	- ∞	- 9,9
20	- 4,4	- 9,6	- ∞	- 6,3
40	- 6,3	-11,1	- ∞	- 8,2
60	- 7,9	-12,5	- ∞	-10,2
Tabel 4.3.3				

Den interne rente er den kalkulationsrente, der netop giver en nuværdi på 0.

Det fremgår af tabellerne, at alle nuværdier og interne renter er negative. Ligeledes fremgår det, at solvarmeanlæg økonomisk set er bedst i kombination med oliefyr og ringest i kombination med kraftvarme.

4.4 Følsomhedsanalyse

De i afsnit 4.3 foretagne beregninger har nogle valgte forudsætninger. For at belyse hvilke af disse der har størst indflydelse på resultaterne, kan der foretages beregninger med andre forudsætninger, en såkaldt følsomhedsanalyse.

Følsomheds-
analyse med
økonomisk
set bedste
anlæg

I det følgende vil denne blive gennemført for eet anlæg, det der økonomisk set var bedst (højeste interne rente) nemlig et 20 m² solvarmeanlæg i kombination med oliefyr.

4.4.1 Energiprisstigninger

Et stigende energiforbrug vil skabe en større efterspørgsel efter fossile brændsler. Da ressourcerne er begrænsede, forventes det, at brændselsprisen vil stige og stige mere end den almindelige inflation. Hvor meget den gennemsnitlige årlige stigning vil være, i en 20 års periode, kan ikke med rimelighed skønnes idag. De 5%, der er valgt som udgangsstørrelse, er derfor et skøn baseret delvis på de seneste års erfaringer.

Indflydelsen af energiprisstigninger på solvarmeanlæggets nuværdi og interne rente er vist i tabel 4.4.1.1.

20 m ² solvarmeanlægs nuværdi (1000 kr)					
Anlægspris = 40.000 kr					
kalkula- tionsrente	olieprisstigninger i % pr. år				
	0	2	5	10	20
0	-29,4	-25,8	-18,5	1,6	109,0
5	-33,4	-31,6	-27,1	-18,2	30,7
10	-35,5	-34,5	-32,5	-25,9	-3,5
intern rente %	-10,2	- 7,3	- 4,4	0,4	9,5
Tabel 4.4.1.1					

Af tabellen ses, at for små energiprisstigninger har kalkulationsrenten ikke den store indflydelse på anlæggets nuværdi, der i alle tilfælde er negativ.

Store prisstigninger giver positiv nuværdi

Positiv nuværdi fås for olieprisstigninger større end 10% pr. år.

Energiprisstigninger i hop

Nuværdien af solvarmeanlæg er i høj grad afhængig af energiprisen og dens stigning. Der er dog ingen, der forventer at prisstigningerne vil være jævnt fordelt over den næste 20 års periode. Alt taler for, at prisen vil stige i hop. For at belyse dette er der i tabel 4.4.1.2 vist, hvorledes nuværdi og intern rente vil være, hvis olieprisen i morgen stiger med den angivne sats.

20 m ² solfangeranlægs nuværdi og interne rente		
øjeblikkelig prisstigning på %	nuværdi	intern rente
	1000 kr	%
0	- 27,1	- 4,4
50	- 18,8	- 0,7
100	- 10,5	2,3
150	- 2,2	4,6
200	6,1	6,6
Tabel 4.4.1.2		

Det ses, at en øjeblikkelig stigning af olieprisen på godt 50% vil give positiv intern rente.

Stiger olieprisen mod forventning jævnt, så vil der afhængig af stigningstakten gå længere eller kortere tid, før prisen er oppe på et sådant niveau, at den interne rente bliver positiv. Hvor lang tid der går, før givne stigninger er nået, er vist i nedenstående tabel.

Antal år, før de angivne prisøgninger nås				
procentvis prisøgning	årlig stigningstakt, %			
	2	5	10	20
50	20	8	4	2
100	35	14	7	4
150	44	19	10	5
200	55	23	12	6
Tabel 4.4.1.3				

Positiv intern rente i løbet af en årrække

Det kan altså konkluderes, at uanset stignings- takten, så vil olieprisen i løbet af en årrække have nået sådan et niveau, at investering i sol- varmeanlæg giver positive interne renter. Med store stigningstakter nås dette i løbet af meget få år.

4.4.2 Anlægspris og brændselsbesparelser

Som tidligere anført er anlægsprisen ikke særlig præcist bestemt. Det undersøges derfor, hvilken indflydelse henholdsvis en reduktion og en for- øgelse af prisen med 50% har på nuværdien. Sam- tidig beregnes denne også for solfangerydelser, der er 50% større og mindre end tidligere brugt.

20 m ² solfangeranlægs nuværdi (i 1000 kr)			
solfanger- ydelser GJ/m ² ·år	Anlægspris (i 1000 kr)		
	20	40	50
0,6	-15,4	-35,4	-55,4
1,2	- 7,1	-27,1	-47,1
1,8	1,2	-18,8	-38,8
Tabel 4.4.2.1			

Det ses, at positiv nuværdi opnås hvis anlægsprisen halveres og solfangerydelserne forøges med 50%.

4.4.3 Levetid og driftsomkostninger

Solvarmeanlægs levetid er endnu ukendt. Samtidig er drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne også bestemt med nogen usikkerhed. Derfor belyses både levetiden og driftsomkostningernes indflydelse på nuværdien i tabel 4.4.3.1.

20 m ² solvarmeanlægs nuværdi (i 1000 kr)			
driftsom- kostninger kr/år	anlæggets levetid, år		
	15	20	30
150	-29,1	-25,3	-17,4
300	-30,7	-27,1	-19,7
600	-33,8	-30,9	-24,3
Tabel 4.4.3.1			

Forlængelse
af levetid
fordelagtig

Det fremgår af tabellen, at driftsomkostningerne ikke har den samme store indflydelse på nuværdien som levetiden. Derfor vil det være mere fordelagtigt at forøge levetiden ved en omhyggelig vedligeholdelse fremfor at spare på denne mod en reduktion af levetiden.

4.4.4 Solvarmeanlæg om 5 år

Som tidligere nævnt kan dagens solvarmeanlæg forbedres på en række punkter. Der kan tænkes følgende 2 udviklinger på kort sigt (ca. 5 år):

Uændret yde-
evne

Alternativ 1: Anlæggene udvikles således at prisen reduceres, levetiden forøges og driftsomkostningerne mindskes, mens ydelserne er uændrede.

Forøget
ydeevne

Alternativ 2: For samme pris fås anlæg med højere ydeevne, længere levetid og mindskede driftsomkostninger.

I løbet af 5 år kan de i tabel 4.4.4.1 angivne forbedringer anses for sandsynlige og derved findes de tilsvarende nuværdier og interne renter som anført.

Udviklingsmuligheder på 5 år for et 20 m ² solvarmeanlæg				
ændring i flg. parametre	alternativ 1		alternativ 2	
	værdi	ændring	værdi	ændring
anlægspris	30.000 kr	- 25%	40.000 kr	0%
levetid	30 år	+ 50%	30 år	+ 50%
driftsomk.	200 kr/år	- 33%	200 kr/år	- 33%
ydelse	24 GJ/år	0%	30 GJ/år	+ 25%
oliepris	43 kr/GJ	+ 25%	43 kr/GJ	+ 25%
nuværdi	-2.100 kr	+25.000 kr	-4.400 kr	+22.700 kr
intern rente	4,7%	+9,1%	4,5%	+8,9%
Tabel 4.4.4.1				

En fortsat udvikling af solvarmeanlæg giver som vist gode muligheder for i løbet af relativ kort tid at opnå anlæg med tilfredsstillende økonomi. Forudsætningen er dog, at fabrikkerne også i den nærmeste fremtid har en afsætning, der giver dem det økonomiske incitament til at foretage den nødvendige produktudvikling.

5. Samfundsøkonomisk analyse

Indførelsen af solvarme har udover den direkte økonomi også nogle øvrige samfundsmæssige konsekvenser. I det følgende gives en nærmere beskrivelse af virkningerne på beskæftigelsen, valutaforbruget samt indflydelsen på miljøforhold og forsyningssikkerheden.

5.1 Beskæftigelse

Investering i dansk-fremstillede solvarmeanlæg øger beskæftigelsen dels i selve fremstillingsvirksomhederne dels i de servicefag, der normalt foretager montering og vedligeholdelse. Da der for individuelle solvarmeanlæg i alle tilfælde er tale om merinvestering, vil der kun være tale om et meget lille fald i beskæftigelsen i den eksisterende energiforsyning.

Solvarme-
anlægs
løn- og
import-
kvoter

På baggrund af gennemgang af enkelte solvarmeanlæg skønnes de i tabel 5.1.1 angivne løn- og importkvoter at være typiske for dansk producerede solvarmeanlæg. Til sammenligning er anført de tilsvarende kvoter for den nuværende olieforsyning og gennemsnitlige offentlige investeringer, begge angivet i [9].

Løn- og importkvoter		
direkte og indirekte kvoter for	løn	import
solvarmeanlæg	80	20
olieforsyning	20	80
gns. offentlig investering	70	30
gns. årsløn for industriarbejder i 1979 ca. 100.000 kr		
Tabel 5.1.1		

I tabellen udtrykker den direkte og indirekte lønkvote den andel af den pågældende udgift, som medgår til aflønning af indenlandsk arbejdskraft. Tilsvarende udtrykker importkvoten den del, der medgår til import.

Idet man kan antage, at merbeskæftigelsen ved drift og vedligeholdelse af solvarmeanlæg opvejer mindrebeskæftigelsen inden for energiforsyningen, ses investering i solvarmeanlæg i forhold til traditionelle offentlige investeringer at give en merbeskæftigelse.

5.2 Valutaforhold

Nedsættelse af olieforbruget ved hjælp af solvarmeanlæg reducerer de fremtidige valutaudgifter. På samme måde som for investeringen kan et givet solvarmeanlægs "valuta nuværdi" og "valuta rente" beregnes.

Med et 20 m² anlæg og de i tabel 5.1.1 angivne importkvoter, fås som funktion af kalkulationsrente og brændselsprisstigninger de i tabel 5.2.1 angivne nuværdier og renter med en 20 års levetid, idet der ses bort fra drift-og vedligeholdelsens valutaforbrug. Hermed bliver valutaforbruget i investeringen 8.000 kr. og valutabesparelsen 27,7 kr/GJ det første år.

20 m ² solvarmeanlægs valutariske nuværdi (i 1000 kr)					
kalkulationsrente %	olieprisstigninger % pr. år				
	0	2	5	10	20
0	5,3	8,2	14,0	30,0	116,1
5	0,3	1,8	5,3	12,4	51,6
10	-2,3	-1,5	0,1	5,3	23,2
valutarente % 1)	5,6	7,7	10,1	14,8	24,9
Tabel 5.2.1					

- 1) Valutarenten er den kalkulationsrente, der netop giver nuværdi lig 0.

Det fremgår klart af tabellen, at indflydel-
sen på valutaforholdene er gunstig også under
den antagelse, at olieprisen slet ikke stiger.

Eksport af
solfangere

Endelig vil danskproducerede solfangere være en
mulig eksportartikel og dermed yderligere medvirke
til at forbedre valutaforholdene.

5.3 Miljøforhold

Ved afbrænding af olie udsendes der en række stof-
fer, hvoraf svovldioxyd og partikler giver den
største påvirkning af miljøet. Hvor meget der ud-
sendes afhænger af olietyper.

Skadevirkningerne er dels korrosionsskader og til-
smudsning, dels sundhedsskader. Hvor meget de be-
tyder økonomisk er vanskeligt at afgøre. Derfor
kan værdien af forbedrede miljøforhold ved brug
af solvarmeanlæg måske kun opgøres ved at betragte
de omkostninger, offeromkostninger, man ville have,
hvis fortsat olieafbrænding skulle give f.eks. sam-
me svovldioxydudsendelse pr. år som kombination af
oliefyr - solvarme.

Omkostninger
ved reduceret
svovlindhold

Pr. 1. oktober 1980 må gasolie maksimalt indeholde
0,5 vægtprocent svovl (mod nu 0,8 vægtprocent) og
et solvarmeanlæg, der reducerer olieforbruget med
40% må derfor kunne godskrives omkostningerne ved
at reducere svovlindholdet fra 0,5 til 0,4 vægt-
procent. Ifølge [10] vil disse omkostninger skøns-
mæssigt udgøre ca. 0,50 kr/GJ.

Betydelige
miljømæssige
fordele

Sammenfattende må det konstateres, at solvarmean-
læg ved at fortrænge olie og kul medfører betyde-
lige miljømæssige fordele, der dog er vanskelige
at kvantificere.

5.4 Forsyningssikkerhed

Solvarmeanlæg kan anses for forbedring af Danmarks forsyningssikkerhed. Det skyldes dels at solvarmen "produceres" her i landet og således er uafhængig af politiske forhold i andre lande, dels at den mindsker behovet for importeret energi.

På kort sigt vil det eksisterende produktionsapparat kun kunne producere et begrænset antal solvarmeanlæg og disse vil derfor ikke kunne yde noget stort bidrag til landets samlede energiforsyning. Derimod synes der på længere sigt ikke at være hindringer for at solvarmen kan yde væsentlige bidrag.

5.5. Samfundsøkonomisk beregning

Indregnes de beskrevne samfundsforhold i den udstrækning det er muligt i den økonomiske beregning, fås en såkaldt samfundsøkonomisk analyse.

Sammenligning
med gennem-
snits-inve-
stering

Som nævnt er det svært at værdisætte de vigtige forbedringer af miljøet og forsyningssikkerhedens brug af solvarme medførere. Derimod er der i [11] angivet en metode til at beregne værdien af merbeskæftigelse og valutaforbedring. Dette gøres ved at sammenligne løn- og importkvoter for et solvarmeanlæg med de tilsvarende kvoter for en gennemsnitlig offentlig investering.

Værdien af merbeskæftigelsen er derved proportional med anlægsprisen og forskellen i lønkvoter.

Valutagevinst
konverteres
til merbe-
skæftigelse

Værdien af valutagevinsten kan, under forudsætning af at samfundet befinder sig i en situation som den nuværende med uacceptabelt stort underskud på betalingsbalancen og for høj arbejdsløshed, konverteres til en forøget beskæftigelse. Dette gøres ved at betragte et fiktivt skyggeprojekt der, i kombination med solvarmeanlægget, er udformet således, at de

tilsammen har samme virkning på betalingsbalancen som et gennemsnitsprojekt med samme totaludgift. Den gevinst skyggeprojektet tilfører vil således alene komme fra beskæftigelsesvirkningen af dette.

Den samlede gevinst G merbeskæftigelsen og valutaforbedringen giver ved investeringen I i et solvarmeanlæg, kan beregnes efter formlen:

$$G = k \cdot ((b_s - b_g) + \frac{b_s}{u_s} (u_g - u_s)) \cdot I$$

hvor b_s og u_s er solvarmeanlæggets løn- og importkvote, mens b_g og u_g er gennemsnitsprojektets løn- og importkvote. k er den faktor, hvormed gevinsten skal forøges som følge af indirekte skatter.

Indkomstmultiplikatoren

Den herved beregnede gevinst giver anledning til en indkomstforøgelse, der igen giver anledning til forøget efterspørgsel efter indenlandske og importerede varer. Indkomstforøgelsen skal derfor ganges med en faktor, indkomstmultiplikatoren, for at alle de afledede indkomster indregnes.

Korrektion af løn- og importkvoter

Under den antagelse at en gennemsnitlig indkomstforøgelse på 100 kr efter fradrag af nedgang i arbejdsløshedsunderstøttelse, øget indkomstskat, øget opsparing og øgede indirekte skatter giver en forbrugsforøgelse på ca. 20 kr., findes indkomstmultiplikatoren til 0,25. Antages samtidig, at af forbrugsforøgelsen går to tredjedele til indenlandsk aflønning og een tredjedel til import, kan de tidligere angivne løn og importkvoter korrigeres under hensyn tagen til indkomstmultiplikatoren.

Samlet gevinst

Korrigeres de i tabel 5.1.1 angivne løn- og importkvoter på den beskrevne måde og sættes værdien af k alene under hensyn til momsen til 1,2025 fås gevinsten ved øget beskæftigelse og forbedret valutafor-

hold ved investering i solvarmeanlæg til 0,522 gange investeringen.

Samfunds-
økonomisk
nuværdi

Indregnes denne gevinst i investeringen kan et solvarmeanlægs "samfundsøkonomiske" nuværdi og interne rente beregnes. Dette er gjort for et 20 m² solvarmeanlæg i kombination med et oliefyr.

20 m ² solvarmeanlægs samfundsøkonomiske nuværdi (i 1000 kr)					
kalkula- tionsrente %	energistigning % pr. år				
	0	2	5	10	20
0	- 8,5	- 4,9	2,4	22,5	129,9
5	-12,5	-10,7	-6,2	2,7	57,6
10	-14,6	-13,6	-11,6	-5,0	17,4
intern rente %	- 5,1	- 2,0	1,4	6,8	16,2
Tabel 5.5.1					

Sammenlignes med tabel 4.4.1.1 ses, at inddragelse af beskæftigelse- og valutaforbedringer forøger nuværdien med knap 21.000 kr og giver en intern rente, der er 5-6% højere. Hertil kommer særdeles vigtige, men ikke værdisatte forbedringer af miljøet og forsynings-sikkerheden.

6. Konklusion

Individuelle anlæg supplerer en energikilde	En gennemgang af de i dag eksisterende typer af individuelle solvarmeanlæg viser, at der hovedsagelig findes 2 typer, nemlig anlæg til brugsvandsopvarmning og anlæg til rum- og brugsvandsopvarmning. De er næsten alle udført med plane solfangere med 1 dæklag af glas kombineret med et mindre varmelager af vand. Sådanne anlæg kan supplere men ikke på årsbasis erstatte en anden energikilde.
Kombination med alle energikilder	Disse traditionelle solvarmeanlæg kan under forudsætning af vandbaserede varmefordelingssystemer meget let kombineres med oliefyr, fjernvarme, gasfyr, elvarme samt andre utraditionelle energikilder. Da anlægskomkostningerne stort set er uafhængige af energikilden, vil den økonomiske fordel være størst ved anlæg, der fortrænger den dyreste brændsel. På baggrund af de i dag eksisterende brændselspriser kan der derfor opstilles følgende rækkefølge, i hvilken solvarmeanlæg bør kombineres med de traditionelle energikilder: oliefyr, (elvarme, naturgas) fjernvarme og kraftvarme.
Økonomisk bedst ved dyreste brændsel	Når der er sat parentes om elvarme og naturgas, skyldes det, at der ved elvarme tænkes på akkumulerende elvarme, en anlægstype, der endnu ikke kendes her i landet, samt at naturgas endnu ikke er indført og brændselsprisen derfor kun kan skønnes.
Dagens økonomi	Solvarmeanlæg kan med dagens teknik og de gældende energipriser ud fra rene økonomiske vurderingskriterier ikke siges at være særlig attraktive.

Øvrige
forhold

Alle typer anlæg har derimod en betydelig beskæftigelsesmæssig effekt og en gunstig indflydelse på valutabalancen. Samtidig bidrager de til at forbedre det fysiske miljø og øger landets forsynings-sikkerhed.

Stigende
energipris
giver god
økonomi

De gennemførte følsomhedsanalyser viser, at energiprisen har den væsentligste indflydelse på solvarmeanlæggenes økonomi. Med en stigende brændselspris vil der under forudsætning af uændrede anlægstyper før eller senere blive god økonomi i solvarme.

Forbedring
af dagens
teknik

Dagens teknik og priser vil i løbet af kort tid dog kunne ændre sig meget. Det forventes, at en effektivisering af produktionen og en produktudvikling, der gør anlæggene nemme at montere, vil kunne reducere prisen. Samtidig forventes det, at holdbarheden kan forbedres og driftsomkostningerne mindskes. Endelig er der gode muligheder for at forbedre den termiske effektivitet, f.eks. ved brug af selektive overflader.

Lykkes det at forbedre solvarmeanlæggene som nævnt, vil blot en beskeden stigning i energiprisen give anlæg, der er økonomisk forsvarlige. Forudsætningen for at denne tekniske udvikling vil kunne finde sted, er at der fortsat findes et marked, der giver fabrikanterne baggrund for produktudviklingen.

Samfunds-
økonomisk
analyse

Indregnes værdien af merbeskæftigelse og valutaforbedringer i solvarmeanlægs investeringsomkostninger, findes, at de økonomiske forhold forbedres væsentligt. Dertil kommer vigtige, men ikke værdisatte forbedringer af det fysiske miljø og landets forsynings-sikkerhed.

7. Referencer

- [1] Lawaetz, H: Kollektive solvarmeanlæg. En gennemgang og analyse af mulighederne. Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole. December 1979.
- [2] Samtaler med solvarmeforskere på Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole og Teknologisk Institut.
- [3] Solvarme.Vejledning i projektering og udførelse af anlæg. Teknologisk Instituts Forlag, april 1978.
- [4] Solvarmenyt nr. 4, februar 1979.
- [5] Varmeforsyningsplanlægning og områdeafgrænsning. Bilag til Handelsministeriets Energipolitiske redegørelse, ER-79.
- [6] Lawaetz, H. og S. Furbo: Energiforbrug til fremstilling af solvarmeanlæg. Laboratoriet for Varmeisolering. Danmarks tekniske Højskole, meddelelse nr. 87, august 1979.
- [7] Handelsministeriets solvarmeprojekt, gennemføres af Teknologisk Institut og Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole.
- [8] Handelsministeriets Energipolitiske redegørelse, ER-79, bilag I, marts 1979.
- [9] Vurdering af gasprojektets samfundsøkonomiske konsekvenser. Bilag til ER-79, Handelsministeriet, marts 1979.
- [10] Oplysning fra Oliebranchens Fællesrepræsentation, november 1979.
- [11] Nordstrand, R.: Beskæftigelses- og betalingsbalancehensyn ved projektvurderinger. Juristen og økonomen nr. 19, november 1979.