



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.



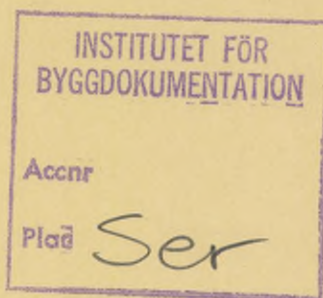
Rapport

R117:1984

**Energisnålt småhus samman-
byggt med växthus**

Inverkan på boendekostnaden

Karl-Arvid Hamrin



Byggeforskningsrådet

R117:1984

ENERGISNÅLT SMÅHUS SAMMANBYGGT MED VÄXTHUS
Inverkan på boendekostnaden

Karl-Arvid Hamrin

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780532-6
från Statens råd för byggnadsforskning till K-A Hamrin,
Kungsör.

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

R117:1984

ISBN 91-540-4228-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

1	ÄR KOMBINATIONEN BOSTADSHUS-VÄXTHUS EKONOMISK ?	5
2	BYGGNADEN	6
2.1	Bostadshus	6
2.2	Växthus	6
3	UPPVÄRMNINGSSYSTEM	6
3.1	Grundvärme från el eller ved	6
3.2	Uppvärmd luft från växthus till bostad	7
3.3	Varmvatten från solfångare i växthus	9
4	MÄTMETODER	10
4.1	Luftmängder och lufttemperaturer	10
4.2	Vattennmängd och vattentemperaturer	10
4.3	Exempel på temperaturkurvor	11
5	UTNYTTJNINGSBAR ENERGI	12
5.1	Minskning av värmetransporten genom den för bostad och växthus gemensamma väggen	13
5.2	Värmeöverföring genom lufttransport	14
5.3	Uppvärmning av varmvatten	17
5.4	Överskottsenergi under sommaren	17
5.5	Energitillskott per m ² gemensam väggyta	18
6	MARKSLINGA	18
6.1	Energitillskott under vintern	18
6.2	Utjämnning av växthustemperaturen mellan dag och natt	19
6.3	Kylning av växthusluften under sommaren	20
7	JÄMFÖRELSE MED DRIVBÄNK	20
8	NORDAMERIKANSKA RÖN, RESERAPPORT FRÅN ÖSTRA CANADA OCH NEW ENGLAND	22
9	SLUTSATSER	26
9.1	Glasytor och isolering	26
9.2	Överföring av överskottsenergi till bostaden	29
9.3	Begränsning av maxtemperaturen	29
9.4	Utjämnning av temperaturen mellan dag och natt	30
9.5	Olösta problem	31
10	KOSTNADSBERÄKNING	32
11	FÖRSLAG TILL PÅBYGGT VÄXTHUS FÖR MELLANSVENSKT KLIMAT	33
	LITTERATUR	34

1 ÄR KOMBINATIONEN BOSTADHUS-VÄXTHUS EKONOMISK ?

Energipriserna kommer att stiga. Efterfrågan på mat kommer att stiga i takt med standardhöjningen i U-länderna och världens ökande befolkning. Det är därför troligt att livsmedelspriserna kommer att gå upp även relativt andra varor. Fritiden i I-länderna ökar.

Samtliga dessa förhållanden talar för att en livsmedelsproduktion i liten skala i anknytning till småhus kommer att bli allt mer attraktiv. - Tidigare utförda experimentbyggen har visat att småhus med mycket låg energiförbrukning kan byggas.

Vid institutionen för lantbrukets byggnadsteknik i Lund har försök visat att energiförbrukningen i kommersiella växthus kan minskas högst väsentligt.

Om dessa erfarenheter tillämpas även på mindre växthus sammanbyggda med småhus, bör förutsättningarna för en rejäl förlängning av växtsäsongen vara goda. Genom sammanbyggnaden minskar dessutom värmeförlusterna från bostaden. Växthuset kan även utnyttjas som solfångare.

Jämfört med ett hus med stora glasytor mot söder har växthuset fördelen dels att kunna gå upp i högre temperatur (+30°C) dels att ge odlingsmöjlighet. Nackdelen är att extra anordningar krävs för värmeöverföringen till bostaden. Detta möjliggör emellertid reglering av energitransporten och värmelagring.

För planeringen av framtidens småhusbebyggelse bör det vara av intresse att veta vad villaägare kan vinna i minskad boendekostnad genom ett växthus sammanbyggt med bostaden.

För att få svar på denna fråga har ett fritidshus byggts om till en energisnål permanentbostad och försetts med ett mot södervägg påbyggt växthus.

Exempel på teknik, som därvid kommit till användning är höggradig isolering, multrum, värmeåtervinning, värmelagring i mark, solfångare, anordningar för att minska värmeförluster i växthus, styrutrustningar, etc.

Under ca 14 månader har temperaturen registrerats på sex strategiska punkter. Dessa mätningar har legat till grund för en beräkning av energiöverföringen från växthuset till bostaden. Besparingar genom egenhändigt odlade livsmedel behandlas ej i denna rapport.

Vidare har liknande projekt i östra Canada och New England studerats.

Undersökningen visar att endast en mindre del av växthuset kapitalkostnad täcks av den vunna minskningen i energikostnad. Växthuset bör således motiveras även av andra skäl - odling av nyttoväxter- och utföras så att det kan användas även för andra ändamål såsom uterum, swimmingpool etc.

Ännu finns ingen ekonomisk metod att lagra det relativt stora energiöverskottet som bildas i växthuset under sommarmånaderna för användning under den kallare årstiden.

2 BYGGNADEN

2.1 Bostadshus.

Huset ligger på en rullstensås (Jägaråsen), som går i nord-sydlig riktning vid Mälarens östra strand. Byggnaden är ursprungligen ett 2-vånings fritidshus med trästomme stående på torpargrund med källare under en mindre del av huset. Byggnadsår 1934. Total bostadsyta är 135 m².

Huset isolerades 1978 med 25 cm mineralull i väggarna och 40 cm i taket. Markisolering lades runt hela byggnaden inklusive växthuset. Se fig. 2.1 och 3.2.

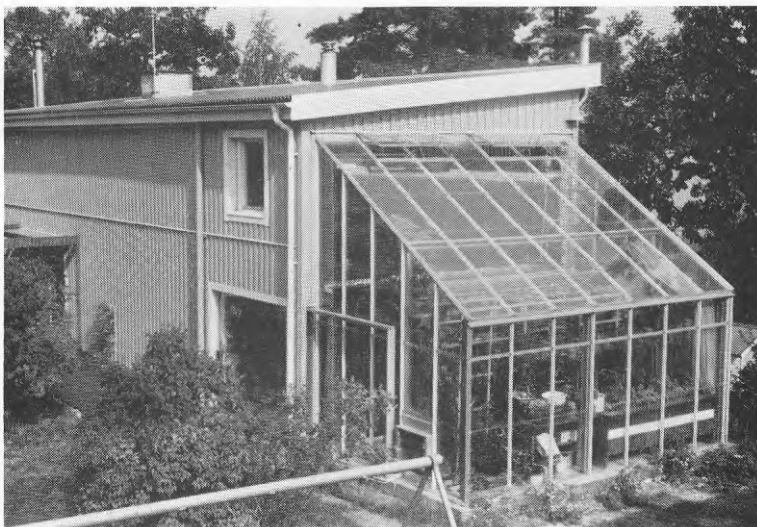


Fig 2.1 Bostadshus med växthus på södergaveln

2.2 Växthus.

Detta är sammanbyggt med bostadshuset på dess södergavel. Den gemensamma väggytan har bredden 5 m och höjden 4,6 m. Växthusets golvyta är c:a 5x3,5 m. Samtliga glasytor är dubbla, infattade i aluminiumprofiler, vilket ger ett K-värde på c:a 2,8. Växthuset står på en betonggrund, som även går in under ett "uterum" och utgör värmemagasin för dygnsutjämning av temperaturen i växthuset. Se fig. 2.1 och 3.2.

3 UPPVÄRMNINGSSYSTEM

3.1 Grundvärme från el eller ved

Huset var redan före ombyggnaden försett med termostatstyrda elradiatorer, vilket ger möjligheter att relativt noggrant registrera energiåtgången vid olika utomhustemperaturer, solinstrålning etc. Detta system kompletterades med dels en braskamin, typ Hugo Larsson, dels en större vedpanna med värmeackumulerande vattenmagasin på 1500 liter.

Den förra används för tillfällig höjning av inomhustemperaturen.

Den senare är placerad utomhus av utrymmesskäl och för bekväm hantering av meterved och är kopplad till ett luftvärmebatteri placerat i källaren. Detta värmer tilluften och i huset cirkulerande luft. Under försöksperioden våren 1980 till sommaren 1981 förekom ingen eldning i denna panna för att ej störa mätningarna av elförbrukningen, fig. 3.1.

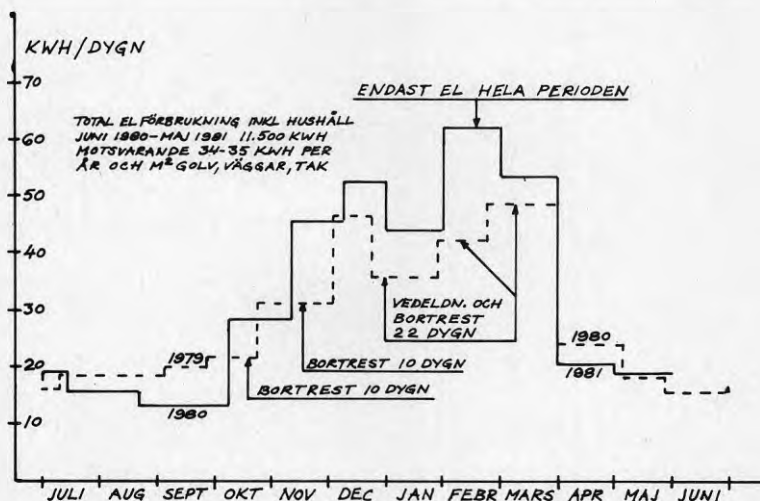


Fig 3.1 Elförbrukning under 2 tolv månaders perioder

I vedpannans vattenmagasin finns dels en värmeslinga för förvärmning av varmvatten dels en slinga kopplad via pump till en solfångare i växthuset. Under eldningssäsongen fungerar vattenmagasinet som ackumulator vid eldningen, som därigenom kan ske under korta perioder med intervall avpassade till utetemperatur. Under den övriga delen av året tjänstgör pannan som solfångartank.

All frånluft, c:a 90 m^3 per timme, passerar först ett multorum och fortsätter därefter genom ett rör förlagt i marken under en 20 cm markisolering på husets västra sida och in under växthuset för att sedan försätta ut i det fria vid takets högsta punkt fig. 3.2.

3.2 Uppvärmd luft från växthus.

Från växthuset kan luft tillföras bostaden på två olika vägar, fig. 3.2 och 3.3.

a. via solfångare och fläkt direkt in i bostaden på tre punkter; i övervåningen, vid bottenvåningens tak och torpargrunden. Fläkten startar med termostat då temperaturen i växthusets högsta del passerar $23-25 \text{ }^\circ\text{C}$ och slår ifrån dels då temperaturen sjunker under denna temperatur dels då temperaturen i bostadens övervåning stiger över 25°C . När solen ger överskottsenergi i växthuset överförs denna härigenom omedelbart till bostaden.

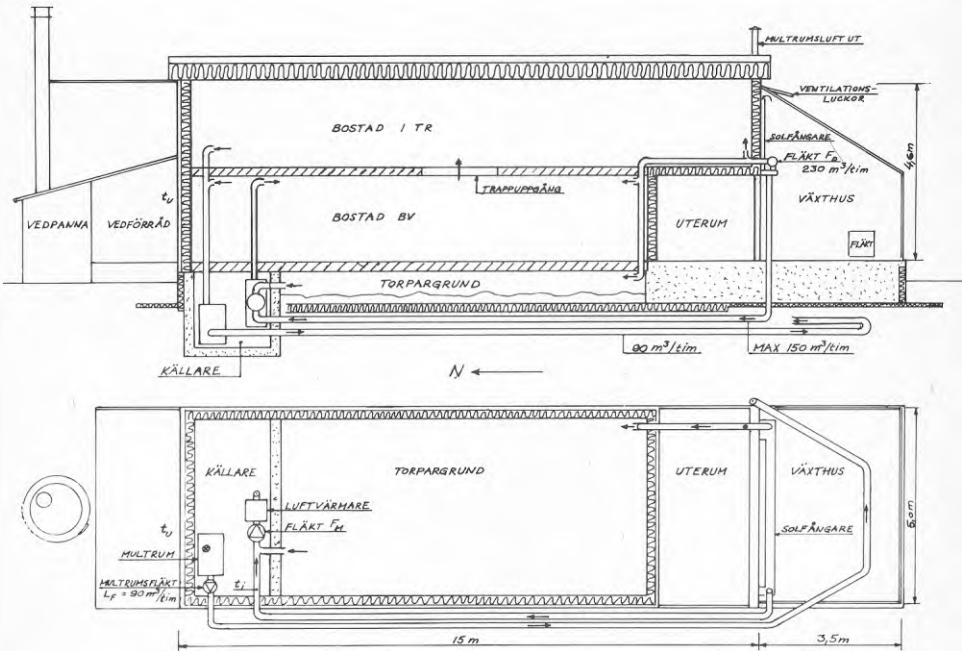
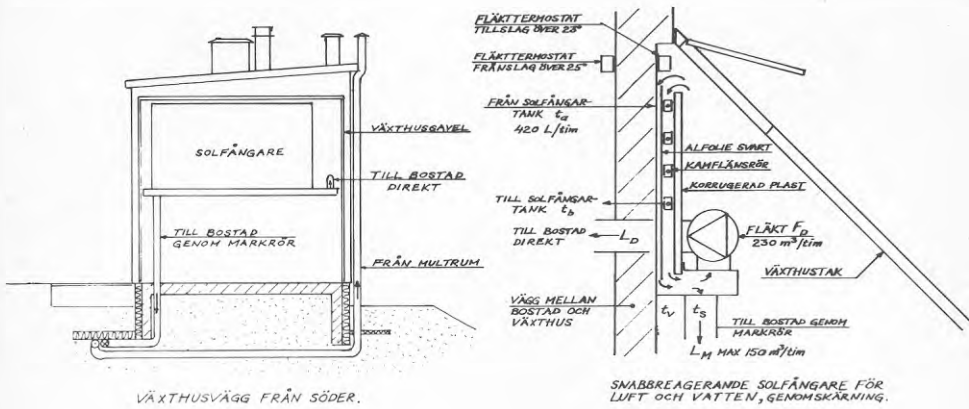


Fig 3.2 Hus och växthus, sektioner och plan, solfångare, luftflöden



Fig 3.3 Snabbreagerande solfångare för luft och vatten

b. via solfångare genom rör i marken intill mulltoa-röret, in i källaren, genom fläkt och luftvärmare samt ut intill bottenvåningens tak. Värmeenergin som passerar denna väg tas till en del upp av marken och kan sedan under tider av icke-solsken avges till tilluften, som går i samma rör.

Strömningsriktningen för tilluften är motsatt den för frånluften från mulltoa, varför marken omkring de båda rören fungerar dels som en motströms värmeväxlare dels som ett korttidsvärmemagasin. Vintertid då tilluften ej får nämnvärt tillskott från växthuset är funktionen som värmeväxlare betydelsefull.

De flesta växter tål ej temperaturer över 30°C , varför temperaturstegringar över denna nivå måste förhindras. Detta sker på fyra sätt.

- a. Temperaturstyrda spjäll öppnar luckor kontinuerligt med början vid ca 20°C till full öppning vid ca 30°C , fig 3.3.
- b. En del av växthusluften cirkulerar genom ett ca 12 m långt rör i marken under växthuset och uterummet, vilket kyler luften under soliga dagar. Se kapitel 6 MARKSLINGA.
- c. Vid temperaturer över ca 28°C är en friskluftfläkt tillslagen, vilket ger en forcerad luftström genom växthuset.
- d. Vid starkt solsken kan skuggväv dras för manuellt.

3.3 Varmvatten från solfångare i växthus.

Kamflänsrören i solfångaren enligt fig. 3.2 och 3.3 överför värme från den förbipasserande luften och från den direkt absorberade solstrålningen till vattnet som pumpas runt genom en slinga i vedpannan enligt kapitel 3.1. Ett styrsystem håller pumpen igång, då temperaturen i solfångaren

ligger någon grad över temperaturen i tanken.

Förbrukningsvattnet passerar först genom en slinga i vattenmagasinet och förvärms där, innan det får vidare till en av två efterföljande elvärmda mindre beredare, den ena inställd på c:a 40°C för tvätt och dusch, den andra på c:a 55°C för disk. Detta system ger ett minimum av förluster och eliminerar behovet av termostatblandare.

4. MÄTMETODER

Direkt instrålning och diffust ljus från himmel och moln omvandlas till värme i växthuset. Den upptagna energin höjer först lufttemperaturen i växthuset. När fläktarna startat höjs temperaturen på den till bostaden strömmande luften dessutom även i solfångaren.

När vattentemperaturen i solfångaren överstiger temperaturen i tanken och pumpen startat överförs energi av vattnet till vattenmagasinet i ackumulatorpannan.

När instrålningen är liten, fungerar växthuset som en isolerande vägg och sänker värmeförlusterna från bostaden.

Fig. 3.2 visar uppmätta luft- och vattenmängder samt placeringen av de sex temperaturgivarna för registreringsinstrumentet.

Fig. 5.1 och 5.2 visar de olika energimängder som kan komma bostaden till del.

4.1 Luftmängder och lufttemperaturer

Luftmängderna har mätts med en anemometer fabrikat Wilh. Lambrecht, Göttingen.

För temperaturregistreringen har använts en sexpunkts-skrivare av fabrikat M K Juchheim, Fulda, med mätområde -30°C till +60°C.

Under vissa tider har temperaturerna avlästs manuellt med hjälp av kvicksilvertermometrar.

Bostadens totala energiförbrukning har avlästs dygn för dygn periodvis under olika årstider. Se fig 3.1

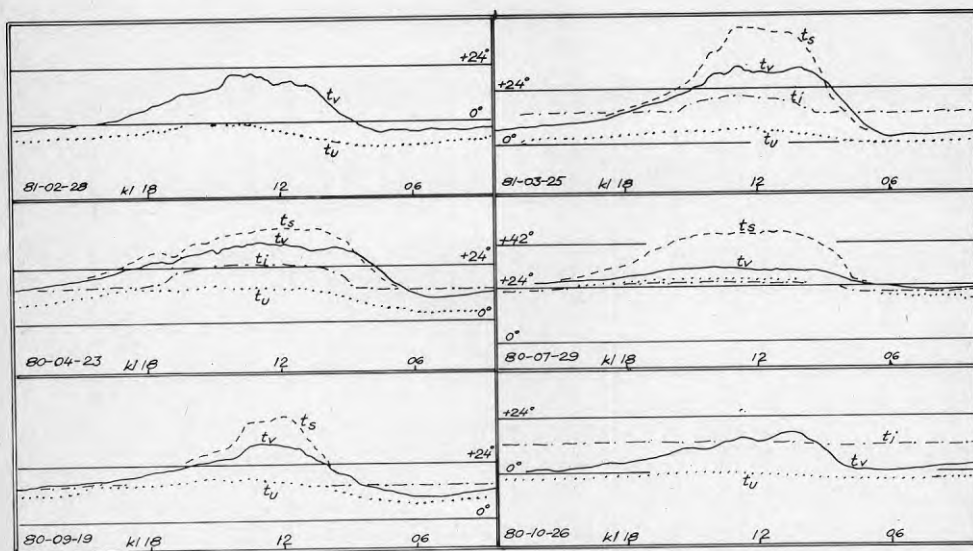
4.2 Vattenmängd och vattentemperaturer

För att beräkna vattenmängden genom solfångaren har vattnet tappats nära expansionskärlet och mätts med pumpen igång. Mätningen startade med fyllt expansionskärl och avslutades straxt innan det tömts. Med denna mätmetod får pumpen arbeta med friktionsmotståndet i hela systemet under samma förhållanden som vid normal drift.

Temperaturhöjningen i solfångaren har registrerats med samma instrument som lufttemperaturerna.

4.3 Exempel på temperaturkurvor

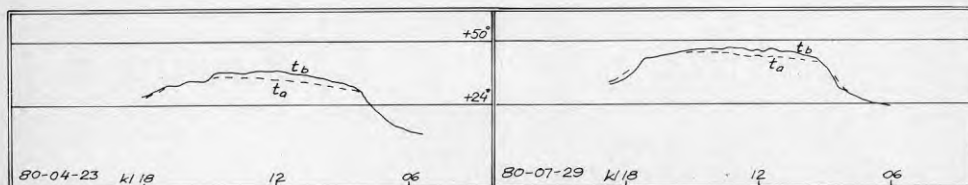
I fig. 4.1 visas lufttemperaturerna utomhus, i växthuset, efter solfångaren och i förekommande fall efter markpassagen under soliga dagar vid sex olika årstider.



LUFTTEMPERATURER UTOHHUS t_u, I VÄXTHUS t_v —, EFTER SOLFÅNGARE t_s ---, EFTER MARKPASSAGE t_i — · —

Fig 4.1 Registrerade lufttemperaturkurvor

Vattentemperaturerna före och efter solfångaren under två soliga dagar visas i fig. 4.2.



VATTENTEMPERATURER FÖRE (t_a — · —) OCH EFTER (t_b —) SOLFÅNGARE.

Fig 4.2 Registrerade vattentemperaturkurvor

5 UTTNYTTJNINGSBAR ENERGI

Med temperaturkurvorna som underlag kan de i fig. 5.1 och 5.2 ingående energimängderna beräknas.

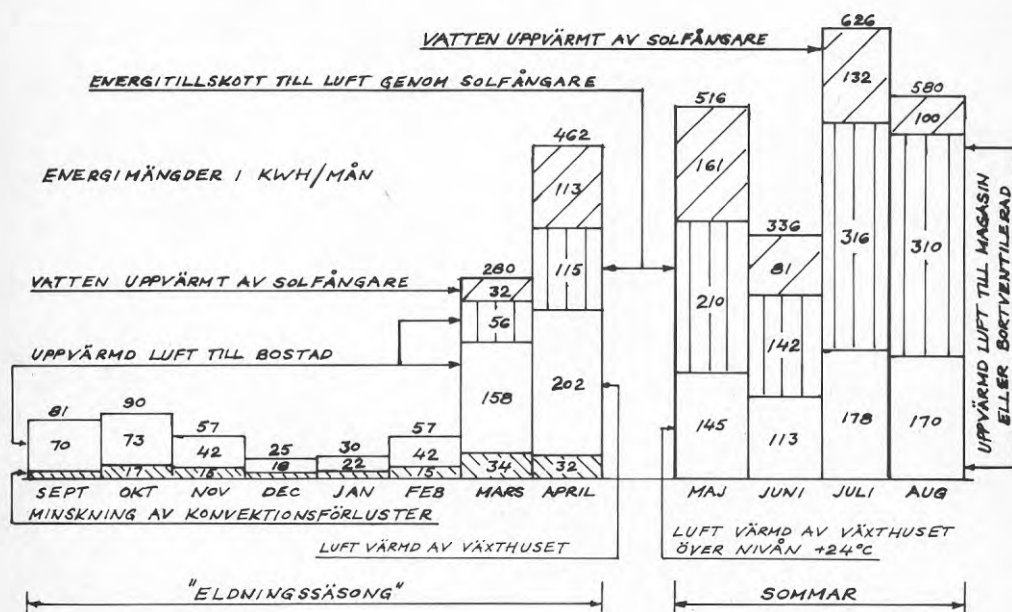


Fig 5.1 Utnyttjningsbar energi alstrad i växthus och i detta placerad solfångare månad för månad

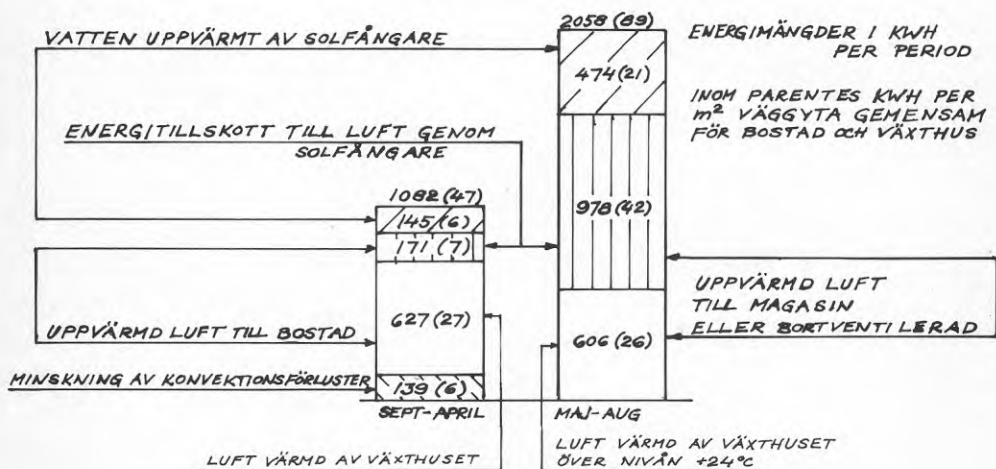


Fig 5.2 Utnyttjningsbar energi alstrad i växthus och i detta placerad solfångare. Sammandrag för perioderna sept-april respektive maj- augusti

5.1 Minskning av värmetransporten genom den för bostad och växthus gemensamma väggen.

För värmetransporten gäller;

$$W = A \cdot k \cdot \int_0^T (t_1 - t_u) dT, \text{ där}$$

W = värmeflödet i kcal

A = väggens yta i m^2

k = värmeledningstalet i $kcal/m^2h^{\circ}C$

t_1 = inomhustemperaturen $^{\circ}C$

t_u = utomhustemperaturen $^{\circ}C$

T = tidsperiodens längd i timmar

För växthusväggen gäller samma formel men med t_u ersatt med t_v , där t_v = temperaturen i växthuset.

$$W = A \cdot k \cdot \int_0^T (t_1 - t_v) dT$$

Detta betyder att värmetransporten minskar med

$$A \cdot k \cdot \int_0^T (t_1 - t_u) dT - A \cdot k \cdot \int_0^T (t_1 - t_v) dT = A \cdot k \cdot \int_0^T (t_v - t_u) dT$$

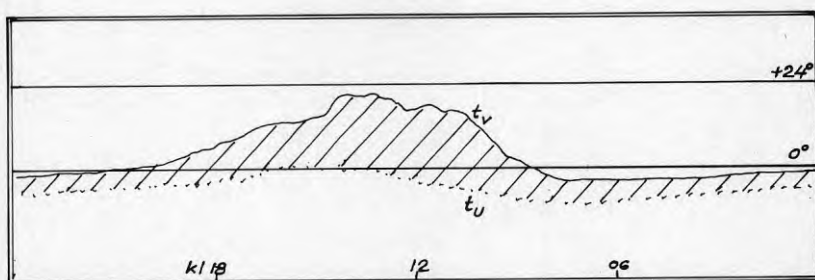


Fig 5.3 Lufttemperaturer utomhus (t_u) och i växthus (t_v)

Skillnaden mellan t_v och t_u kan avläsas i temperaturdiagrammen, fig. 5.3, och medelvärden för olika årstider med relativ noggrannhet beräknas.

Värdet på $\int_0^T (t_v - t_u) dT$ uttrycks i gradtimmar och återfinns

i tabell 5.1, som även innehåller en beräkning av värmetransportens minskning genom en vägg med k -värdet 0,2.

Tabell 5.1 Minskning av värmetransport från bostad genom vägg gemensam med växthus

t_v = VÄXTHUSLUFTENS TEMP. t_u = UTMOMHUSTEMP.

MÅNAD	OBSERVERADE VÄRDEN											BERÄKNAT FÖR HEL MÅNAD GRAD·TIM.	GENOM VÄGG MED $k=0,2$ KWH/M ²	GENOM VÄGG 23 m ² KWH	
	DAGN	TIM	ICKE SOL		DELVIS MOLN		SOL		S:α	GRAD·TIM					
			t_v-t_u	TIM	GR·TIM	t_v-t_u	TIM	GR·TIM			t_v-t_u				TIM
SEPT	30	720	2,1	565	1190	4,2	82	345	7,2	73	525	2060	2060	0,48	11
OKT	11	264	2,7	194	523	3,9	32	125	11,5	38	437	1085	3080	0,72	17
NOV	5	120	2,8	91	253	3,4	16	54	11,6	13	151	458	2750	0,64	15
DEC	5	120	1,6	120	192							192	1190	0,28	7
JAN	31	744	2,0	744	1488							1488	1488	0,35	8
FEBR	18	432	3,5	335	1170	4,5	42	190	9,1	55	500	1860	2890	0,67	15
MARS	31	744	5,3	523	2770	10,2	90	920	20,9	131	2740	6430	6430	1,50	34
APRIL	30	720	5,5	463	2550	11,8	29	330	13,9	228	3170	6050	6050	1,40	32
S:α												25938	6,04	139	

5.2 Värmeöverföring genom lufttransport

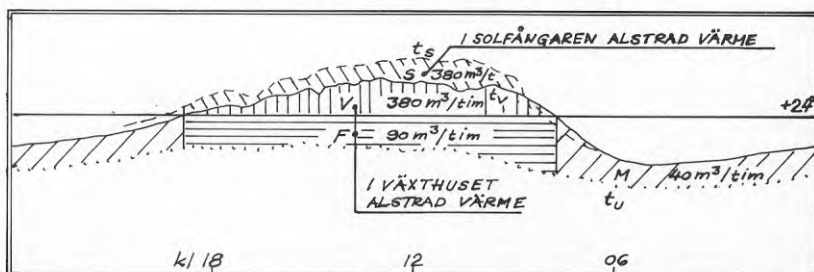


Fig 5.4 Energimängder som kan överföras till bostaden t_u = utomhustemp, t_v = lufttem i växthus, t_s = lufttem efter solfångare

När temperaturen i växthuset ligger under $+24^{\circ}\text{C}$ går tillluftsfläkten F_M med reducerad hastighet och överför då $40 \text{ m}^3/\text{h}$ från växthuset genom markröret och varmluftsaggregatet till bostaden (fig. 3.2.). Denna luftmängd ersätter en del av frånluften ($90 \text{ m}^3/\text{h}$). Den värmemängd som då överförs till marken eller bostaden representeras av ytan M i fig. 5.4 och

$$Q_M = L_M \cdot 0,31 \cdot \int_0^T (t_v - t_u) dT \text{ kcal, där}$$

L_M = transporterad luftmängd m^3/h

$0,31$ = specifikt värme kcal/m^3

T = tiden i timmar

t_v = växthusluftens temperatur $^{\circ}\text{C}$

t_u = utomhusluftens temperatur $^{\circ}\text{C}$

Vid $+24^{\circ}\text{C}$ ökar F_M till fullvarv, $150 \text{ m}^3/\text{h}$, och tilluftsfläkten F_D för direktinblåsning i bostaden startar och ger

230 m³/h eller tillsammans 380 m³/h. (Fig. 3.1 och 5.4.)
Till bostaden överförd energi motsvaras av ytorna F, V och S i fig. 5.4.

Den värme som tillförs under nivån +24°C, kan tillgodogöras endast i den mån den ersätter energin i frånluften, 90 m³/h (Ytan F) Värmeinnehållet i överskjutande luftmängd 380-90=290 m³/h går till spillo. Beträffande möjligheter att utnyttja även detta hänvisas till kapitel 9.2.

Energien i luft med temperatur över +24°C kan utnyttjas helt.

Av fläktarna överförd värme beräknas till

$$Q_F = L_F \cdot 0,31 \cdot \int_0^T (24 - t_U) dT = 90 \cdot 0,31 \cdot \int_0^T (24 - t_U) dT \text{ kcal}$$

motsvarande ytan F

$$Q_V = (L_D + L_M) \cdot 0,31 \cdot \int_0^T (t_V - 24) dT = 380 \cdot 0,31 \cdot \int_0^T (t_V - 24) dT \text{ kcal}$$

motsvarande ytan V

$$Q_S = (L_D + L_M) \cdot 0,31 \cdot \int_0^T (t_S - t_V) dT = 380 \cdot 0,31 \cdot \int_0^T (t_S - t_V) dT \text{ kcal}$$

motsvarande ytan S

L_F = mängden frånluft i m³/h

L_D = luftmängd direkt från solfångare till bostad i m³/h

L_M = luftmängd från solfångare genom mark till bostad i m³/h

0,31 = specifika värmets i kcal/m³

T = fläktarnas gångtid i timmar

t_U = utomhusluftens temperatur °C

t_V = växthusluftens temperatur °C

t_S = luftens temperatur efter solfångaren °C

I temperaturkurvorna har medelvärden på de aktuella temperaturskillnaderna ($t_V - t_U$), $(24 - t_U)$, $(t_V - 24)$ och $(t_S - t_V)$ avlästs för varje dag, likaså fläktarnas gångtider. Därefter har ytorna M, F, V och S uttryckta i gradtimmar beräknats och förts in i tabellerna 5.2 och 5.3, som även innehåller energimängderna uttryckta i KWh per månad och period. Motsvarande värden återfinns även i diagrammen fig 5.1 och 5.2

Tabell 5.2 Energi överförd från växthus till bostad genom Lufttransport

t_v = VÄXTHUSLUFTENS TEMP. t_u = UTMHUSTEMP.

MÅNAD	OBSERVERADE VÄRDEN														BERÄKNAT FÖR HEL MÅNAD KWH	
	DYGN	TIM	ICKE SOL LÅG FLÄKTHASTIGHET 40 m ³ /h				SOL 24°- t_v ERSÄTTNING FÖR FRÄNLUFT 80 m ³ /h				SOL t_v -24° TILLSKOTT GM. TEMP ÖVER 24° I VÄXTHUS 380 m ³ /h					S:a
			t_v-t_u	TIM	GR·TIM	KWH	24°- t_u	TIM	GR·TIM	KWH	t_v-24	TIM	GR·TIM	KWH		
SEPT	30	720	2,35	638	1500	22	5,6	82	460	15	4,0	60	240	33	70	70
OKT	11	264	3,7	250	930	13	11,5	14	160	5	4,3	14	60	8	26	73
NOV	5	120	3,8	120	460	7									7	42
DEC	5	120	1,6	120	190	3									3	18
JAN	31	744	2,0	744	1490	22									22	22
FEBR	18	432	4,3	432	1860	27									27	42
MARS	31	744	6,7	642	4300	62	22,0	102	2250	73	4,9	35	170	23	158	158
APRIL	28	672	6,3	528	3300	48	10,3	144	1480	48	5,1	133	680	93	189	202
S:a																627

Tabell 5.3 Energitillskott genom solfångare i växthus

t_v = VÄXTHUSLUFTENS TEMP.
 t_b = LUFTENS TEMP. EFTER SOLFÄNGAREN t_a = VATTENTEMP. FÖRE SOLFÄNGAREN
 t_b = VATTENTEMP. EFTER SOLFÄNGAREN

MÅNAD	LUFT TILL BOSTAD 380 m ³ /TIM						VATTEN TILL TANK 420 LIT/TIM						
	OBSERVERAT					BERÄKNAT FÖR HEL MÅNAD KWH	OBSERVERAT					BERÄKNAT FÖR HEL MÅNAD KWH	
	DYGN TOTALT	DYGN SOLF.	t_s-t_v	TIM	GRAD-TIM		KWH	DYGN TOTALT	DYGN SOLF.	t_b-t_a	TIM		GRAD-TIM
SEPT	30	0				0	30	0				0	0
OKT	11	0				0	11	0				0	0
NOV	5	0				0	5	0				0	0
DEC	5	0				0	5	0				0	0
JAN	31	0				0	31	0				0	0
FEBR	18	0				0	18	0				0	0
MARS	31	5	11,5	32	370	56	31	5	2,5	26	65	32	32
APRIL	28	18	6,2	126	785	107	28	19	2,1	106	218	106	113
S:a						171							145
MAJ							29	24	1,8	171	310	151	161
JUNI							13	9	1,2	61	71	35	81
JULI							14	14	1,6	77	122	60	132
AUG							4	2	2,0	13	26	13	100
S:a													474
S:a S:a													619

SE TABELL 5.4

5.3 Uppvärmning av varmvatten

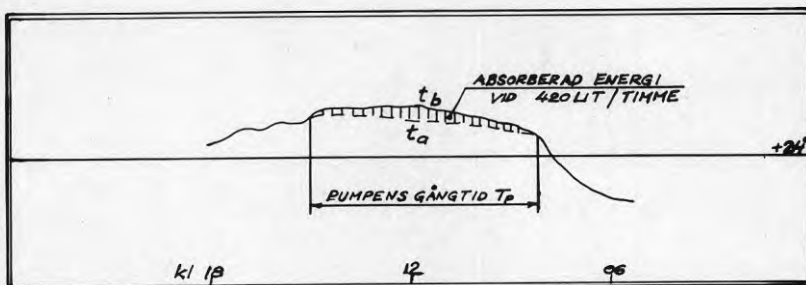


Fig 5.5 Upptagen energi i vattensolfångaren t_a = vattentemp före och t_b = do efter solfångaren
I solfångaren värms vattnet från t_a till t_b grader under pumpens gångtid T_p . Absorberad energi är ;

$$Q_W = W \cdot \int_0^{T_p} (t_b - t_a) dT = 420 \cdot \int_0^{T_p} (t_b - t_a) dT \text{ kcal, där}$$

W = pumpens kapacitet = 420 liter/h

T_p = pumpens gångtid i timmar

t_a = vattentemperaturen före solfångaren $^{\circ}\text{C}$

t_b = vattentemperaturen efter solfångaren $^{\circ}\text{C}$

På samma sätt som för "luftenergin" har medelvärden för temperaturskillnaderna och gångtiderna avlästs för varje dag, energin beräknas och införts i tabell 5.3 och diagrammen 5.1 och 5.2.

5.4 Överskottsenergi under sommaren

Under sommarmånaderna maj-aug. tar växthuset helt naturligt upp mer energi än under övrig tid. Emedan huset ju då ej behöver värmas, kan energin tillgodogöras endast för vattenuppvärmning eller genom lagring till höstmånaderna.

Växterna tål max + 30 $^{\circ}\text{C}$ och trivs som regel bäst under 24-25 $^{\circ}$. De energimängder ovanför 24 $^{\circ}$ som ventileras bort från växthuset genom fläktarna (380 m 3 /h) finns beräknade i tabell 5.4

Tabell 5.4 Överskottsenergi i växthus maj-aug för ev. lagring

t_v = VÄXTHUSLUFTENS TEMP t_s = LUFTENS TEMP. EFTER SOLFÅNGAREN.

MÅNAD	UPPVÄRMNING I VÄXTHUS 380 m 3 /TIM							TILLSKOTT GM. SOLFÅNGARE 380 m 3 /TIM							S:a KWH
	OBSERVERAT				BERÄKNAT FÖR HEL MÅNAD			OBSERVERAT				BERÄKNAT FÖR HEL MÅNAD			
	DYGN TOTALT	DYGN MED ÖVERSK	$t_s - t_v$	TIM	GRAD-TIM	KWH	KWH	DYGN TOTALT	DYGN MED TILLSK	$t_s - t_v$	TIM	GRAD-TIM	KWH	KWH	
MAJ	29	23	4,5	222	999	136	145	29	26	5,9	244	1444	197	211	356
JUNI	12	9	4,5	73	328	45	112	12	10	4,8	87	417	57	143	255
JULI	15	15	5,0	125	631	86	177	15	15	8,5	133	1123	153	316	483
AUG	2	2	4,4	19	83	11	170	2	2	7,8	19	148	20	310	480
S:a							604							980	1584

Lufttemperaturen efter solfångaren ligger som regel ej över $+40^{\circ}\text{C}$ (max 44°).

Under de varmaste dagarna måste ventilationen genom växthuset forceras med hjälp av en propellerfläkt som startas med termostat vid $+28^{\circ}\text{C}$ i växthusluften. Detta betyder att större energimängder än de i tabellerna angivna bortföres under sommar-månaderna.

5.5 Energitillskott per m^2 gemensam väggyta

I diagram fig. 5.2 har värdena från tabellerna 5.1 - 5.4 sammanställt och uttryckts i energi per m^2 väggyta gemensam för bostad och växthus. Dessa värden kan komma till användning vid beräkning av alstrade energimängder i växthus med andra dimensioner.

6. MARKSLINGA

En del av växthusluften cirkulerar genom ett ca 12 m långt rör med innerdiametern 14,5 cm beläget under växthuset och uterummet ca 70 cm under golvnivån.

Detta har 3 syften; 1. Då marktemperaturen under den kalla årstiden alltid är avsevärt högre än utetemperaturen speciellt vid köldknäppar, kan man tillföra energi till växthusluften från marken. 2. Under höst och vår fungerar marken omkring röret som ett korttidslager, vilket ger en utjämning av temperaturen i växthuset mellan dag och natt. 3. Sommartid, då marken håller en lägre temperatur än utetemperaturen soliga dagar, ger markröret en kylande effekt.

Till röret är kopplat en fläkt som styrs av en varvtalsregulator. Denna ger fyra hastigheter i temperatursteg om 1°C , så att luftmängderna blir $61 \text{ m}^3/\text{timme}$ vid temperaturer under $+23^{\circ}\text{C}$ i växthusets topp, $173 \text{ m}^3/\text{timme}$ vid $+24^{\circ}\text{C}$, $210 \text{ m}^3/\text{timme}$ vid $+25^{\circ}\text{C}$ och $276 \text{ m}^3/\text{timme}$ över $+26^{\circ}\text{C}$.

Luftintaget är placerat ca 1,5 m över växthusgolvet. Utblåsningen sker ca 0,3 m över golvet.

Lufttemperaturerna utomhus, i luftintaget och i utblåsningsröret har registrerats med skrivare. En uppskattning av marktemperaturen i närheten av röret kan man få genom att läsa av vid vilken temperatur kurvorna för luftintaget och utblåsningen korsar varandra morgon och kväll.

6.1 Energitillskott under vintern

Den till växthusluften tillförda effekten har beräknats för fyra tillfällen enligt nedan.

Datum	Kl	Temperaturer			Temp- diff.	Luftm. m^3/t	KW	Mark- temp.
		ute	intag	utbl.				
81-12-17	19	-16	-10,5	-1,0	9,5	61	0,18	-
81-12-26	20	-10	-5,2	-0,3	4,9	61	0,09	-
82-01-08	8	-23	-14,5	-5,5	9,0	61	0,17	-
82-01-15	8	-1,8	-1,0	+0,7	1,7	61	0,03	+1

Den tillförda effekten uppgår som synes maximalt till 180 Watt. Denna kan höjas genom att en större massa mark engageras t.ex. genom förlängning av röret eller genom att flera rör parallellkopplas. Man kan vidare förlägga rören till ett större djup eller under bostadens grundplatta, där marktemperaturen är högre. Vidare kan en ökning av luftmängden ge resultat. Detta bör tillämpas endast under mycket kalla perioder för att inte i onödan kyla ned marken. Mera om detta under kap. 9.2 Slutsatser.

6.2 Utjämning av växthustemperaturen mellan dag och natt

Denna funktion har sin största betydelse under soliga dagar på våren, då temperaturskillnaderna i växthuset mellan dag och natt är som störst. Temperaturkurvor för den 5/4 och data från två vårdagar visas nedan i figur 6.1 och tabell 6.1.

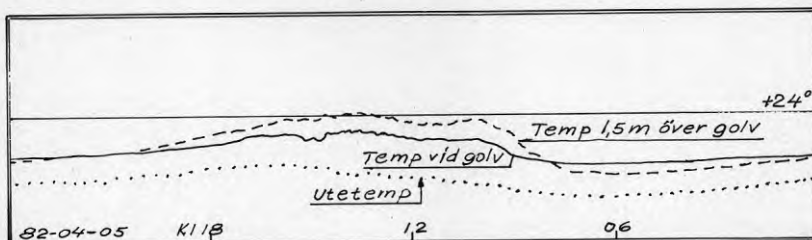


Fig.6.1 Markslinga, registrerade temperaturkurvor

Tabell 6.1 Markslinga, energiutbyte med växthusluften.

DATUM	LUFTTEMPERATURER				LUFTMÄNGD m ³ /TIM	EFFEKT KW	MARKTEMPERATURER			
	UTE	INTAG	UTBLÄSN	DIFF			MORRON	KVÄLL	MEDEL	
82-03-27	MIN	0	+6	+7	+1	61	+0,019	+7	+10	+8,5
	MAX	+11	+29	+15	-14	276	-1,4			
82-04-05	MIN	-1	+5	+9	+4	61	+0,076	+9	+12	+10,5
	MAX	+9	+24	+18	-6	276	-0,6			

Man får således framförallt en kylande effekt under dagen. Uppvärmningen under natten är obetydlig till en del beroende på att luftmängden per timme då varit mindre. Den 27/3 var tiden under vilken kylning förekom ca 12 timmar, vilket ger $12 \times 1,4 = 16,8$ KWH från växthusluften till marken överförd energi.

Under perioden 27/3 - 5/4 inträffade sju soliga dagar, vilket återspeglas i höjningen av marktemperaturen från +8,5 - +10,5°C.

Kylningen kan förbättras genom att en större massa mark engageras. Det är emellertid knappast troligt att resultatet förbättras, om röret lägges djupare. Marktemperaturen torde inte vara väsentligt lägre på större djup än de 8,5 - 10,5°C som registrerats på 0,7 m djup de aktuella dagarna. En ökning av luftmängden per timme skulle ge bättre kyleffekt men kräver orealistiskt stor fläkt.

Av tabell 6.1 framgår även att utomhustemperaturen är lägre än temperaturen i den från markröret kommande luften. Man skulle således få en större kylande effekt om motsvarande luftmängd ersattes med uteluft (1,5 - 1,8 KW mot 0,6 - 1,4 KW).

6.3 Kylning av växthusluften under sommaren

Marktemperaturen omkring röret stiger succesivt under vår och försommar (från +10,5°C den 5/4 till +23,5°C den 14/7). Därför blir den kylande effekten allt sämre. Soliga dagar i juli registrerades en temperatursänkning på 3 - 4°C vid luftmängden 276 m³/tim, vilket motsvarar 0,3 - 0,4 KW. Kylningen varade 7 - 10 timmar och bortförde således 2,1 - 4 KWH energi.

Då utomhustemperaturen under dagen låg 9 - 10°C lägre än växt-hustemperaturen, skulle man få 2 - 3 ggr mera bortförd energi, om samma luftmängd i stället ventilerades bort från växthuset och ersattes med uteluft.

Försöket med markslinga visar att fördelarna ej står i relation till kostnaderna för rördragning, fläkt och fläktstyrning. Det är billigare att ordna temperaturregleringen på annat sätt, med tillsatsvärme respektive bortventilation av överskottsenergin.

7. JÄMFÖRELSE MED DRIVBÄNK

Samtidigt med mätningarna i det med bostaden sammanbyggda växt-huset har temperaturen registrerats i en drivbänk anlagd mot söderväggen av ett kallgarage. Se fig. 7.1.

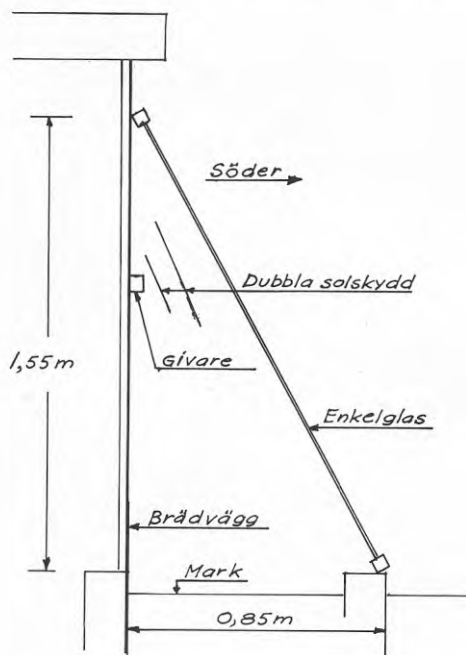


Fig. 7.1 Drivbänk

För en solig dag i april kan temperaturkurvorna se ut som i fig.7.2

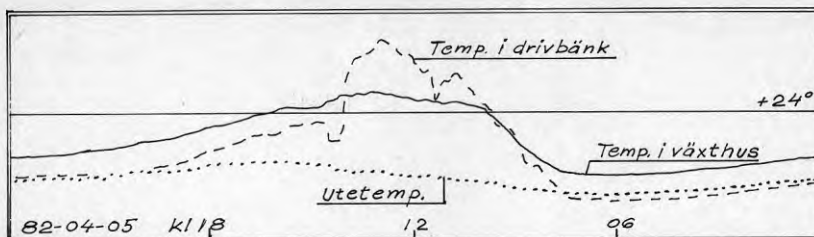


Fig. 7.2 Registrerade temperaturer i drivbänk och växthus 82-04-05.

Temperatursvängningarna är som väntat betydligt större i drivbänken. Trots att automatiska lucköppnare öppnar vid övertemperatur, har max.temperaturen ej kunnat begränsas till för växtlighet optimala värden.

Tabell 7.1 Max- och min.temperaturer i sammanbyggt växthus och drivbänk.

MÅNAD	UTE		VÄXTHUS		DRIVBÄNK	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
MARS	11	-1	28	2	53	-3
APRIL	15	-1	32	2	53	-3
MAJ	23	1	33	9	48	1
JUNI	33	7	37	15	52	7
JULI	32	10	40	15	50	9
AUG	36	9	40	15	52	10
MEDEL	26	4	35	10	51	3
SEPT	23	5	32	10		
OKT	13	-5	23	-4		
NOV	7	-9	10	-4		
DEC	-2	-18	3	-7		
JAN	-2	-25	3	-9		
FEBR	3	-22	15	-7		

Av värdena i tabell 7.1 kan man få en uppfattning om den samlade effekten på temperaturutjämnningen som åstadkoms av sammanbyggnaden med bostaden, dubbelglasningen, markfläktsystemet och de automatiska takluckorna.

8. NORDAMERIKANSKA RÖN, RESERAPPORT FRÅN ÖSTRA CANADA OCH NEW ENGLAND

En intensiv utveckling av påbyggda växthus har pågått i Canada och USA sedan den första energikrisen 1974.

I området östra Canada-New England, som har ett klimat liknande det svenska (ungefär samma antal graddagar per år) har ett par forskningsinstitutioner och företag arbetat fram konstruktioner lämpliga för detta klimat.

Gränsen mellan den canadensiska delstaten Ontario och New England ligger på 45° latitud, motsvarande södra Frankrike. Detta ger samma solhöjd den 21 december som vi har i Mälardalen den 27 februari eller 15 oktober.

Tabell 8.1 Data för Örebro och Burlington, New Hampshire, USA.

ORT	GRAD-DAGAR	LATITUD	SOLHÖJDER KL 12		
			21/12	27/2 15/10	21/3 21/9
ÖREBRO	3800	59°	7,5°	22°	31°
BURLINGTON NH	4200	44,5°	22°	36,5°	45,5°

Ett påbyggt växthus i de nordliga delarna av USA ger därför ett betydligt större energitillskott till husets uppvärmning än motsvarande i Sverige. Utan speciella anordningar blir dessutom odlingssäsongen längre. I vissa fall kan odlingen t.o.m. pågå året runt.

I det följande beskrivs i korthet verksamheten vid och resultatet från ett antal institutioner och företag som besökts vid en resa i östra Canada och New England våren 1982.

- a. Sun Shelters, 334 King St E, Studio 206, Toronto M5A 1K8, Bob Argue.

Företaget, som nyligen startat, tillhandahåller underlag för ett standard påbyggt växthus, se fig. 8.1, och leder utbildning för uppförandet.

Bob Argue nämnde att "energiparamarna" vill ha endast en glasyta mot söder medan "odlarna" önskar mycket ljus och således flera ytor i glas. Bob Argue är även publicist och har gett ut "The Well Tempered House" och "Super Insulated Retrofit" samt kommer sommaren 1982 ut med "Winter Green Solar Greenhouses For Cold Climates".

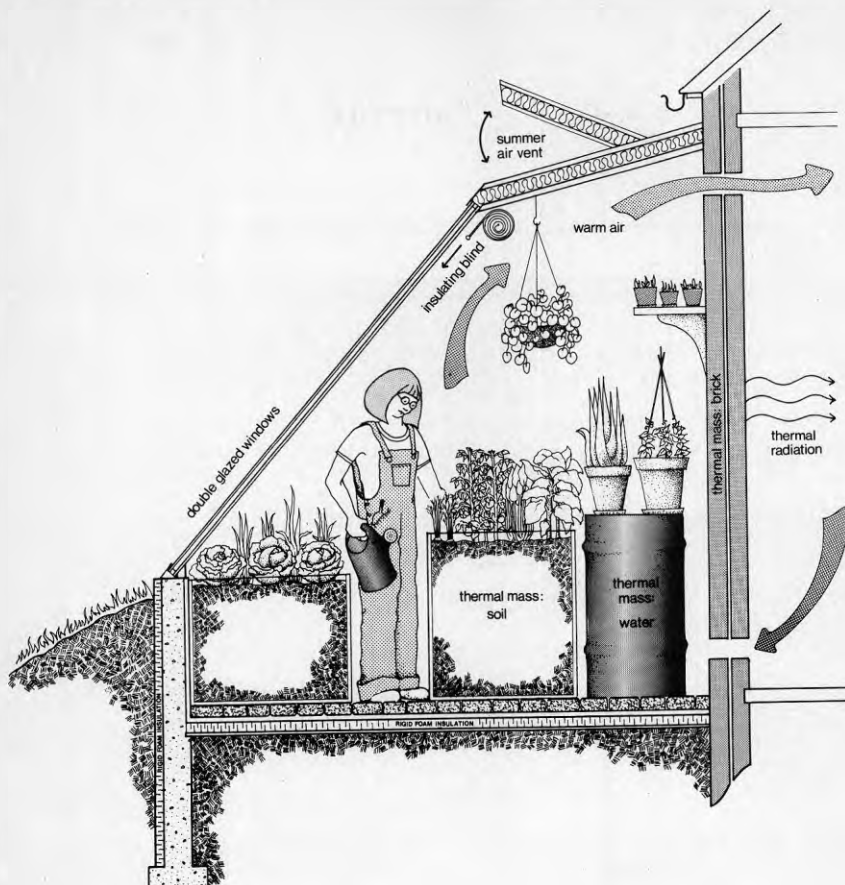


Fig. 8.1 Växthus enligt Sun Shelters, Toronto

b. Ecology House, 12 Madison Ave, Toronto.

Praktiska försök har gjorts med "solvägg" i två våningar, växthus på vind under yttertak, påbyggt växthus samt tilläggsrutor i befintliga fönster.

c. Brace Research Institute, Ste Anna de Bellevue H9X1C0, Thomas A Lawand och Andy Skelton.

Institutet grundades 1959 med avsikten att utveckla utrustning och teknik för att möjliggöra jordbruk på torrområden i U-länder. Man har forskat fram konstruktioner och framställt instruktioner för byggande av vattenvärmare, kokare, spannmålstorkar och avsaltare baserade på solenergi. Efter oljekrisen har institutet utvecklat växthussystem för kallare klimat. Speciellt intresse har ägnats glasyornas orientering, reflekterande norrvägg, isolerande gardiner och alternativa värmelagringsmetoder under växthusgolvet. Principritning med uppgifter om viktiga data tillhandahålls intresserade för canadadollar 2,50. Se fig.8.2 (Conference 1979).

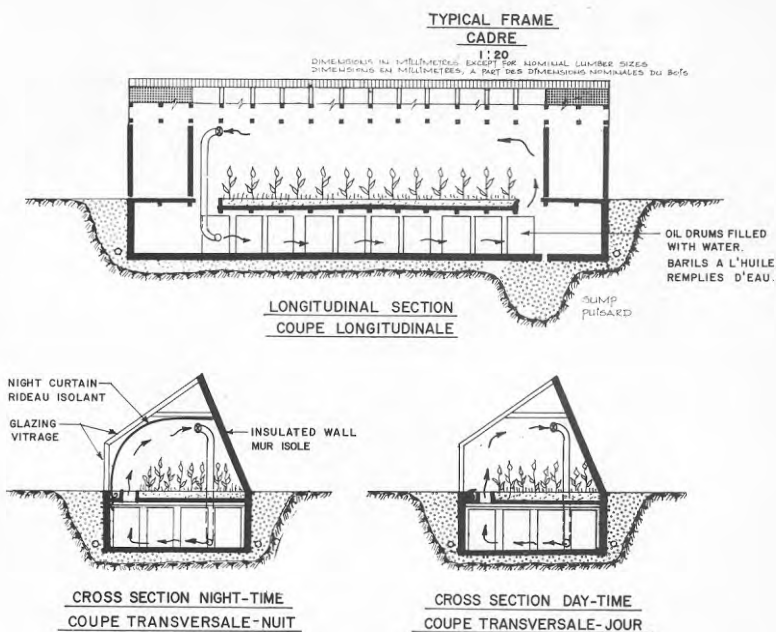


Fig. 8.2 Växthus enligt Brace Research Inst, Montreal.

- d. Sunplace Corp, Hinesburg, Vermont.
Douglas Taff och Bill Yanda.

Företaget har med hjälp av program körda i datorer gjort undersökningar beträffande växthusets optiska konstruktion och lämpligaste förhållandet mellan glasade och isolerade ytor. Detta har resulterat i en standardiserad produkt som marknadsförs tillsammans med tillbehör; skuggväg, isolerväv, energilagringsanordning baserad på fasomvandling, fläkt för överföring av överskottsvarme till bostad. Fig 8.3, sid. 25.
(Conference 1977, Conference 1978).

En aluminiumprofil utan köldbrygga för montering av dubbelt isolerglas ingår konstruktionen. Profilen har två aluminiumdelar som hålls samman med en ingjuten plastprofil.

Man kan i egen dator köra program som visar det ekonomiska utbytet av de egna produkterna för en kunds bostadshus i olika klimat i USA.

- e. New England Solar Energi Association (NESEA)
14 Green Str, Brattleboro, Vermont. Larry Sherwood.

NESEA är en medlemsorganisation, grundad 1974, för främjandet av användning av solenergi och andra förnyelsebara energikällor.

- f. Appropriate Technology Corp, Old Ferry Road, Brattleboro, Vermont. Kare Marshal.

Företaget tillverkar värmeisolerande gardiner för bl a växthus.

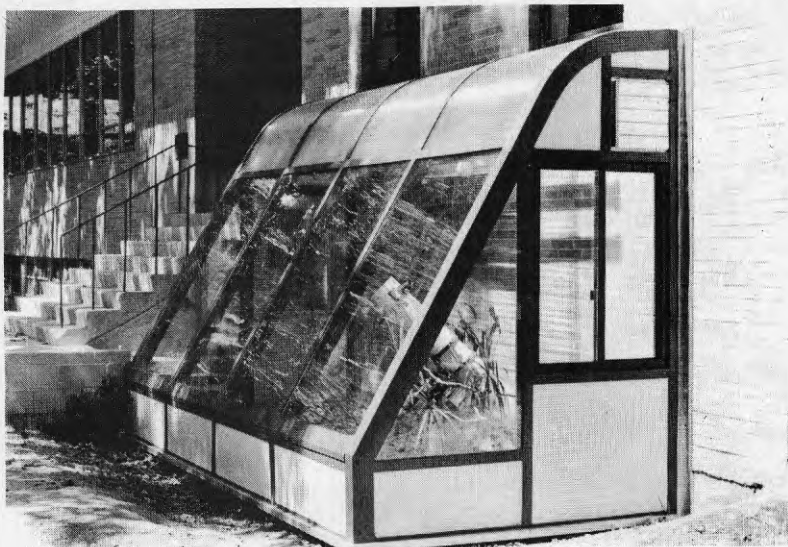


Fig. 8.3 Växthus enligt Sunplace, Hinesburg, Vermont.

Gardinen består av fem skikt med en aluminiserad polyester i mitten och en polyesterfilt plus en polyesterväv på varje sida. Aluminiumtorna reflekterar rumsvärmen inåt och sommarsolen utåt. Gardinens k-värde är 1,15 enligt Architectural Testing Inc.

Företaget är representerat över hela USA och har expanderat kraftigt under den senaste tiden. Man kan för närvarande ej åta sig export till Europa.

g. Greenhouses, Etc., 396 Cambridge Turnpike, Concord, Massachusetts. Mark Ward.

Företaget använder nedmonterat material från stora kommersiella växthus till specialkonstruerade växthus för påbyggnad på befintliga och nya villor.
(Conference 1977)

Två växthus i grannskapet besöktes. I det ena användes marken som utjämnare av dag- och nattemperaturerna. Luft sögs från växthusets topp till perforerade rör nedlagda i grovt grus i gångarna. I det andra passerade luften från växthusets topp över vinden ned mellan norrväggens ytter- och innerpanel under bottenvåningens golv och upp mellan springorna i växthusets golvtrall. I detta fall användes det med isolerrutor glasade utrymmet som ett möblerat uterum. Enligt bostadsinnehavaren gav detta ett behagligt klimat året runt.

För nordligare belägna hus ansåg Mark Ward att det vore mera ekonomiskt att fylla ytterväggarna med isolering.

h. Clivus Multrum USA, Inc., 14 A Eliot St, Cambridge, Massachusetts. Carl Lindström och Abby Rockefeller.

Paret har sedan 1975 gjort försök med påbyggda växthus, ett i Cambridge och ett i New Hampshire. För utjämning av dygnstemperaturen har växthusen ett 0,9 m djupt stenmagasin under ett 5 cm betonggolv. Soliga dagar sugs luft från toppen på växthuset och blåses genom stenmagasinet, där den kyls. Nattetid avger magasiner värme genom betonggolvet. (Conference 1977, Conference 1979).

Växterna vattnas automatiskt med grävatten från en speciell renare.

På Cambridges latitud ger detta växthus grönsaker året runt. Plantor som sås på hösten växer till i december och övervintrar därefter gröna.

9 SLUTSATSER

Vilka är villkoren för att ett påbyggt växthus eller solrum skall ge största möjliga energitillskott och/eller bästa förhållandena för odling i vårt klimat och med vår solhöjd? Hur besvaras denna fråga med utgångspunkt från de gjorda undersökningarna och rönen från Canada och USA?

a. Växthuset skall vara så utformat och orienterat att det ger maximalt utbyte under vår och höst. Under tiden slutet av oktober till slutet av februari står solen så lågt att den oftast är skydd av närliggande bebyggelse eller vegetation. Detta ger marginell instrålning under vintern även soliga dagar.

b. K-värdet i olika byggnadsdelar bör väljas, så att värmebehovet blir lågt under vintern. Härigenom kan frost förhindras och uppvärmningskostnaden bli liten, om man skulle vilja använda växthuset under denna tid.

c. Orienteringen och storleken hos glasytorna bör vara sådan att solstrålningen under sommaren begränsas. I annat fall måste speciella åtgärder vidtagas för att eliminera överskottsvärmen. Detta krav kan komma i konflikt med behovet av mycket ljus för fotosyntesen.

d. Värmekapaciteten i olika byggnadsdelar bör om möjligt vara stor, så att temperaturskillnaderna mellan dag och natt blir måttliga.

e. Soliga dagar vår och höst skall så stor del av överskottsenergin som möjligt överföras till bostaden.

f. Anordning bör finnas för utvädring av överskottsenergin under sommaren.

9.1 Glasytor och isolering

Föra att belysa punkterna a och b ovan görs i det följande en beräkning av värmebehovet för tre olika utföranden av påbyggt växthus dimensionerat i huvudsak enligt de canadensiska och amerikanska rönen som beskrivits tidigare under rubrik 8. Se fig 9.1. Denna konstruktion ger optimalt energiutbyte vid sol-

höjder omkring 25° . Detta överensstämmer väl med värdena i fig. 5.1 av vilka framgår, att ca 70% av den energi som kan tillgodogöras bostaden infaller under mars-april.

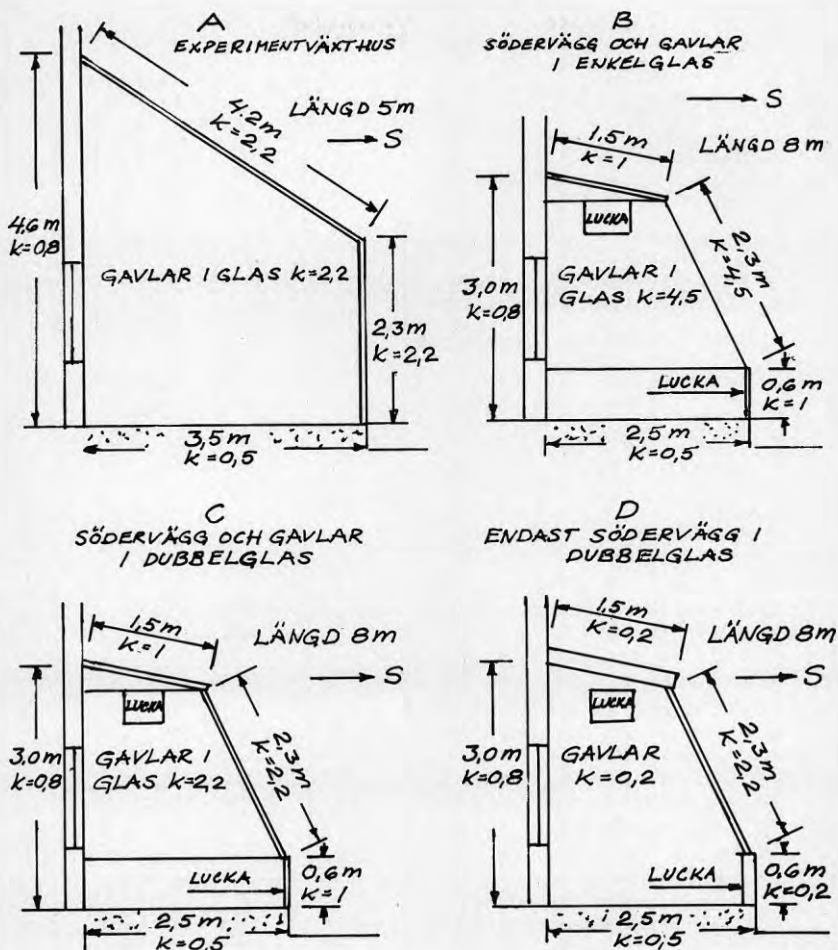


Fig. 9.1 Data för experimenthus (A) och tre beräkningsexempel (B,C,D).

Som jämförelse har motsvarande värden för experimenthuset tagits upp i tabell 9.1.

I samtliga fall förutsätts att glasytorna vintertid är täckta av gardiner som minskar k -värdet med 0,5. Någon form av skuggväv måste under alla omständigheter finnas.

För värmebehovsberäkningen har orten Örebro och perioden jan-feb valts. Detta ger medeltemperaturen -4°C under de två kallaste månaderna.

Väggen mellan bostaden och växthuset förutsätts ha ett k -värde på 0,15 och en fönsteryta på ca 25 % med k -värde 2,7, vilket ger

ett medelvärde på ca 0,8.

Växthusets höjd (3m) och längd (8m) har valts, så att de passar till ett stort antal befintliga villor.

Tabell 9.1 Beräknade värden för experimenthus (A) och tre exempel (B,C,D enligt fig 9.1)

VÄXTHUSTYP SE FIG. 9.1	A	B	C	D
ANTAL GLASSKIKT	2	1	2	2
TOTAL GLASYTA m^2	56,5	26,8	26,8	18,4
GOLVYTA m^2	17,5	20	20	20
VÄRMEGENOMGÅNGSTAL FÖR INGÅENDE BYGGNADSDELAR				
GAVLAR, GLAS $KCAL/°C\text{TIM}$	52,8	37,8	18,5	—
GAVLAR, ÖVRIGT — —	—	3,5	3,5	2,3
TAK — —	46,2	12,0	12,0	2,4
BRÖSTNING SÖDER — —	—	4,8	4,8	1,0
SÖDERVÄGG — —	25,3	82,8	40,5	40,5
GOLV — —	8,8	10,0	10,0	10,0
TOTALT $KCAL/°C\text{TIM}$	133,1	150,9	89,3	56,2
MOTSVARANDE VÄRMEBEHOV VID -4°C UTE, 0°C I VÄXTHUSET, WATT	620	700	415	260
VÄGG MELLAN VÄXTHUS OCH BOSTAD VÄRMEGENOMGÅNGSTAL $KCAL/°C\text{TIM}$	18,4	19,2	19,2	19,2
VÄRMETRANSP. GM VÄGGEN VID +20° I BOST. 0°C I VÄXTH. WATT	428	447	447	447
UPPVÄRMNINGSBEHOV FÖR FROSTFRITT I VÄXTH. WATT	192	253	—	—
MOTSVARANDE KOSTNAD VID 25 ÖRE/KWH 2MÅN(1400TIM). KR/ÅR	67	89	—	—
TEMP I VÄXTH. VID -10°C UTE INGEN EXTRA VÄRMETILLFÖRSEL°C	-6,4	-6,6	-4,7	-2,3
UPPVÄRMNINGSBEHOV FÖR +20°C I VÄXTHUSET, 2500 GRADDAGAR, $KWH/ÅR$	9,300	10,500	6,250	3,930
MOTSVARANDE KOSTNAD VID 25 ÖRE/KWH $KR/ÅR$	2,320	2,620	1,560	980

Svaret på frågan om enkel- eller dubbelglas skall väljas beror på om man ämnar hålla växthuset vid rumstemperatur året runt eller ej. Uppvärmningskostnaden vid +20°C innetemperatur blir betydande vid enkelglas. I detta fall bör således dubbelglas väljas och övriga byggnadsdelar utföras med lägre k-värde. Man kan även överväga att slopa glasytorna i gavlarna och ersätta dem med väggmaterial som i alternativ D.

Om växthuset ej skall användas vintertid för odling eller andra ändamål har det mindre betydelse om enkelglas väljes. Skillnaden i medeltemperatur vid enkel- respektive dubbelglas är endast ca

20°C vid en utetemperatur på -10°C (-6,6 resp -4,7°C enligt tabell 9.1). I detta fall har även k-värdet i väggar och tak mindre betydelse. Värmeflödet genom dessa byggnadsdelar utgör endast 10-23 % av det totala.

Som framgår av tabell 9.1 hålls växthusen C och D frostfria med hjälp av värmetransporten genom väggen mot bostaden. Övriga förordrar ett mindre tillskott av energi.

I experimenthuset har markslingan tidvis bidragit med en viss energimängd speciellt under "köldknäppar". Se kap. 6.1. Erfarenheterna anger också att frostdjupet i jordbehållarna varit obetydligt efter köldperioden.

Försök i Alnarp har visat, att värmeförlusterna vintertid kan minskas väsentligt med hjälp av aluminiserad plastfolie, som tillsammans med skuggväv täcker glasytorna. (G Gustavsson 1980). Med denna metod skulle troligen även växthuset med enkelglas kunna hållas frostfritt utan extra uppvärmning.

9.2 Överföring av överskottsenergi till bostaden.

Hur tar man bäst tillvara överskottsenergin vår och höst? 2 - 3 timmar efter solens uppgång under soliga dagar stiger temperaturen i växthuset till +24°C och den uppvärmda luften kan således omedelbart användas för bostadens uppvärmning. I försökshuset har luften först fått passera en enkel snabbreagerande solfångare, i vilken temperaturen höjts ytterligare 5-10°C. Ett enklare och billigare sätt är att ta luften från växthusets topp direkt och blåsa in den i bostaden under bottenvåningens tak. Om den solbelysta väggen mot bostaden målas i en mörk värmestrålningsabsorberande färg, kan temperaturhöjningen bli betydande. Luftmängden anpassas till frånluften (100-200 m³/tim).

I försökshuset med södervägg på 23 m² har 380 m³/tim ventilerats bort. Lufttemperaturen ligger på 24 - 35°C, en relativt låg temperatur för ett normalt uppvärmningssystem. Däremot skulle det kunna vara lämpligt att låta luften värma källare (alt.torpargrund eller grundplatta), så att värmeförlusterna till mark minskar. Den kyla luften kan sedan föras tillbaka till växthuset, där den värms etc. Källaren utgör därvid ett korttids värmemagasin.

9.3 Begränsning av maxtemperaturen.

Då ingen energi utöver solinstrålningen och värmeströmmen genom väggen mot bostaden tillföres växthuset, gäller temperaturregleringen huvudsakligen frågan om hur temperaturen skall begränsas uppåt.

Solinstrålningen under högsommar kan delvis skärmas av med ett genomskinligt tak som visas i fig. 9.1. Detta tak kan för övrigt vara ett utmärkt läge för en solfångare för varmvatten.

Genom att glasytan mot söder ges en relativt brant lutning, kommer en del av strålningen att reflekteras ut vid högt solstånd. Denna effekt kan ytterligare förstärkas, om glaslutningen ökas till 70°. Skärmtaket kan samtidigt göras bredare, så att det ger mer skuggning.

Automatiskt öppnande luckor är relativt billiga. I fig.9.1 antyds fyra luckor så placerade, att de ger god genomventilation vid alla vindriktningar.

Det fläktsystem som är avsett för överföring av luft till bostaden kan förses med ett spjäll, som låter luften ventileras ut i det fria, när temperaturen i bostaden nått lämpligt värde, t ex +25°C. Frisk ersättningsluft tas då in genom de automatiskt öppnande luckorna.

9.4 Utjämnning av temperaturen mellan dag och natt.

För växtligheten är det av vikt att temperaturen hålles vid 18-24°C så länge som möjligt under den ljusa delen av dygnet, då fotosyntesen äger rum. Detta kan åstadkommas på två sätt.

Om möjligt bör glasytor finnas mot öster och väster, så att solinstrålningen kan tillgodogöras under så stor del av dygnet som möjligt.

Byggnadskonstruktionen kan med val av lämpligt material ges en väl anpassad värmekapacitet, som tar upp värme under dagen och avger den under natten.

Detta har betydelse huvudsakligen under våren, då temperaturskillnaderna är stora.

Då solinstrålningen vid klart väder praktiskt taget hela våren ger överskott på energi, kan en utjämnning av temperaturen mellan dag och natt ske endast genom en höjning av nattemperaturen. Vilka är då villkoren för att detta skall åstadkommas med hjälp av växthusets värmekapacitet? Under natten tar växthuset emot energi från denna värmekapacitet och genom väggen till bostaden samt avger energi genom väggarna mot omgivningen. Följande samband gäller.

$$K_b \cdot T \cdot (20 - t_v) + V \cdot \Delta t = K_v \cdot T \cdot (t_v - t_u), \text{ där}$$

V = växthusets värmekapacitet i kcal/°C

Δt = värmekapacitetens temperatursänkning under natten = temperaturökning under solig dag i °C

K_v = växthusets värmegenomgångstal totalt i kcal/°C · tim

K_b = värmegenomgångstalet för väggen mot bostaden i kcal/°C · tim

T = tiden under vilken värme avges till växthusluften i tim

t_v = lufttemperaturen i växthuset i °C

t_u = lufttemperaturen utomhus i °C

Detta ger

$$t_v - t_u = \frac{V \cdot \Delta t}{K_v \cdot T} + \frac{K_b \cdot (20 - t_v)}{K_v}$$

Termen $\frac{V \cdot \Delta t}{K_v \cdot T}$ visar att nattemperaturen kan höjas med hjälp

av en ökning av växthusets värmekapacitet (V). En förutsättning är då, att även den solbelysta ytan av värmelagret ökar, så att temperaturhöjningen under dagen blir densamma.

Den anger även att ett högt K_v -värde, som fås vid enkelglas och stora glasytor, i viss mån kan kompenseras genom en ökning av växthusets värmekapacitet (V).

I tabell 9.2 visas hur stor temperaturhöjningen $t_v - t_u$ blir på grund av värmekapaciteten i en betongplatta med tjockleken 20 cm i växthusgolvet i de tre alternativa förslagen B, C och D i fig 9.1. Det förutsätts att temperatursänkningen i plattan Δt är 3°C och att tiden T är 10 timmar.

Tabell 9.2 Beräknad temperaturstegring nattetid på grund av värmekapacitet i betongplatta ($t_v - t_u$).

VÄXTHUSALTERNATIV ENL FIG 9.1	B	C	D
VÄRME KAP. HOS BETÖNGPL 20CM K CAL/°C	2.200	2.200	2.200
K_v ENL. TABELL 9.1 K CAL/°CTIM	151	89	56
$t_v - t_u$ °C	4,4	7,4	11,8

Termen $\frac{K_b}{K_v}(20-t_v)$ blir större ju lägre växthustemperaturen t_v är.

Värmeflödet från bostaden genom växthuset är ju då större och bidrar därigenom till temperaturhöjningen nattetid.

I kapitel 6.2 visas hur markslingan ger en relativt god kylande effekt soliga dagar, medan uppvärmningen av växthusluften under natten är ringa.

9.5 Olösta problem

Två olösta frågor skall här anges.

- Kan överskottsenergin från sommarmånaderna lagras ekonomiskt till kallare årstid?
- Kan strålningsenergin fångas upp, innan den åstadkommer skadlig temperaturhöjning men utan att minska fotosyntesen?

Under perioden maj-augusti är den tillgängliga överskottsenergin i växthuset dubbelt så stor som under de övriga åtta månaderna. I augusti- september når marktemperaturen sitt maximum och lufttemperaturen efter solfångaren i växthuset ligger kanske endast 10°C över detta värde. Lagringskapaciteten i mark är därför begränsad.

Med värmepump kan temperaturnivån höjas och därigenom möjliggöra lagring.

Salter med lämplig omvandlingstemperatur kan också ge resultat.

Ingen av dessa metoder är emellertid i dag lönsam.

Om större delen av den direkta solstrålningen kunde omvandlas till värme eller el omedelbart efter passagen genom glasytan, men den diffusa strålningen och resten av den direkta få passera för fotosyntesen, skulle två fördelar nås. Ventilationsbehovet skulle minska och möjligheten att lagra energi öka.

En ekonomisk lösning av detta problem kunde få betydelse för kommersiella växthus och bostadsuppvärmningen.

10 KOSTNADSBERÄKNING

I tabell 10.1 har de tre olika alternativa utförandena på växthuset i fig 9.1 redovisats vad beträffar kostnaderna och värme- genomgången för de ingående byggnadsdelarna. Det förutsätts att växthuset uppförs i samband med nybygge av bostadshuset.

Tabell 10.1 Kostnadsberäkning för tre växthusalternativ (B, C och D enligt fig 9.1).

VÄXTHUSTYP ENL FIG 9.1	B		C		D	
	ENKELGLAS		DUBBELGLAS		DUBBELGLAS	
GLASNING	26,8		26,8		18,4	
TOTAL GLASYTA m ²	26,8		26,8		18,4	
	BYGG- KOSTN TKR	VÄRME- TRANSP KCAL PER °CTIM	BYGG- KOSTN TKR	VÄRME- TRANSP KCAL PER °CTIM	BYGG- KOSTN TKR	VÄRME- TRANSP KCAL PER °CTIM
GAVLAR GLAS	2,7	37,8	4,2	18,5	—	—
GAVLAR ÖVRIGT	1,1	3,5	1,1	3,5	6,0	2,3
TAK	3,1	12,0	3,1	12,0	4,8	2,4
BRÖSTNING SÖDER	1,6	4,8	1,6	4,8	2,4	1,0
GLAS SÖDER	6,0	82,8	9,2	40,5	9,2	40,5
BETONGPLATTA 20 CM FLÄKT, ÅLUCKOR, SPRJÄLL, SKUGGVÄV MM	8,0	10,0	8,0	10,0	8,0	10,0
SUMMA	29,5	150,9	34,2	89,3	37,4	56,2
KAPITALKOSTN EFTER SKATT MINUS ENERGI BESP.	3,0		3,4		3,7	
	0,3		0,3		0,3	
SKILLNAD UPPVÄRMN-KOSTNAD VID +20°C I VÄXTH. HELE ÅRET	2,7		3,1		3,4	
	2,6		1,6		1,0	
SUMMA	5,3		4,7		4,4	

Enligt fig 5.2 var energitillskottet från växthuset av storleksordningen 1.000 kwh/år vid en gemensam väggyta på ca 23 m², ungefär densamma som i beräkningsexemplen. Detta motsvarar en besparing på ca 1.000 · 0,25 = 250 kr/år.

Minskningen i energikostnad är således liten i förhållande till kapitalkostnaden, varför växthuset måste motiveras av andra skäl. Det bör utformas så att det går att använda som solrum, kompletteras med pool etc.

Om växthuset skall hållas varmt året runt blir totalkostnaden lägre med dubbelglas och glasyta endast mot söder.

För odling under perioden mars-november är ett växthus enligt alternativ B, vilket ger den lägsta årskostnaden, tillfyllest.

11. FÖRSLAG TILL PÅBYGGT VÄXTHUS FÖR MELLANSVENSKT KLIMAT.

Med ledning av slutsatserna i kapitel 9 och kostnadsberäkningen i kapitel 10 har ett principförslag till ett påbyggt växthus för mellansvenskt klimat tagits fram.

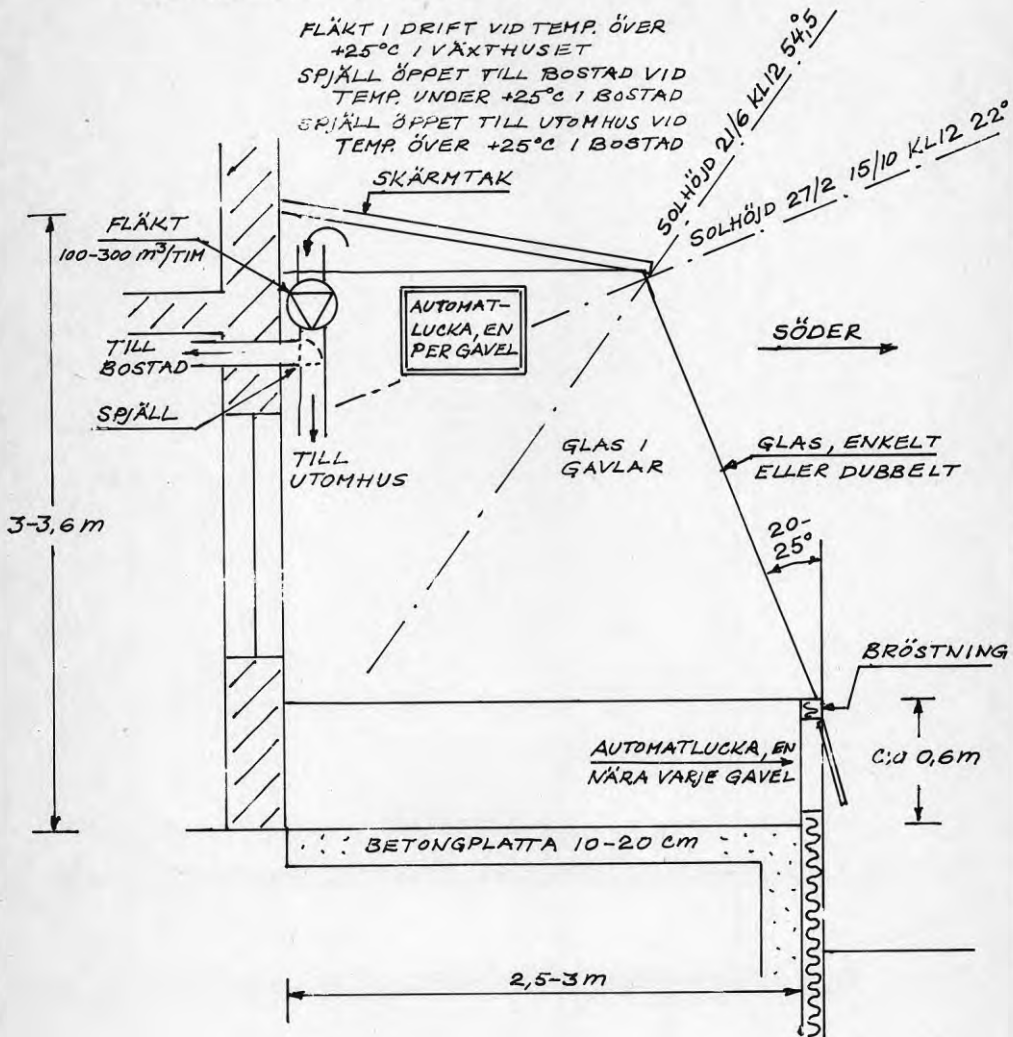


Fig 11.1 Förslag till påbyggt växthus för mellansvenskt klimat.

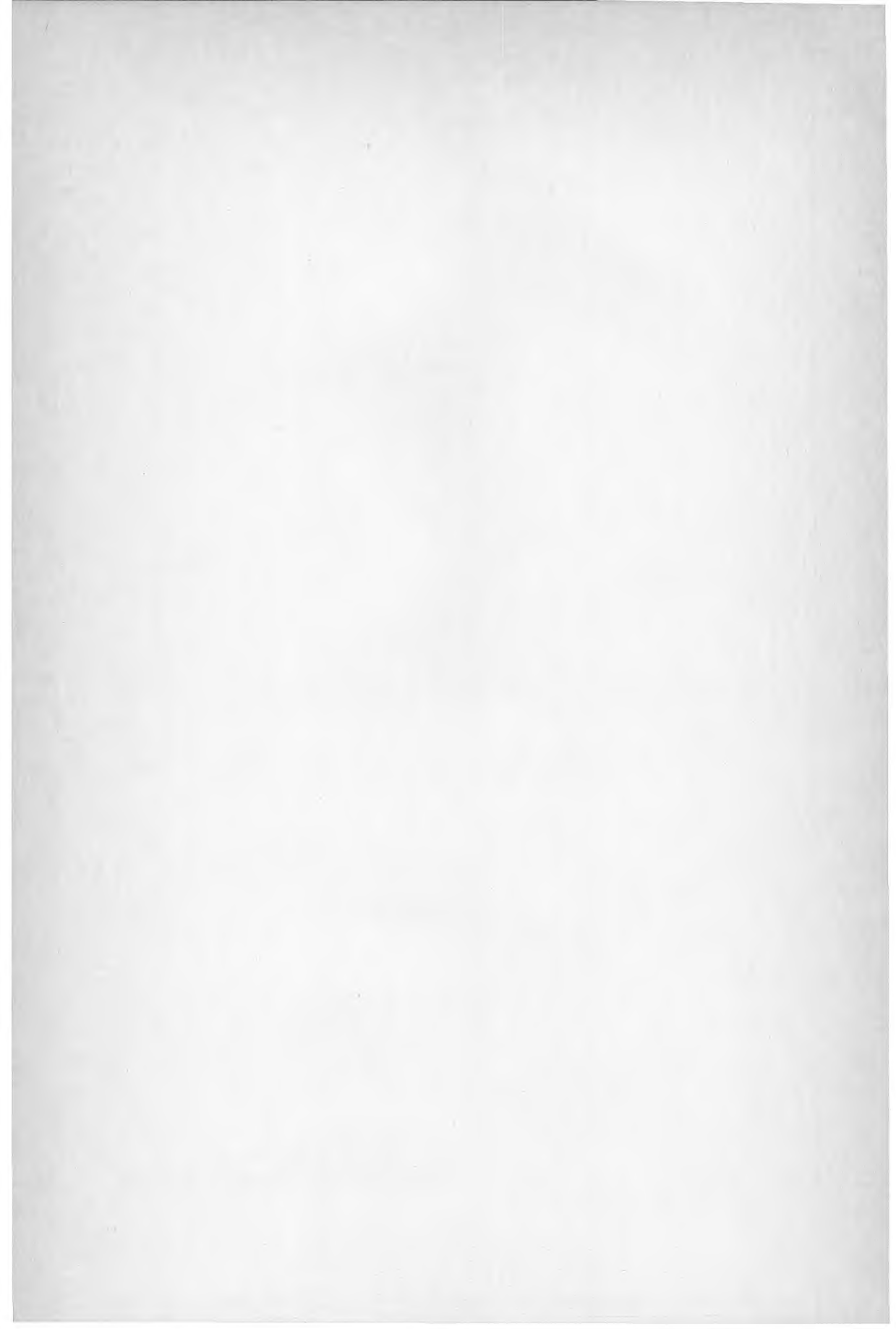
LITTERATUR

Conference on Energy Conserving Solar Heated Greenhouses 1977, Marlboro College. Sid 58-69, 101-108, 237,243.

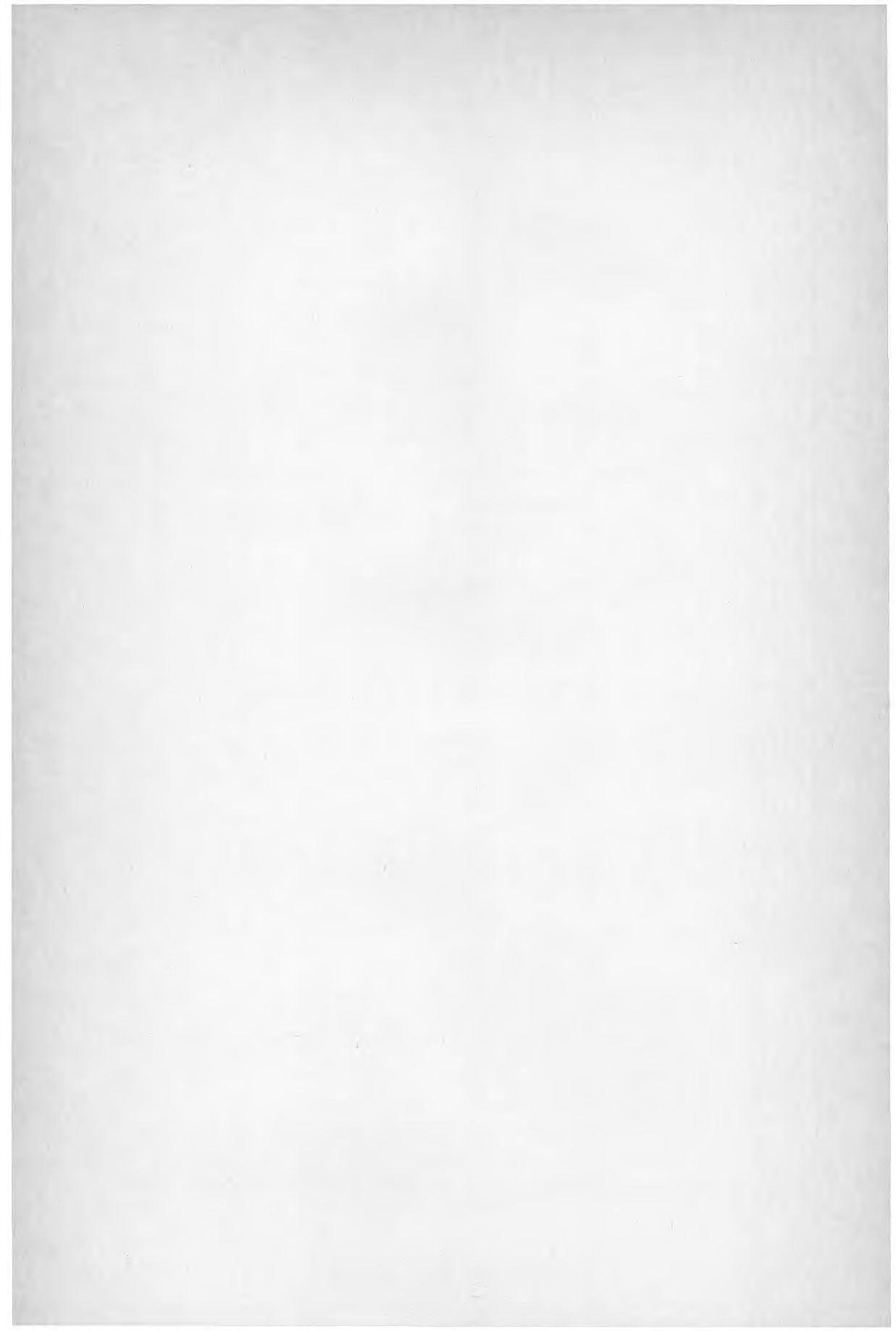
Great Lakes Solar Greenhouse Conferece 1978, Chippewa Nature enter, sid 8-26. Midland, Mich 48640, USA.

Proceedings of the Second National Conference on Energy Conserving Solar Heated Greenhouses 1979. New England Solar Energy Ass. Sid 9-11, 41 -49. Brattleboro, VT, USA.

G Gustavsson, S Svensson, P Åström, 1980. Lågenergiteknik och energibesparing i växthus, LBT. Sid 26-36.







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780532-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till K-A Hamrin, Kungsör.**

Art.nr: 6704117

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirka pris: 30 kr exkl moms

R117: 1984

ISBN 91-540-4228-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm