



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**

**R30:1983**

**Kombinerat ytjordvärme- och  
solvärmesystem för mindre  
husgrupp i Perstorp**

**Resultat av 3 års mätningar**

**Jan Gustén**

**Hans Bäckberg**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

*ser*

*K  
A/W*

**Byggforskningsrådet**

## FÖRORD

Föreliggande arbete har utförts vid avdelningen för byggnadskonstruktion, Chalmers tekniska högskola, på uppdrag av Ernström Modulent AB.

Värdefulla synpunkter har lämnats av John Erik Ekstrand, VVS-KONSULTEN i Hässleholm AB och Gunnar Kärrholm, avd. för byggnadskonstruktion, CTH.

Jan Gustén och Hans Bäckberg

## SUMMARY

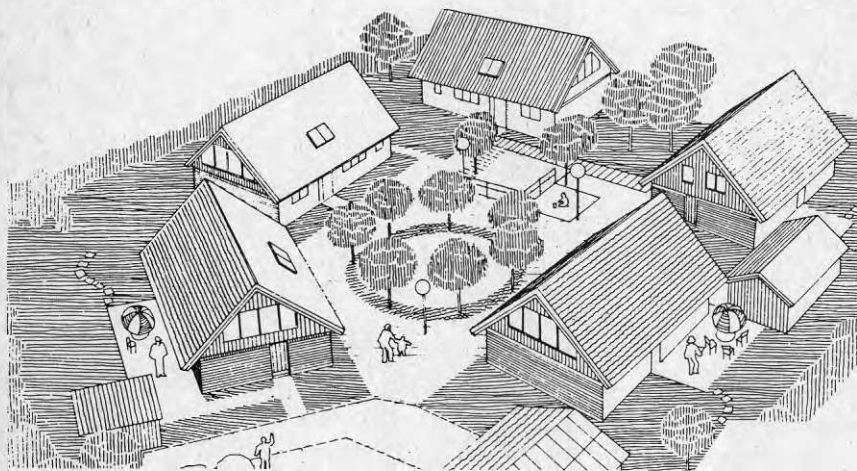
SAMMANFATTNING	1
1. INLEDNING	2
2. PROJEKTBEKRIVNING	4
2.1 Värmeproduktionssystemet	4
2.2 Bostadshuset	7
2.3 Byggnadskostnader, finansiering	9
2.4 Mätprogram	11
3. VÄRMEPRODUKTIONSSYSTEMETS FUNKTION	13
3.1 Rapporterade energiflöden	13
3.2 Redovisning av mätperioden	14
3.2.1 Värmecentralen	14
3.2.2 Kulvertsystemet	19
3.2.3 Totalsystemet	20
3.3 Driftserfarenheter	22
4. BOSTADSHUSENS ENERGIFÖRBRUKNING	24
4.1 Allmänt	24
4.2 Beräkning av energibehovet	24
4.3 Registrerad energiförbrukning	25
5. SLUTSATSER	28
6. REFERENSER	30
Bilaga A Mätutrustning och dess placering	
Bilaga B Data för mätutrustning	
Bilaga C Resultatsammanställning	
Bilaga D Täthets- och ventilationsstudier	

R30:1983

KOMBINERAT YTJORDVÄRME- OCH SOLVÄRMESYSTEM  
FÖR MINDRE HUSGRUPP I PERSTORP

Resultat av 3 års mätningar

Jan Gustén  
Hans Bäckberg



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
790003-2 från Statens råd för byggnadsforskning,  
till Modulent AB, Hässleholm

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

R30:1983

ISBN 91-540-3899-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1983

## SUMMARY

The paper describes a combined surface-soil and solar heating system for a group of five detached houses. The purpose of the work is to study the economy and the dependability of the system. The amount of consumption of electrical energy needed for the heating of the houses and the hot water is also examined.

The heat-installation system was expected to reduce the energy consumption for heating and hot water by 50 to 60 per cent. However, for several reasons the results indicate considerably lower saving.

The amount of energy available from the solar and the ground system has been insufficient due to malfunctioning of the heat pumps and in consequence, the electric battery has been in operation for longer periods than desired. Besides, the losses from the culvert have been larger than calculated.





## SAMMANFATTNING

Rapporten redovisar resultatet av fullskalemätningar på ett kombinerat ytjordvärme- och solvärmesystem för en mindre husgrupp. Syftet har varit att studera systemets energiförbrukning och driftegenskaper.

Försörjningssystemet var avsett att minska energiåtgången för uppvärmning och varmvatten med 50-60%. Besparingen har dock blivit lägre än vad som kalkylerats beroende på låg värmefaktor för värmepumparna, driftstörningar, kulvertförluster och dåligt utnyttjande av tillgänglig solenergi. Den uppgår för hela mätperioden till ca 28%. Efter utbyte av värmepumpar och modifieringar av vissa delar av systemet uppvisar projektet under mätperiodens sista del (februari-juni 1982) en besparing motsvarande 43%.

## 1. INLEDNING

Förutsättningarna för svensk småhusproduktion ändras ständigt. Under 80-talets senare hälft förväntas byggandet styras mot

- fler grupphus i små och medelstora grupper
- tät bebyggelse med små tomter
- relativt traditionella hustyper
- ökad anpassning till omgivande miljö och terräng
- minskad energiförbrukning.

Krav och rekommendationer i Svensk Byggnorm kommer tillsammans med låne- och finansieringsregler att leda till en minskad energiåtgång i nyproducerade och befintliga småhus. De bör också föranleda att fler bostadsområden anpassas till alternativa energikällor.

Småhustillverkaren Ernström Modulent AB har tillsammans med Chalmers tekniska högskola bedrivit forsknings- och utvecklingsarbeten inom energiområdet som bl a innefattat fullskaleprovning av olika uppvärmningssystem. Mätningarna har i flera fall redovisat förutsättningar för en god energibesparings-effekt. Med ekonomiskt stöd från Byggeforskningsrådet startades under 1978 en undersökning av värmecentraler för små och medelstora småhusgrupper i Perstorp i Skåne.

Ambitionen vid projekteringen av Perstorpsprojektet var att göra detta både tekniskt och ekonomiskt realistiskt. Stor hänsyn skulle tas till boendemiljön och den arkitektoniska utformningen av husgruppen. Stränga krav skulle ställas på funktions- och driftsäkerhet. Med dessa utgångspunkter formulerades föl-

jande krav och önskemål för projektet.

Krav:

- Insamlade erfarenheter av intresse för gruppstorlekar mellan 10 och 50 hus
- funktionsansvar från en leverantör, hög driftsäkerhet
- standardprodukter
- statlig belåning
- god energibesparing till "rimlig" ekonomi
- traditionella hustyper i fri husgruppering
- utnyttjande av den energikälla som för tillfället ger bäst lönsamhet.

Önskemål:

- Mindre experimentgrupp
- närliggande servicefunktion, enkel skötsel
- reducering av de enskilda komponenternas storlek
- låg överkostnad
- omedelbar driftslönsamhet
- kort kulvertledning, ingen kollision mellan jordslingor, VA och elledningar
- enkelt reglersystem.

Rapporten redovisar, i kapitel 3, driftegenskaper och erhållen energibesparing för ett kombinerat ytjordvärme- och solvärmesystem. Mätperioden relateras till bostadshusens energiförbrukning, kapitel 4. En sammanfattning av utförda täthets- och ventilationsstudier ges i bilaga D.

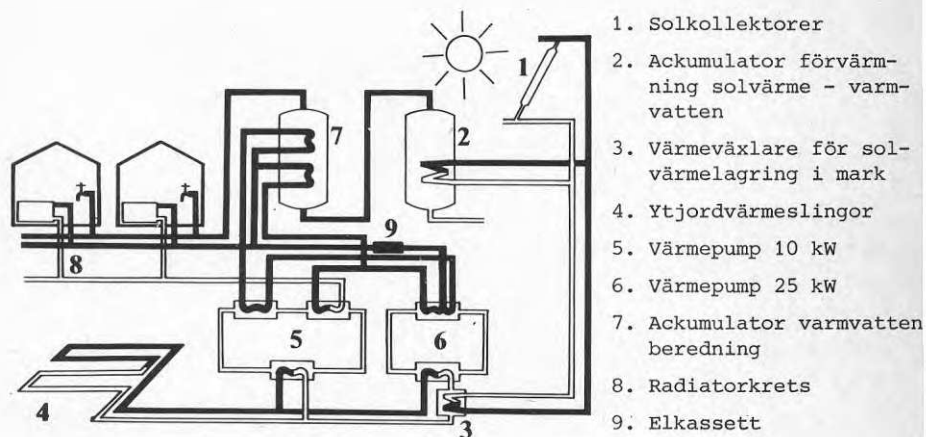
## 2. PROJEKTBEKRIVNING

### 2.1 Värmeproduktionssystemet

För att uppfylla projektets målsättning kombinerades ett solvärme- och ett ytjordvärmesystem. Ytjordvärmeslingorna kunde därigenom göras relativt korta. Energitransporten från värmecentralen till bostadshusen sker via en fyrarörskulvert med värme- och varmvattentrör.

Modificeringar, i form av förbättrad isolering under husen och för vissa röranslutningar samt förändringar av reglersystemet, har genomförts under mätperioden. Värmeproduktionssystemets principiella uppbyggnad framgår av figur 1 och komponentdata av tabell 1.

Anläggningen är i första hand avsedd att utnyttja ytjordvärme för uppvärmning och solvärme för förvärmning av tappvarmvatten. Eventuell överskottsvärme från solfångarna transporteras till markslingorna.



Figur 1. Principiell systemuppbyggnad

Tabell 1. Komponentdata

Solfångare:	32 m <sup>2</sup> av fabrikat Yazaki monterat i 27 graders lutning mot söder.
Värmepump:	Två värmepumpar, fabrikat AGA-Thermia typ DUO 25 och JBC 400, på 25 respektive 10 kW uteffekt.
Akkumuleringsvolym:	Solfångarsystemet är kopplat till en ackumulatortank på 1,3 m <sup>3</sup> , vilken fungerar som förvärmare. Varmvattenberedning sker i en tank på 0,95 m <sup>3</sup> .
Markslingor:	1 250 m slang fördelad på fem slingor för ytjordvärme på djupet 0.8 - 1.0 meter med centrumavståndet 1.2 - 1.5 meter.
Elkassett:	Termias elkassett med två elpatroner på vardera 7,5 kW.
Frysskydd:	Under mätperiodens första del 25% propylenglykol med fryspunkt vid -10°C senare utbytt till en 21% saltlösning med frysning vid -12°C.
Kulvert:	100 meter kulvert, fabrikat Wirsbo-Pex, på djupet 0.6 m.

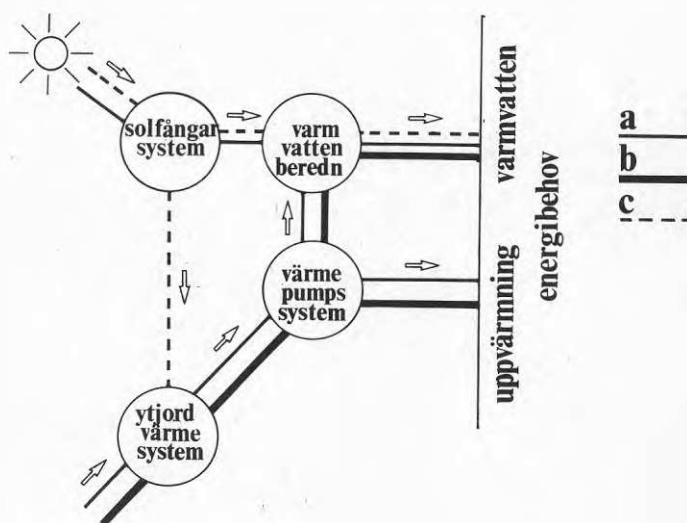
En översikt över energitransporten ges av figur 2. Det schematiska diagrammet visar värmeflöden under olika delar av året. En elpatron, avsedd som reservkälla vid eventuella driftsavbrott, kompletterar systemet.

Funktion:

## a) Sommar

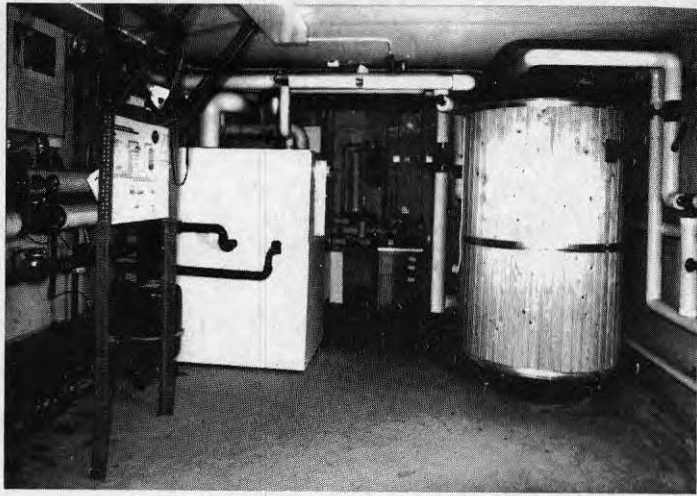
Under sommaren, uppvärms varmvatten med energi från solkollektorsystemet. Eventuellt överskott, som ej kan tillgodogöras i ackumulatortankarna överförs till marken via en värmeväxlare mellan solfångare och jordvärmeslingor.

- b) Vår, höst och soliga vinterdagar  
Varmvatten förvärms av solkollektorerna. Värmepumparna ökar temperaturen på förbrukningsvarmvatten och värmer vatten till radiatorsystemet.
- c) Vinter  
Om ingen energi finns tillgänglig från solsystemet, utnyttjar värmepumparna energi från marken för att producera varmvatten och värme till radiatorsystemet.



Figur 2. Exemplifiering av driftsfall

Värmecentralen, som är utformad som en förlängning av garagebyggnaden, utgör ett isolerat utrymme om  $24 \text{ m}^2$ , figur 3.



Figur 3. Värmecentral

## 2.2 Bostadshuset

Bostadshuset, som är fem till antalet, har valts bland Modulents 1 1/2-plans typhus. Bottenvåningen är uppbyggd av fabrikstillverkade volymelement, medan delar till övervåningen levererats i form av förtillverkade gavelspetsar och takelement. Husen är kryprumsgrundlagda. Inga andra avvikelser har gjorts från standardproduktionen än att elpanna och varmvattenberedare utgått, vissa rörledningar ändrats och värmemängdsmätare installerats.



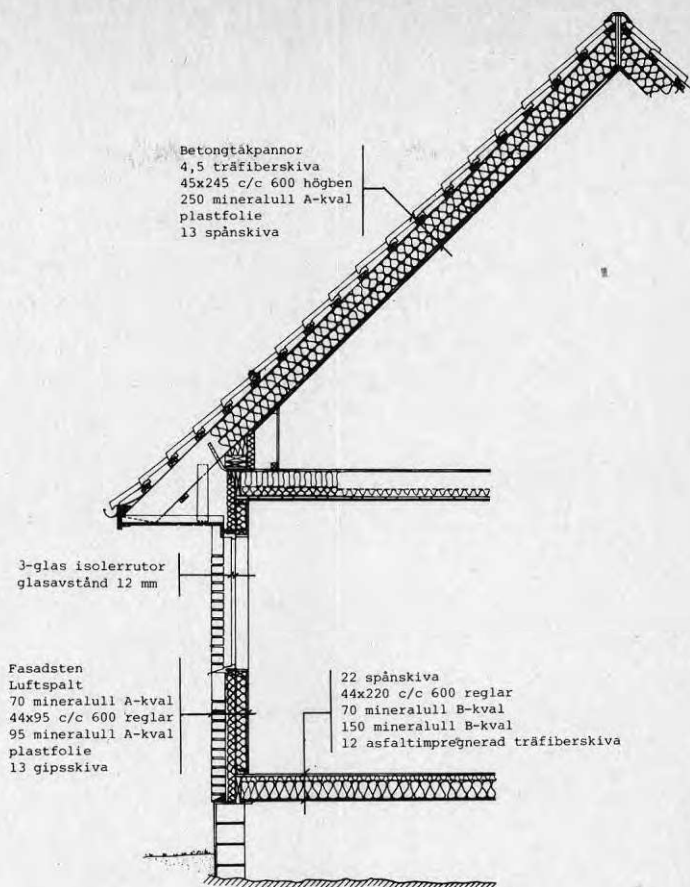
Figur 4. 1 1/2-plans Modulenthus

Ventilationen är utförd som F-ventilation med tilluft via springventiler i fönstren. Uppvärmningen sker med ett vattenburet ett-rörs radiatorsystem. Radiatorerna är dimensionerade för en maximal systemtemperatur av  $55/45^{\circ}\text{C}$ . Varje hus är utrustat med automatik för individuell nattsänkning. Under mätperioden har husen varit bebodda.

Hustypens energibalans är förhållandevis väl fastställd genom tidigare utförda teoretiska beräkningar, mätningar samt insamlad energiförbrukningsstatistik.

Husens värmetekniska standard uppfyller kraven i SBN 80, se figur 5. Täthetsnivån för samtliga bostadshus uppgår till 2 oms/h vid 50 Pa tryckskillnad mellan byggnadens in- och utsida.





Figur 5. Tvärsektion genom bostadshus

### 2.3 Byggnadskostnader, finansiering

Länsbostadsnämndens slutligt godkända produktionskostnad har för varje hus i grupphusområdet uppgått till 415.300 kr (1979:års kostnadsnivå), vilken finansierats enligt följande:

Bottenlån	260.400 kr
Statligt bostadslån	93.000 "
Experimentbyggnadslån	27.200 "
Kontantinsats	34.700 "
	<u>415.300 kr</u>
	=====

Bottenlån och statligt bostadslån omfattas av systemet för räntebidrag. Räntan är då 5,5% under första året och ökar året därefter med 0,75% för att sedan stiga med 0,5% årligen. Lånen amorteras efter 30 år med årliga annuiteter.

Återbetalningsskyldigheten av experimentbyggnadslånet är direkt avhängig projektets lönsamhet. Ränte- och amorteringsvillkor för den del av lånet som ska återbetalas överensstämmer med reglerna för det statliga bostadslånet. Den ekonomiska utvärdering som gjorts på BFR:s initiativ, Gustafsson och Mattsson (1982), tyder på att avsedd besparing ej uppnåtts och att experimentbyggnadslånet kommer att efterskänkas.

Merkostnaden i försäljningspriset för energiproduktionsanläggningen i förhållande till en elpanna i varje hus, (368.100 kronor), uppgår till 47.200 kronor, varav 20.000 kr täcks av förhöjd ökad normalbelåning och ökad kontantinsats och resterande 27.200 av experimentbyggnadslån förmedlat av BFR.

Experimentkostnaden kan grovt indelas i följande poster,

Undercentral med solfångare, värmepump, ackumulator, reglerutrustning, jord-slingor och elkassett	170.000 kr
Montagekostnad	20.000 "
Undercentralbyggnad	13.000 "
Kulvert	30.000 "
Reglerutrustning i husen	3.000 "
Ytförstoring av radiatorer för lågtemperatursystem	6.000 "
Avgår elpannor	-30.000 "
Mervärdesskatt	24.000 "
Experimentkostnad	236.000 kr
Experimentkostnad/hus	47.200 kr

## 2.4 Mätprogram

Mätprogrammet planerades för att kvantifiera

- andelen tillförd "gratisenergi" från ett sol- och ytjordvärmesystem
- energiförlusterna mellan energikällor och brukare
- behovet av inköpt drivenergi
- den uppnådda besparingen i förhållande till de boendes energiförbrukning.

Uppläggningsen av mätningarna har gjorts så att de nackdelar, som kan förväntas vid denna typ av gemensamhetsanläggningar i form av förluster i värmecentral och kulvert registreras. Bearbetningen av registrerade data skulle ge besked om projektets lönsamhet och om förutsättningarna för tillämpningar i större husgrupper.

Mätningarna inriktades på information om funktionen hos värmesystemets olika komponenter, som värmepumpar och solfångare. De innefattar däremot ej registrering av temperaturnivåer, exempelvis i ytjordvärmesystemet. En fullständig utvärdering av centralens prestanda och ändamålsenlighet i de olika komponenternas dimensionering fordrar bestämning av drifttiderna för värmepumparna och vid vilka temperaturnivåer de olika apparatdelarna arbetat. Leverantören av dessa har gjort stickprovsvisa registreringar och svarar för denna del av rapporteringen.

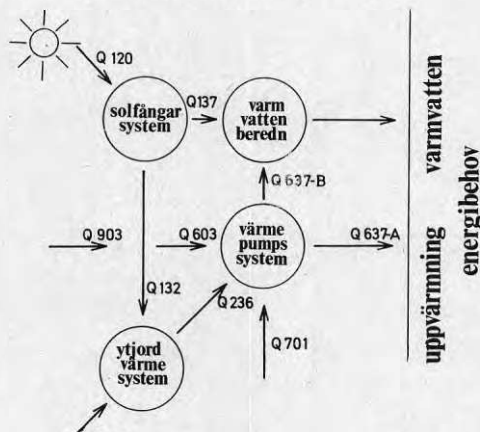
Mätutrustningen har bestått av värmemängds- och elmätare samt en solarimeter enligt bilaga A. Avläsning skedde två gånger per dygn genom fotoregistrering av en specialbyggd räkneverkspanel. Systemet för insamling av mätdata har utformats för att ge hög grad av tillförlitlighet och för att möjliggöra enkel och snabb bearbetning av mätdata. Kompletterande, erforderliga klimatdata har hämtats från närläggna klimatstationer i Svalöv och Ljungbyhed.

Värmemängdsmätarna har av tillverkaren funktionskontrollerats och kalibrerats på plats. Vid vissa tidpunkter har flödena i systemet varit så små att mäta-  
na inte givit någon rättvisande bild av pågående energi-  
transporter. Mätssystemets uppbyggnad har dock möjlig-  
gjort en dubbelkontroll varför ovannämnda problem inte  
har blivit besvärande. Data för mätutrustningen fram-  
går av bilaga B.

### 3. VÄRMEPRODUKTIONSSYSTEMETS FUNKTION

#### 3.1 Rapporterade energiflöden

I figur 6 definieras de energiflöden som innefattas i utvärderingen. Rapporteringen följer den mall som utarbetats inom The International Energy Agency (IEA).



Figur 6. Energiflödesdiagram

Följande energikvantiteter och samband har introducerats:

- Q 120 = global solstrålning
- Q 137 = energiflöde från solkollectorerna avsett för förvärmning av varmvatten
- Q 132 = energiflöde från solkollectorerna till ytjordvärmesystemet
- Q 236 = energi från mark till värmepumpar
- Q 603 = drivenergi till värmepumpar
- Q 637 = energi från värmepumparna till uppvärmning och varmvatten
- Q 903 = drivenergi för pumpar mm
- Q 701 = inköpt elenergi (tilläggsenergi) för uppvärmning och varmvatten (vid driftsavbrott mm)

Värmefaktorn, SPF (Seasonal Performance Factor), för värmepumparna ges av sambandet

$$\text{SPF} = \frac{Q\ 637 - Q\ 701}{Q\ 603} \quad *)$$

Solkollektorernas effektivitet, CE (Collector Efficiency), fås ur formeln

$$\text{CE} = \frac{Q\ 137 + Q\ 132}{Q\ 120}$$

Värmecentralens funktion kan beskrivas med kvoten TSF (Total solar fraction) enligt

$$\text{TSF} = \frac{Q\ 137 + Q\ 637 - Q\ 903 - Q\ 603 - Q\ 701}{Q\ 137 + Q\ 637 + Q\ 701} \quad *)$$

Värden enligt ovan finns sammanställda månadsvis i bilaga C.

### 3.2 Redovisning av mätperioden

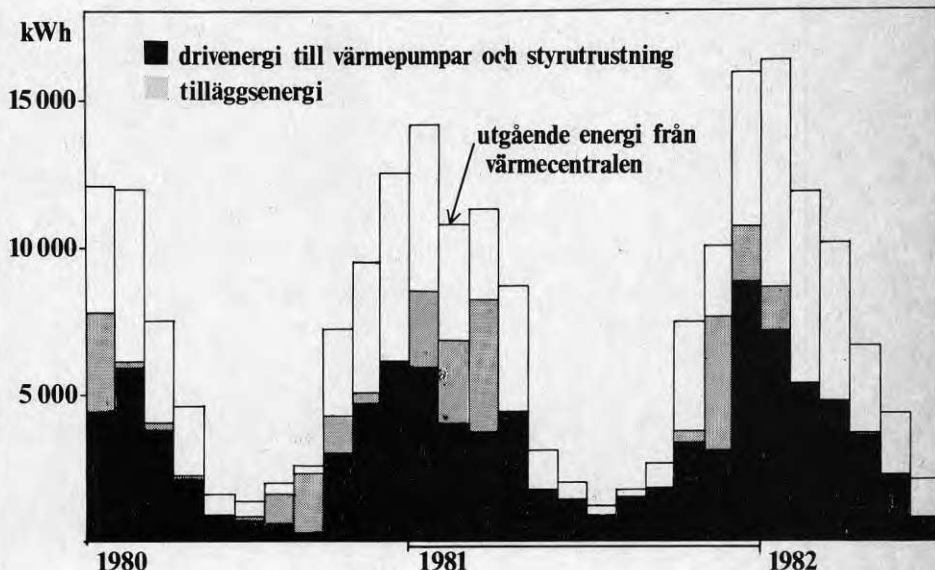
#### 3.2.1 Värmecentralen

Studierna i värmecentralen har i huvudsak omfattat kvantifiering av andelen energi från sol och jord, drivenergi för pumpar, värmepumpar etc., erforderlig energi till reservkällan (elpatroner) samt energiförluster i centralen.

---

\*) Eftersom tilläggsenergin Q 701 ingår i Q 637, jämför figur 6 och bilaga C

En jämförelse mellan användbar energi från värmecentralen, drivenergi för värmepumpar, cirkulationspumpar och styrutrustning samt den reservenergi som tagits i anspråk redovisas i figur 7.

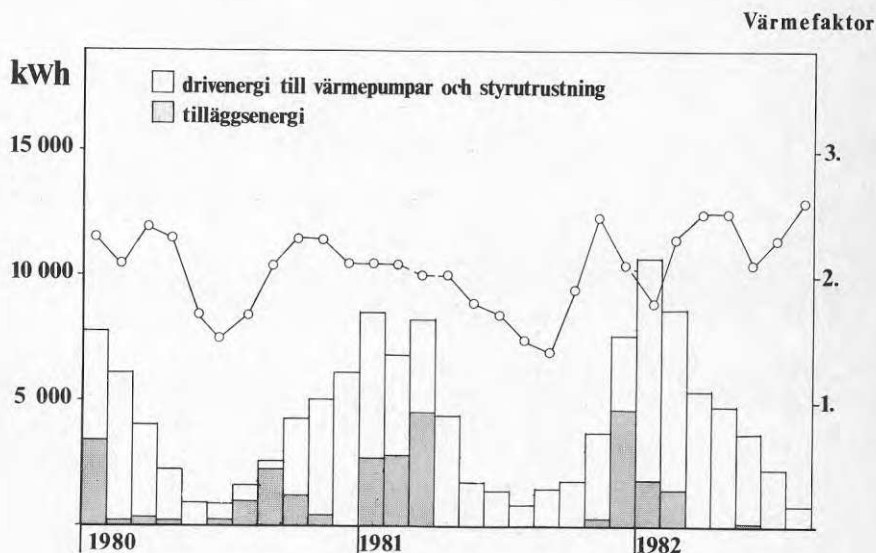


Figur 7. Jämförelse mellan erhållen energi från värmecentralen och inköpt elenergi

Elpatronerna är, som tidigare påpekats, endast avsedda som en reservkälla. En direkt följd av ett flertal driftsavbrott under mätperioden är att mätresultaten blivit förhållandevis otillfredsställande och att elpatronerna varit i funktion ofta och ibland under långa tidsperioder. Värmepumparna har i ursprungsversionen varit att betrakta som prototyper. Detta förhållande i kombination med störningar (funktionsavbrott,

modifieringar av delar av systemet) har negativt påverkat resultaten. Pumparnas värmefaktor har också blivit lägre än den projekterade, jämför figur 8, vilket delvis kan förklaras med alltför korta gångtider. Under mätperiodens första del har en mindre lämplig typ av glykol använts. Denna har senare ersatts med en saltlösning. Figuren ger också en bild över driftsavbrotts fördelning över mätperioden.

Vid månadsskiftet november-december 1981 byttes den större värmepumpen på 25 kW ut mot en mer utprovad och på den kommersiella marknaden tillgänglig version. Samtidigt modifierades hela uppbyggnaden av reglerstyret för värmepumparna. Detta har, vilket avspeglas i figur 8, lett till en ökad driftssäkerhet och förbättrad värmefaktor under 1982-års första hälft.

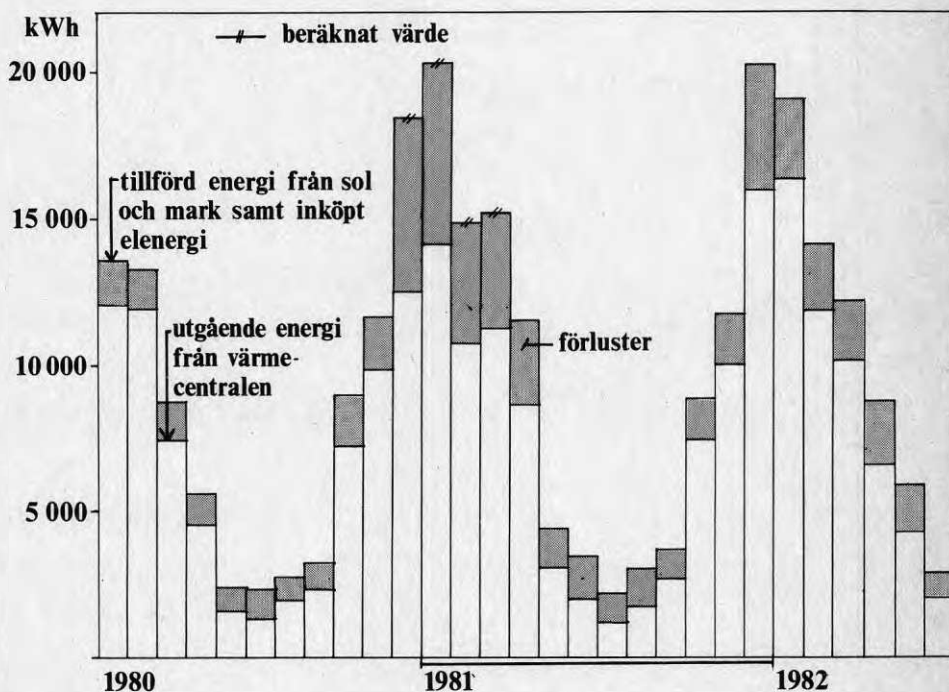


Figur 8. Värmepumparnas värmefaktor jämförd med inköpt driv- och tilläggsenergi

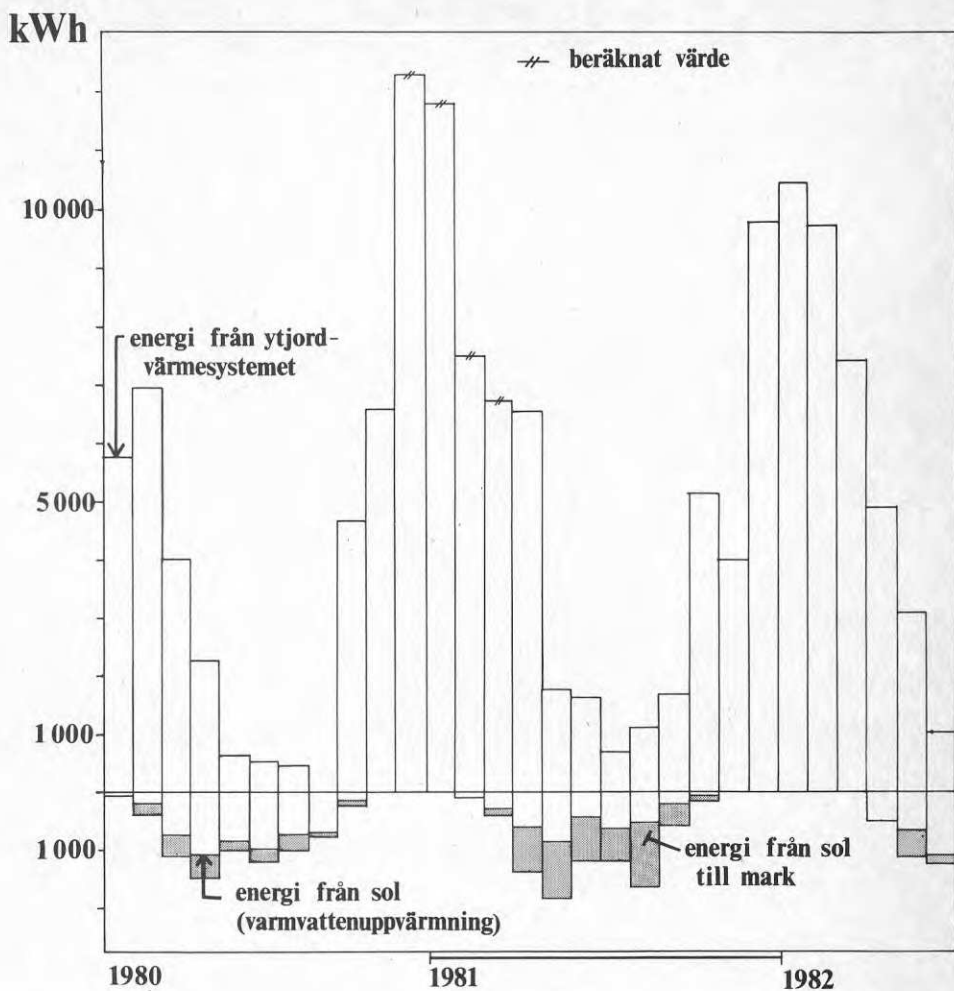


Den vid projektets början beräknade besparingen baserades på en av leverantören angiven värmefaktor för värmepumparna motsvarande 2,7. Pumparnas driftsäkerhet uppgavs vara god. Under projektets gång har en värmefaktor på 2,4 angivits som mer realistisk för en anläggning av denna typ. Den skriftliga garantin gäller värdet 2,0.

Transmissionsförlusterna från värmecentralen har successivt minskats genom förbättrad rörisolering och ökad isolering av själva centralen. Energiförluster, enligt figur 9, inkluderar vid sidan om transmissionsförluster även förluster orsakade av att systemen ej utnyttjats optimalt. Detta har sin grund i en olämplig prioritering mellan sol- och jordvärme, se figur 10, varvid soldelen inte utnyttjats till fullo.



Figur 9. Energiförluster i värmecentralen

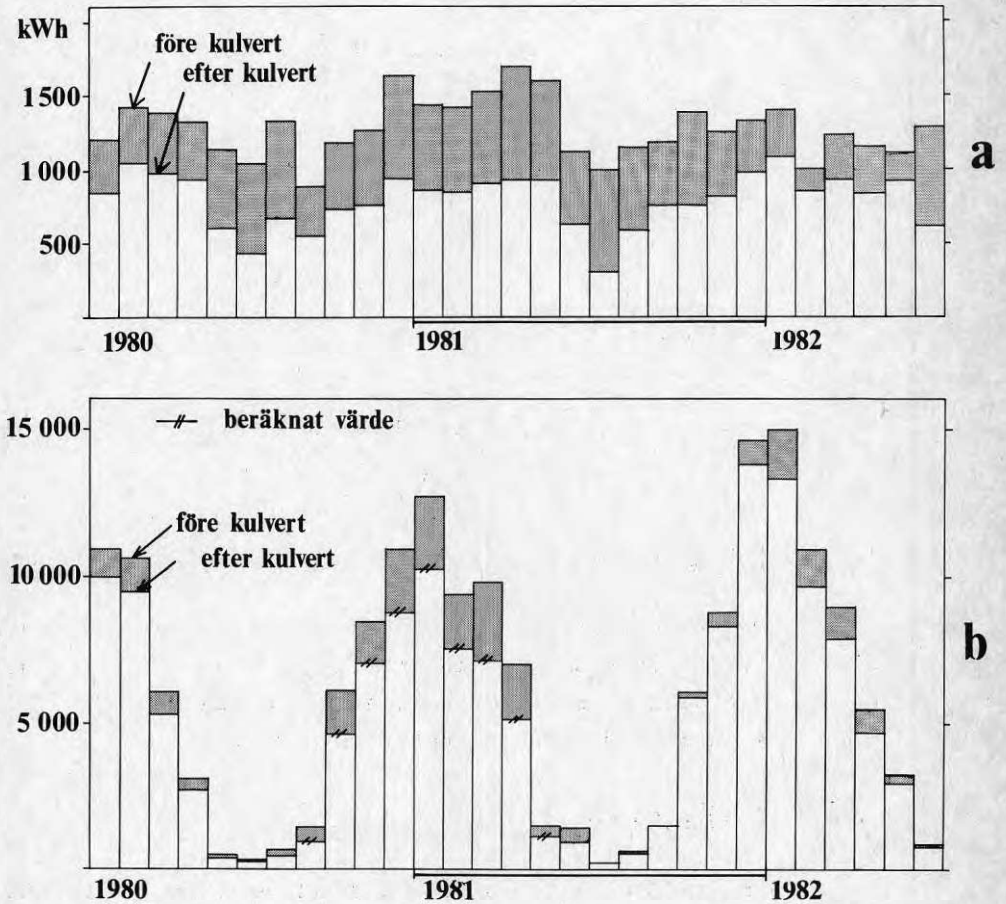


Figur 10. Energiflöden från sol- och jordsystemen

En modifiering av solanläggningen inriktad på ökade möjligheter att tillvarata tillgänglig energi borde kunna förbättra anläggningens effektivitet. Därmed skulle en ökad andel solvärme kunna utnyttjas för varmvattenberedning.

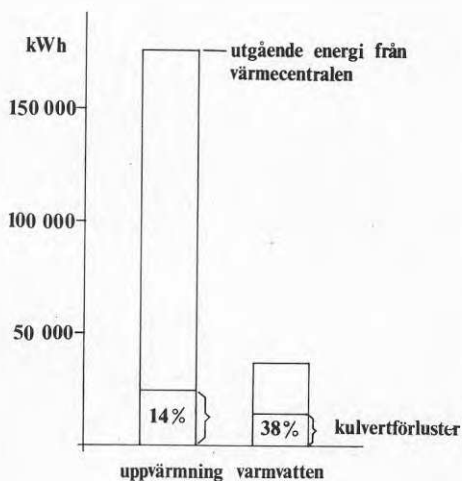
### 3.2.2 Kulvertsystemet

Förlusterna från kulverten har visat sig vara större än väntat, jämför figur 11 och 12. Besparingen av energi reduceras avsevärt genom att en betydande del av inköpt elenergi, betecknad Q 701 i figur 6, går förlorad på sin väg till förbrukarna.



Figur 11. Månadsvis sammanställning av kulvertförluster för varmvatten och uppvärmning  
 a) Förluster från varmvatten  
 b) Förluster från värmesystemet

Överslagsmässigt har det under mätperioden, omfattande 29 månader, försvunnit 14 150 kWh (38%) från varmvattenkylverten och 24 670 kWh (14%) från kylverten för uppvärmning.

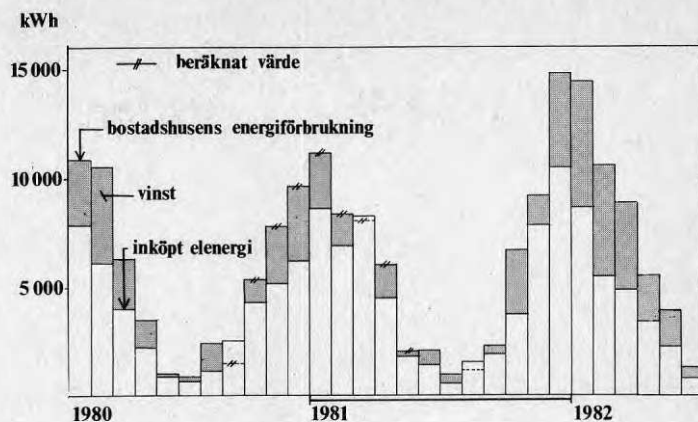


Figur 12. Kylvertförluster

Då kylvertförlusterna endast kan reduceras marginellt bör i framtiden andelen nyttiggjord energi från sol och jord ökas. I första hand bör detta ske genom att systemets driftssäkerhet förbättras.

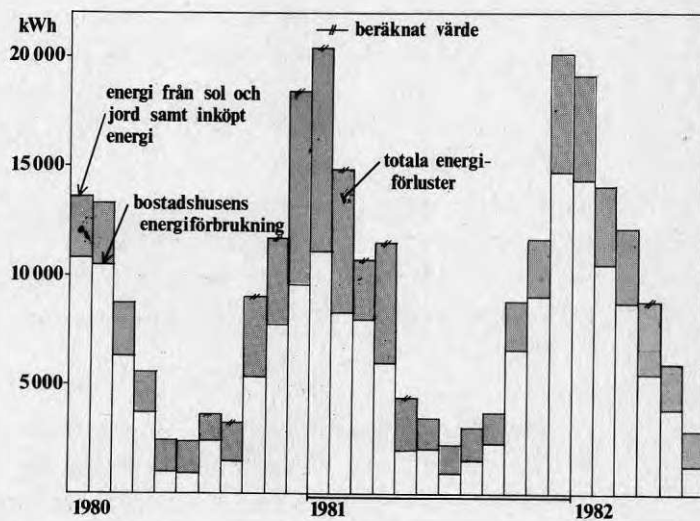
### 3.2.3 Totalsystemet

En jämförelse mellan å ena sidan energiåtgången för varmvatten och uppvärmning, å andra sidan drivenergi till värmepumpar och inköpt elenergi ger nettobesparingen av energi för de fem bostadshusen, jämför figur 13.



Figur 13. Systemets nettosparning

Systemets totala förluster illustreras i figur 14. Den verkliga förbrukningen av energi jämförs här med den totala mängden av inköpt energi och utvunnen energi från sol och mark.



Figur 14. Systemets totala förluster

En jämförelse mellan besparing och förluster, figurerna 13 och 14, visar att systemet är speciellt olönsamt under årets varma månader. En alternativ uppbyggnad skulle därför kunna gå ut på att värmesystemet stängdes av under sommaren och att varje hus utrustades med en varmvattenberedare.

Den totala besparingen av energi för uppvärmning och varmvatten under mätperioden februari 1980 till juni 1982 framgår av nedanstående sammanställning. Indelningen kan motiveras med det tidigare beskrivna värmepumpsbytet under slutet av 1981.

Tabell 2. Total energibesparing

period	inköpt elenergi		förbrukad energi kWh	besparing	
	inkl.elkassett kWh	exkl.elkassett kWh		kWh	%
feb 80 - dec 81	98 929	73 071	128 985	30 056	23
jan 82 - juni 82	25 460	23 926	44 370	18 910	43
feb 80 - juni 82	124 389	96 997	173 355	48 966	28

Resultatet har alltså blivit sämre än vad som kalkylerats, vilket sammanfattningsvis kan förklaras av låg värmefaktor, stora kulvertförluster och ett dåligt utnyttjande av solenergin.

### 3.3 Driftserfarenheter

De boende har genom driftsavbrott utsatts för avsevärda påfrestningar. Driftproblemen har flera orsaker. Kompressor- och brinepumpshaverier samt felaktiga rördragningar har medfört långvariga driftstopp. Fel på termostat och kompressorer har resulterat i att den större värmepumpens motorskydd lösts ut. Efter bytet av värmepump och modifieringar av reglersystemet har dessa avbrott i stort försvunnit.

Utöver avbrott i värmesystemets funktion har komfortproblem förekommit. Svårigheter har förelegat att i några av husen få önskad innetemperatur i enskilda rum eller i byggnaden som helhet. Under vissa nätter med mycket låg temperatur har till och med extra el-radiatorer använts. Problemen har i vissa fall berott på felaktigt inreglerade vattenflöden men också på att värmen ej räckt till. Erfarenheter från projektet visar att ett noggrant dimensionerat värmesystem är mycket känsligt för avvikelser i injusteringen av vattenflöden såväl för varje hus som för respektive ett-rörsslingor. Injusteringen har därför gjorts om under mätperioden.

Temperaturen på varmvattnet har vidare varit för låg, ungefär  $40^{\circ}\text{C}$ , och det har trots påpekande från de boende inte kunnat höjas till önskat värde ( $55^{\circ}\text{C}$ ).

Förutom utbyte och förändring av vissa delar av värmesystemet har ett avtal om förlängning av AGA:s garanti-ansvar tecknats mellan Modulent, AGA-Thermia och husägarna. Det ursprungliga tvååriga avtalet har förlängts genom en fabriktions- och funktionsgaranti gällande till och med februari 1983 respektive juni 1984. Bytet av värmepumpar har sin grund i att AGA ansett sig förpliktad att förse husgruppen med en värmepump med en värmefaktor, som ej understiger 2,0.

#### 4. BOSTADSHUSENS ENERGIFÖRBRUKNING

##### 4.1 Allmänt

Besparingen har i föregående kapitel relaterats till de fem bostadshusens energiförbrukning. Storleken på denna förbrukning bestämmer och i viss mån begränsar projektets förutsättningar. Ett långvarigt utvecklingsarbete samt en kontrollerad hustillverkning har givit Modulent goda förutsättningar att erbjuda möjligheter till en låg energiåtgång. Även de boende påverkar energiproduktionssystemets resultat. En låg varmvattenförbrukning under sommaren reducerar exempelvis möjligheten att till fullo utnyttja solvärmesystemet. I detta kapitel jämförs uppmätta energiförbrukningar med vad som kan betecknas som normalförbrukning för hustypen i fråga.

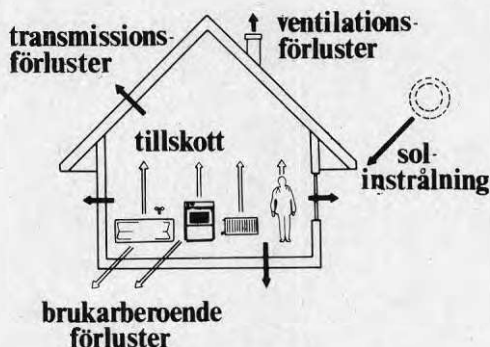
##### 4.2 Beräkning av energibehovet

Energibehovet för de aktuella bostadshusen kan med god noggrannhet fastställas genom teoretiska beräkningar, mätningar och insamlad statistik över energiförbrukning. Beräkning av energiförbrukning bygger till viss del på mer eller mindre väl underbyggda antaganden, vilket bör beaktas vid jämförelser mellan beräknad och verklig energiförbrukning. Detta gäller speciellt för de delar, som kan påverkas av de boende. En enkel beräkningsmodell finns beskriven av Bäckberg och Gustén, (1979). Metoden har programmerats och gjorts tillgänglig vid Göteborgs Datacentral GDC, se Bergénstjerna och Magnusson (1981). Manualen för programmet ger en överskådlig beskrivning av beräkningsmodellens fördelar och begränsningar.

Energibalansen kan uppdelas i transmissions- och ventilationsförluster, tillskott från solinstrålning genom fönster samt brukarberoende behov och tillskott.



Den brukarberoende förbrukningen kan i sin tur uppdelas i hushållsel- och varmvattenförbrukning. Tillsammans med personvärme svarar spillvärme från dessa för tillskotten. De boendes energiförbrukning har fördelats jämnt över året, vilket påverkar balansen speciellt beträffande spillvärmets tillgodogörande. En totalbild över energiflödena, enligt figur 15, har dock vid tidigare tillämpningar visat sig ge tillförlitliga resultat.

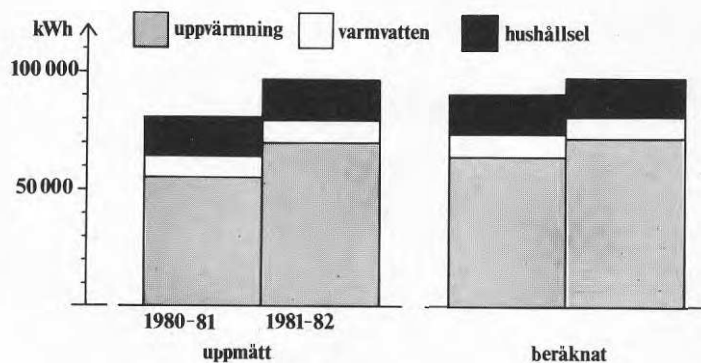


Figur 15. Energibalansen och dess delar

Energibalansen kan med kompletterande beräkningar och bedömningar användas för grupphusområden. Inverkan av de stora variationer i förbrukning som förorsakas av extrema hög- eller lågenergiförbrukare blir mindre påtagliga i den mån antalet involverade byggnader ökar.

#### 4.3 Registrerad energiförbrukning

Den uppmätta energiåtgången för de fem bostadshusen redovisas i figur 16 för perioderna februari 1980 - januari 1981 och februari 1981 - januari 1982. I figuren finns även beräknad "normalförbrukning", enligt kapitel 4.2, markerad för husgruppen vid motsvarande antal gradtimmar.



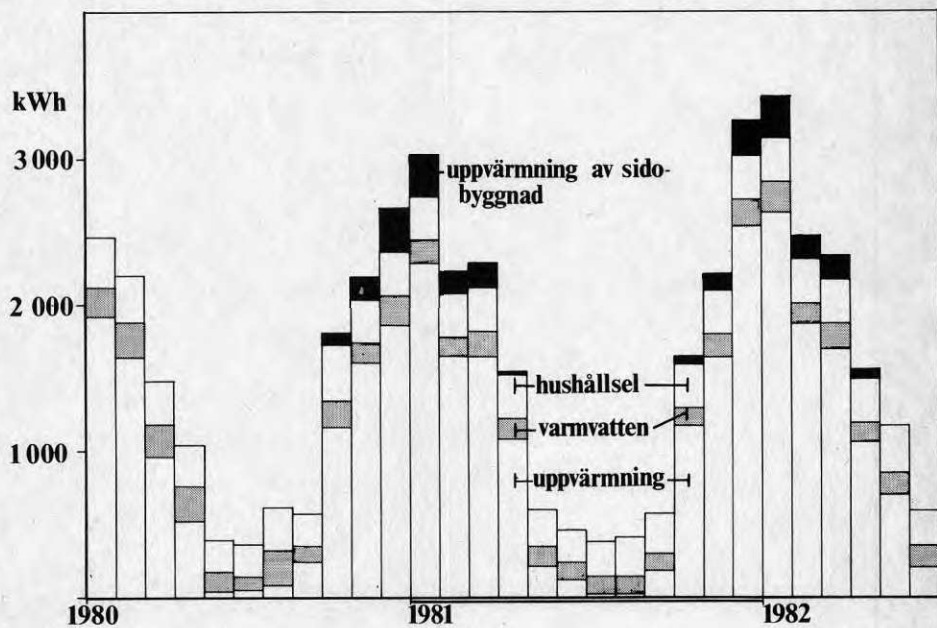
Figur 16. Uppmätt och beräknad energiförbrukning

Det verkliga energibehovet för mätobjekten överensstämmer förhållandevis väl med det beräknade. Beräkningsmodellen förefaller därför ge ett användbart underlag vid dimensionering av energiförsörjningssystem av denna typ.

De boende anser sig i princip vara normalförbrukare såväl beträffande uppvärmning som varmvattenberedning. Beroende på familjestorlekar och levnadsvanor finns dock betydande skillnader mellan de olika husen.

Den totala luftväxlingen ska motsvara 0,5 oms/h. Ventilationsstudier, se bilaga D, visar att flätkapaciteten under mätperioden varit lägre än projekterat, varför 0,25 oms/h använts vid beräkning av de totala ventilationsförlusterna.

I figur 17 redovisas energiförbrukningen månad för månad för ett av bostadshusen. Utvärderingen har försvårats genom att husägarna under mätperioden inrett och där efter uppvärmt sidobyggnaderna. Uppvärmningen har skett med direktel och belastar därför andelen hushållsel.



Figur 17. Energiförbrukning för hus 2

## 5. SLUTSATSER

Värmesystemet var avsett att reducera energiförbrukningen avseende uppvärmning och varmvatten med 50 - 60%. Av flera orsaker har besparingen blivit betydligt lägre. Resultaten från energiprojektet visar att energiförluster från värmecentraler, ackumulatortankar och kulvertar blir väsentligt större än beräknat. Kommer inte denna spillvärme på något sätt husgruppen till godo uteblir huvuddelen av förväntade besparingseffekter. Det bör dock finnas förutsättningar för att använda delar av spillvärmern för exempelvis uppvärmning av garage- och förrådsbyggnader.

Andelen utnyttjad energi från sol- och ytjordvärmesystemen har varit otillräcklig huvudsakligen beroende på driftstörningar. Detta har haft till direkt följd att tillsatsvärmern använts i allt för stor omfattning.

En jämförelse mellan energitillskotten från sol- och jordvärmesystemen utfaller till ytjordvärmedelens fördel. Förutom en avsevärt reducerad anläggningskostnad skulle ett renodlat jordvärmesystem innebära ett förenklat reglersystem och därigenom ökad driftsäkerhet.

En central varmvattenberedning komplicerar energiproduktionssystemet och har inverkan på vid vilken temperatur värmepumparna arbetar. Varmvattenberedning - eventuellt i form av toppvärmning av förvämt vatten - sker därför lämpligen i varje hus. Detta innebär att värmedistributionen kan ske med en två-rörskulvert med lägre förluster som följd. Värmepumparna kan då stängas av under sommarmånaderna.

Projekteringen av en ur energisynpunkt lämpligt utformad gruppbebyggelse bör utgå från energibalanser för de enskilda husen. Energiomsättningen i den enskilda

byggnaden kan dock inte ses isolerad från yttre försörjningssystem och omgivningens inverkan. Solinstrålningens betydelse i energibalansen kan beaktas genom val av lämpliga fönstertytor och orienteringar. De olika byggnaderna i husgruppen bör ej skugga varandra. En sammanbyggnad av bostadshus, sido- och garagebyggnader leder till minskade transmissionsförluster. Betydelsen av uppvärmning av sidobyggnader har klart framgått av tidigare redovisade resultat. En totalbild av husgruppens energiförbrukning borde därför även omfatta förrådsbyggnaderna. Kulvertdragningen påverkar också i hög grad husens inbördes placering och pekar mot en förtätning av bebyggelsen, främst i form av radhusbyggande.

Förtätning av låghusbebyggelse leder till svårigheter bl a i form av otillräckliga ytor för markslingor och solfångare. Om flera hus försörjs av ett system belastas det enskilda huset mindre av värmeproduktionssystemets merkostnad. Gemensamhetssystem leder dock vanligen till kulvertdragning, komplicerad styr- och reglerutrustning samt krav på en viss gemensam skötselinsats.

Det är vid denna typ av projekt angeläget att undersöka mätresultatens grad av allmängiltighet. Utifrån de resultat som framkommit har leverantören av energi-produktionssystemet konstaterat att solfångardelen gett förväntat resultat samt fungerat utan anmärkning medan den erhållna värmefaktorn för värmepumparna är sämre än vad som är normalt för anläggningar av denna typ. Orsaken till det senare förklaras framförallt med korta gångtider, vilket negativt påverkat det totala systemets besparing samt att de modifieringar som successivt genomförts av anläggningen medfört ett flertal driftsavbrott.

## 6. REFERENSER

Gustafsson, J och Mattsson, B.

Lågenergibyn i Perstorp. Ekonomiskt beslutsunderlag för prövning av experimentbyggnadslånens återbetalning.

REPAB, 1982

Gustén, J och Bäckberg, H.

Project Perstorp - A combined surface soil and solar heating system, Solar Coupled Ground Storages with Heat Pumps, Ispra sept 1982, Italien

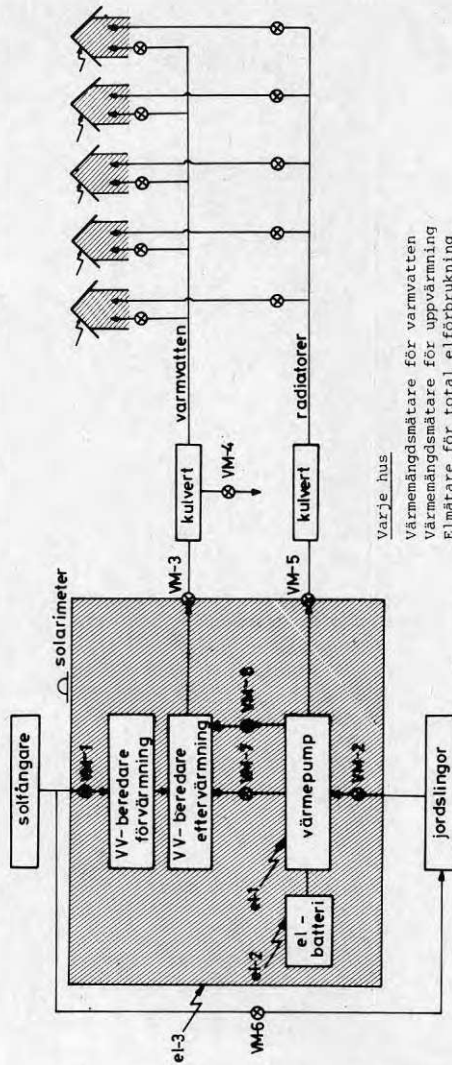
Bäckberg, H och Gustén, J.

Lågenergibyn i Perstorp, Byggnadskonstruktion 1979:18, CTH

Bergentjerna, A, och Magnusson, B,

EBALANS-datorprogram för beräkning av en byggnads energibelans, Byggnadskonstruktion 1981:6, CTH

## Bilaga A. Mätutrustning och dess placering



Varje hus

Värmenäsmätare för varmvatten  
 Värmenäsmätare för uppvärmning  
 Elmätare för total elförbrukning

#### Kvarterscentral

- VM-1 tillförd energi från solkollektor
- VM-2 tillförd energi från Jordslingor
- VM-3 med varmvatten utgående energi
- VM-4 kylvertförbruk vid varmtvattencirkulation
- VM-5 utgående energi på radiatorslinjan
- VM-6 överskottvärme från solkollektorerna
- VM-7 avgiven energi från värmepump till varmvatten
- VM-8 överhettningvärme från värmepumpen
- el-1 tillförd elenergi till värmepump
- el-2 tillförd energi till elbatteriet
- el-3 total tillförd energi till kvarterscentralen

Bilaga B. Data för mätutrustningVärmemängdsmätare

Fabrikat: Armatur-Jonsson

Typ: Pollux 7271

Motståndstermometrar: Pt 100

Temperaturområde: 0-140°C

Arbetsområde:  $\Delta t = 30^{\circ}\text{C}$  respektive  $\Delta t = 80^{\circ}\text{C}$

Upplösning: 1 impuls/kWh \*

Mätnoggrannhet (enligt datablad):

$\pm 0.5\%$  vid  $\Delta t = 40-80^{\circ}\text{C}$

$\pm 1\%$  vid  $\Delta t = 20-40^{\circ}\text{C}$

$\pm 2\%$  vid  $\Delta t = 10-20^{\circ}\text{C}$

$\pm 4\%$  vid  $\Delta t = 5-10^{\circ}\text{C}$

\* P g a driftstörningar utbyttes integreringsverken efter halva mätperioden till standardverk med upplösningen 1 impuls/10 kWh

Elmätare

Fabrikat och typ: Ermi VKN 2111X

Upplösning: 1 impuls/kWh

Noggrannhetsklass: 2.0

Solarimeter

Fabrikat: Kipp & Zonen

Upplösning: Integreringsverket har pulsutgång och upplösningen 1 puls/100 Wh. Solarimetern har varit monterad horisontellt och registrerar total strålning från sol och himmel.



Bilaga C. Resultatsammanställning

	1980											
	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Ju1	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	
Q120	36.7	71.7	111.4	160.4	144.8	138.9	101.2	83.6	35.8	17.9	7.8	
Q137	57	205	778	1081	853	1000	745	683	132	13	1	
Q132	1	155	352	386	139	198	248	41	70	8	0	
Q236	5735	6981	4020	2230	632	538	463	320	4669	6589		
Q603	4084	5638	3004	1788	674	556	470	278	2762	4487	5828	
Q637A	10888	10545	6089	3102	449	307	625	1421	6079	8583	10888	
Q637B	1900	1508	1254	1161	711	686	1129	1406	1406	1993	1313	
Q903	297	313	287	266	218	124	128	189	267	253	326	
Q701	3410	142	247	151	9	155	971	2241	1222	373	8	
Q137+Q132	58	360	1140	1467	992	1198	993	724	202	22	1	
Q137+Q637+Q701	15551	12310	8495	5659	2450	2497	3674	5229	8608	10232	12533	
SPF	2.3	2.1	2.4	2.3	1.7	1.5	1.7	2.1	2.3	3.3	2.1	
CE	0.05	0.16	0.32	0.29	0.21	0.27	0.31	0.27	0.18	0.04	0	
TSF	0.31	0.50	0.55	0.57	0.55	0.54	0.27	0.14	0.38	0.50	0.49	

	1981											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Ju1	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Q120	16.0	33.0	51.1	130.3	167.0	125.4	138.4	127.6	71.8	35.1	17.3	16.2
Q137	0	57	284	604	880	410	630	530	190	30	0	0
Q132	1	15	105	763	940	740	530	1110	370	100	0	0
Q236				6517	1750	1630	650	1000	1670	5140	3950	9736
Q603	5572	3716	3401	4190	1588	1241	855	1408	1626	3147	2736	8258
Q637A	12721	9358	9787	6981	1470	880	200	610	1490	6060	8800	14620
Q637B	1579	1432	1371	1603	1340	1290	1100	1340	1520	2010	1525	1830
Q903	328	274	333	262	196	182	76	131	207	255	358	297
Q701	2670	2838	4511	0	0	0	0	0	0	314	4671	1922
Q137+Q132	1	73	389	1367	1820	1150	1160	1640	560	130	0	0
Q137+Q637+Q701	16829	13675	16105	9284	3950	2410	1820	7780	2860	7794	14721	17872
SPF	2.1	2.1	2.0	2.0	1.8	1.7	1.5	1.4	1.9	2.5	2.1	1.8
CE	0	0.07	0.24	0.33	0.34	0.29	0.26	0.40	0.24	0.12	0	0
TSF	0.34	0.30	0.20	0.52	0.52	0.45	0.52	0.38	0.43	0.52	0.17	0.33

	1982					
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun
Q120	16.0	26.0	61.4	124.1	-	-
Q137	0	0	0	500	630	1080
Q132	0	0	30	10	410	160
Q236	10410	8700	7360	4850	3080	1010
Q603	6783	5032	4417	3052	2004	658
Q637A	14980	10920	8920	5490	3210	790
Q637B	1900	1827	2075	870	1330	950
Q903	371	395	405	337	308	165
Q701	1450	0	0	82	0	0
Q137+Q132	0	0	30	510	1040	1240
Q137+Q637+Q701	17830	11910	10160			
SPF	2.3	2.5	2.5	2.1	2.3	2.6
CE	0	0		0.13	-	-
TSF	0.45	0.57	0.56	0.49	0.55	0.71

## Bilaga D - Täthets- och ventilationsstudier

### D.1 Mätmetoder

Tätheten har bestämts med trycksättnings- och spårgasmetoden.

Principen för trycksättningsmetoden är att bestämma luftläckningen genom en byggnads begränsningsyta vid en viss tryckskillnad mellan byggnadens in- och utsida. Mätning sker både vid över- och undertryck. I kommentarer till Svensk Byggnorm 1977:3 anges rekommendationer avseende lufttäthet bestämd enligt trycksättningsmetoden. För småhus anses en luftläckning motsvarande 3.0 oms/h vid 50 Pa som rimlig.

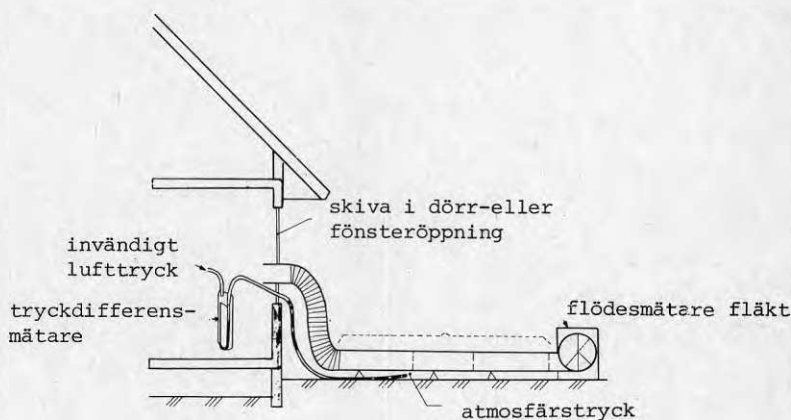


Fig. D.1 Utrustning för trycksättningsmätning

Tätheten under normala klimatbetingelser kan bestämmas med hjälp av spårgasteknik. Metoden går ut på att bestämma hur snabbt koncentrationen av en i huset jämnt fördelad gas avtar. I de här redovisade mätningarna har använts lustgas ( $N_2O$ ), vilken fördelats med fem stycken bordsfläktar och registrerats med en analysator av fabrikat MIRAN.

## D.2 Resultat av täthetsprovning

Täthetsprovning enligt trycksättningsmetoden visar att luftläckningen understiger 3 oms/h vid 50 Pa. Som framgår av fig. D.2 och tabell D.1 har husen en täthet motsvarande ungefär 2 oms/h.

Tabell D.1 Hustäthet vid 50 Pa

Hus	Luftläckning vid 50 Pa			
	Övertryck (m <sup>3</sup> /h)	Undertryck (m <sup>3</sup> /h)	Medelvärde (m <sup>3</sup> /h) (oms/h)	
2	894	830	862	2.1
4	772	685	729	1.8
6	758	710	734	1.8
8	704	713	709	1.7
10	768	753	761	1.8

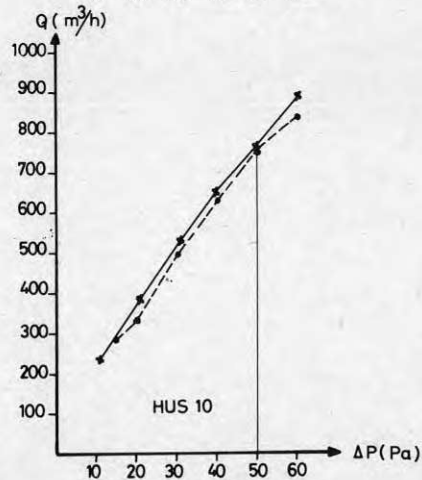
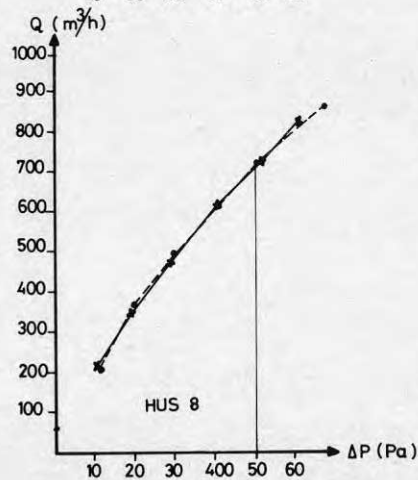
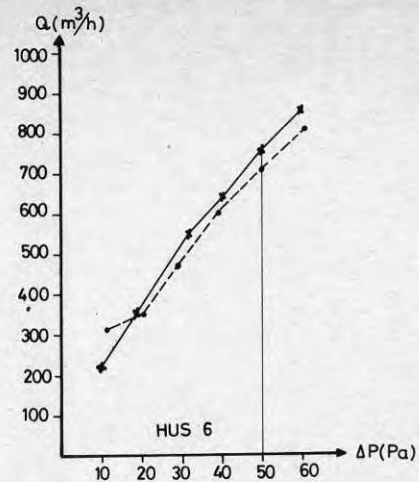
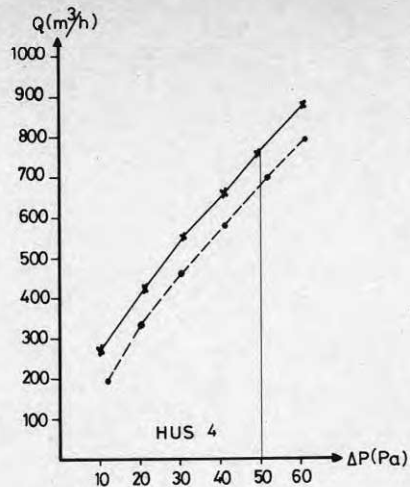
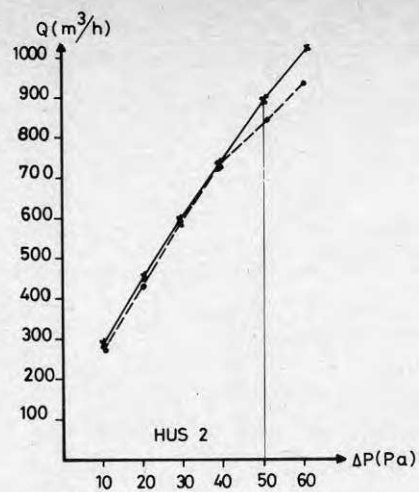
Anm. Husvolym 413.5 m<sup>3</sup>

Även resultaten från spårgasmätningarna visar att husen är mycket täta. Luftomsättningen, då ventilationssystemet är avstängt och igentjepat, framgår av tabell D.2. Det bör beaktas att de yttre klimatförhållandena (vind, temperatur) var förhållandevis gynnsamma under mättillfället.

Tabell D.2 Luftomsättning vid tätat ventilationssystem

Hus	oms/h	innetemp. °C	utetemp. °C
2	0.06	21.4	12.4
4	0.07	17.4	10.0
6	0.04	19.5	12.3
8	0.05	19.0	16.4
10	0.04	20.8	7.4

Vindhastighet: 0 - 2 m/s



ÖVERTRYCK ————  
 UNDERTRYCK - - - -

KLIMATDATA

Hus	ÖVERTRYCKSMÄTNING		UNDERTRYCKSMÄTNING		
	utetemp	innetemp	utetemp	innetemp	vindhast
2	12.4 °C	21.8 °C	12.0 °C	22.0 °C	0-2
4	10.4	17.6	10.0	17.4	0-2
6	7.4	19.9	7.4	19.5	0-2
8	14.0	17.0	15.1	17.1	0-2
10	13.3	20.1	14.2	19.4	0-2

Figur D.2 Resultat av täthetsprovning

Uppmätt luftomsättning enligt tabell D.2 markerar behovet av fungerande mekaniska ventilationssystem för den här aktuella hustypen.

Jämfört med tidigare utförda täthetsmätningar i liknande hus-typer har tätheten markant förbättrats genom att takelemen-ten numera utförs fullisolerade. Täthetsförbättrande åtgärder har dessutom genomförts för den längsgående elementskarven i bottenvåningen.

### D.3 Inreglering av ventilationssystemen

Tidigare undersökningar har visat ett flertal svagheter hos mekaniska ventilationssystem. Dessa har dels orsakats av brister i systemkomponenternas kvalitet, dels av bristande noggrannhet vid monteringen. En övergång från injustering av systemet till användning av "förinställda" frånluftsdon har heller inte givit tillfredsställande resultat.

Modulent har genom sitt utvecklingsarbete blivit medveten om problemen och kunnat skärpa sin kontroll av monteringsarbetet. Detta har för de här aktuella husen lett till att inga allvarliga anmärkningar kan riktas på monteringen av ventilationssystemet.

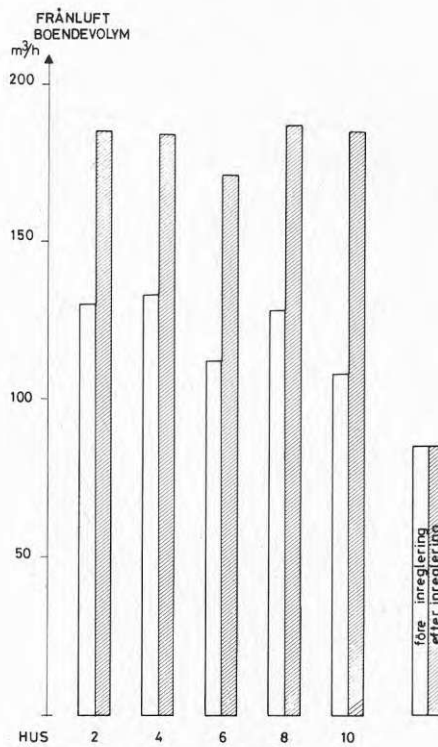
Det framgår av nedanstående tabell och figurer att frånluftsmängderna trots detta ligger avsevärt under de projekterade. Orsaken till detta är troligtvis en kombination av otillräcklig flätkapacitet och olämpliga detaljer i ventilationssystemets uppbyggnad.

För att vid inreglering och mätning erhålla frånluftsmängder i ungefärlig nivå med de projekterade har fläktspänningen vid basventilation höjts till ungefär 130 volt. Detta medför naturligtvis en högre ljudnivå. Inregleringen försvåras av att systemet blir "okänsligt" på grund av att flätkapaciteten är för låg.

Frånluftsflödena har bestämts med en kalibrerad Wallac termoanemometer med mätstos typ AM 300.

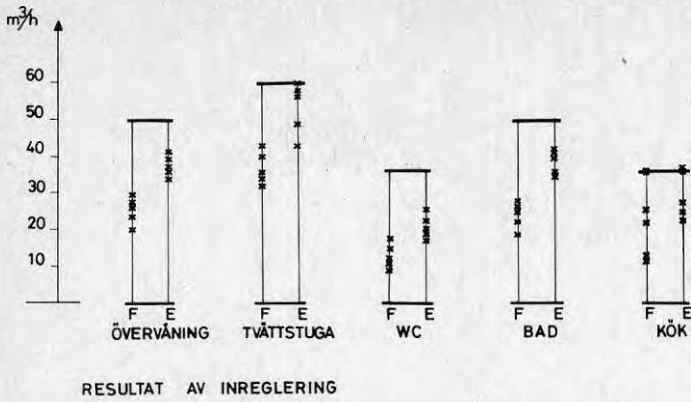
Tabell D.3 Frånluftsflöden före och efter inreglering vid basventilation (0.5 oms/h)

Hus	Före inreglering			Efter inreglering			totalt frånluftsflöde
	totalt frånluftsflöde	övervåning	tvättstuga	wc	bad	kök	
2	130	36	58	20	35	36	185
4	133	42	49	20	36	37	184
6	112	38	43	25	40	25	171
8	127	40	57	22	40	22	181
10	108	40	60	18	40	27	185
Projekterade		50	60	36	50	36	232



Figur D.3 Resultat av inreglering





Figur D.4 Resultat av inreglering av enskilda don  
 F = frånluftsflöde före inreglering  
 E = frånluftsflöde efter inreglering  
 — = projekterat värde

#### D.4 Luftomsättning med mekanisk frånluftsventilation

En sammanställning av uppmätta luftomsättningar ges i tabell D.4 Med ett undantag har vid driftsfallen halverad basventilation, basventilation samt forcerad ventilation de i fönstren placerade springventilerna varit öppna. Endast vid basventilationsmätning i hus 4 har som jämförelse samtliga springventiler varit stängda.

Tabell D.4 Uppmätta luftomsättningar (oms/h)

Hus	tätat ventilations-system	halverad basventilation	basventilation	forcerad ventilation	innetemp.	utetemp.
2	0.06	0.29	0.55	0.81	21.4	12.4
4	0.07	0.24	0.44*	0.90	17.4	10.0
6	0.04	0.15	0.43	0.92	19.5	12.3
8	0.05	0.21	0.52	1.08	19.0	16.4
10	0.04	0.24	0.51	0.89	20.8	7.4
					vindhastighet 0-2 m/s	

\*Under mätningen har springventilerna i fönstren varit stängda

Anm. Luftomsättningen anges med två decimaler för att en jämförelse mellan de olika husen skall kunna erhållas. Vid en mer kritisk betraktelse kan p.g.a. onoggrannhet vid kalibrering och utvärdering endast den första decimalen betraktas som säker.

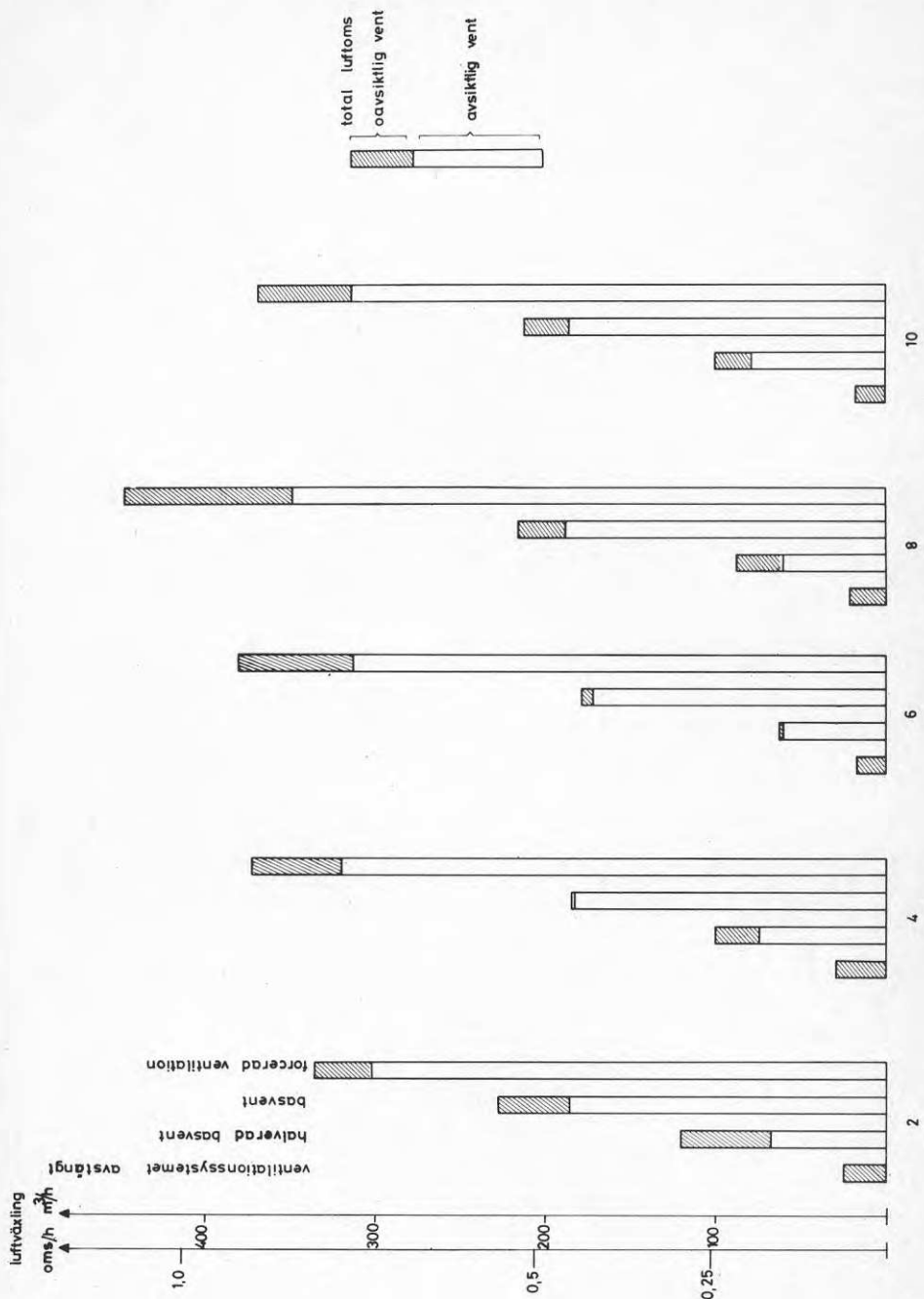
I tabell D.5 och figur D.5 görs en jämförelse mellan den totala luftomsättningen enligt ovan och uppmätt frånluftsflöde genom ventilationssystemet.

Tabell D.5 Total luftomsättning samt frånluftsflöde genom ventilationssystemet ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

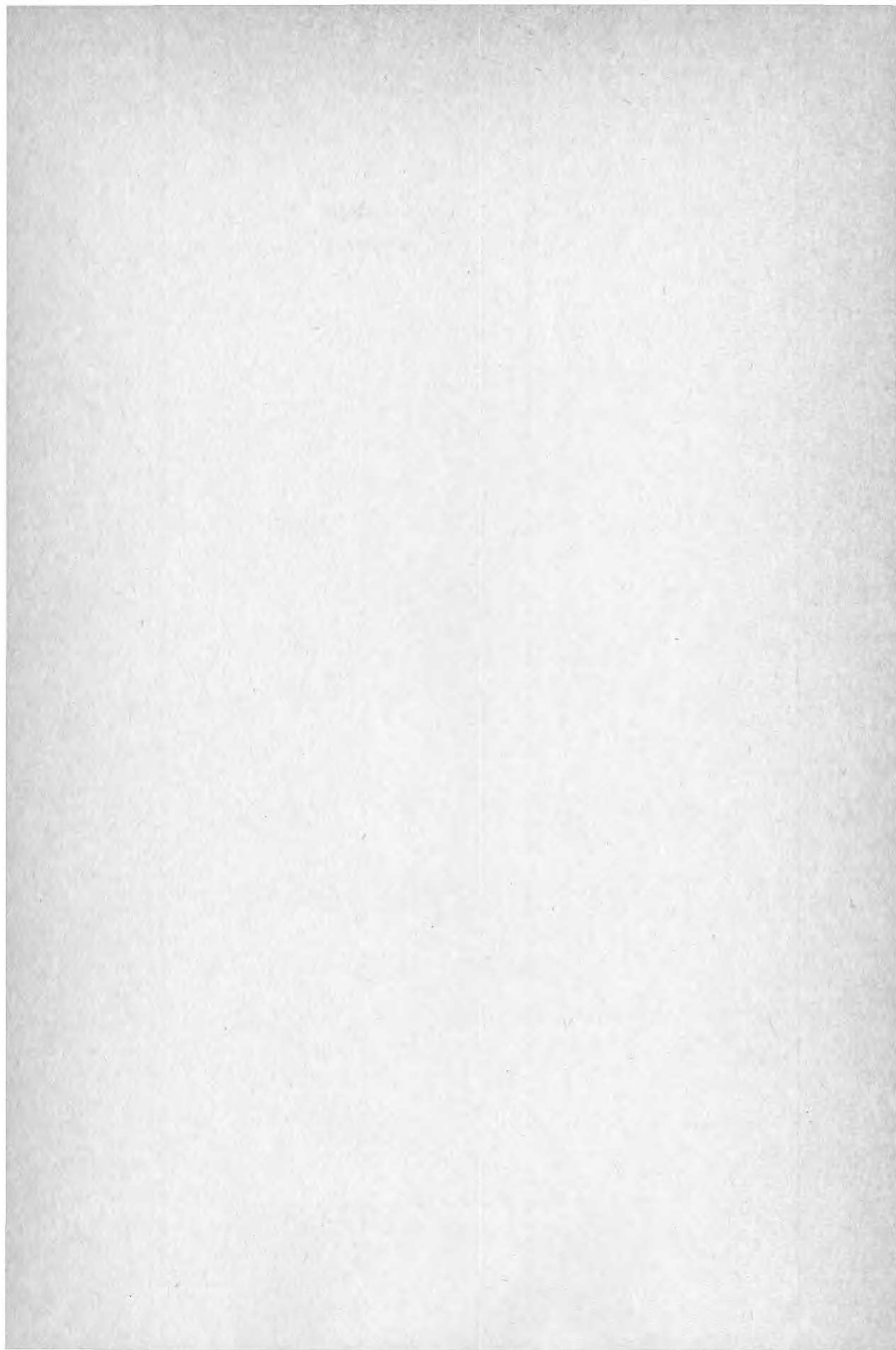
Hus	Tätat ventilationssystem	Halverad basventilation		Basventilation		Forcerad ventilation	
		Total luftoms.	Frånluftsflöde	Total luftoms.	Frånluftsflöde	Total luftoms.	Frånluftsflöde
2	25	120	67	227	185	335	301
4	29	99	74	182*	184	372	319
6	17	62	60	178	171	380	312
8	21	87	60	215	181	447	348
10	17	99	78	211	185	368	313

\*Under mätningen har springventilerna i fönstren varit stängda.

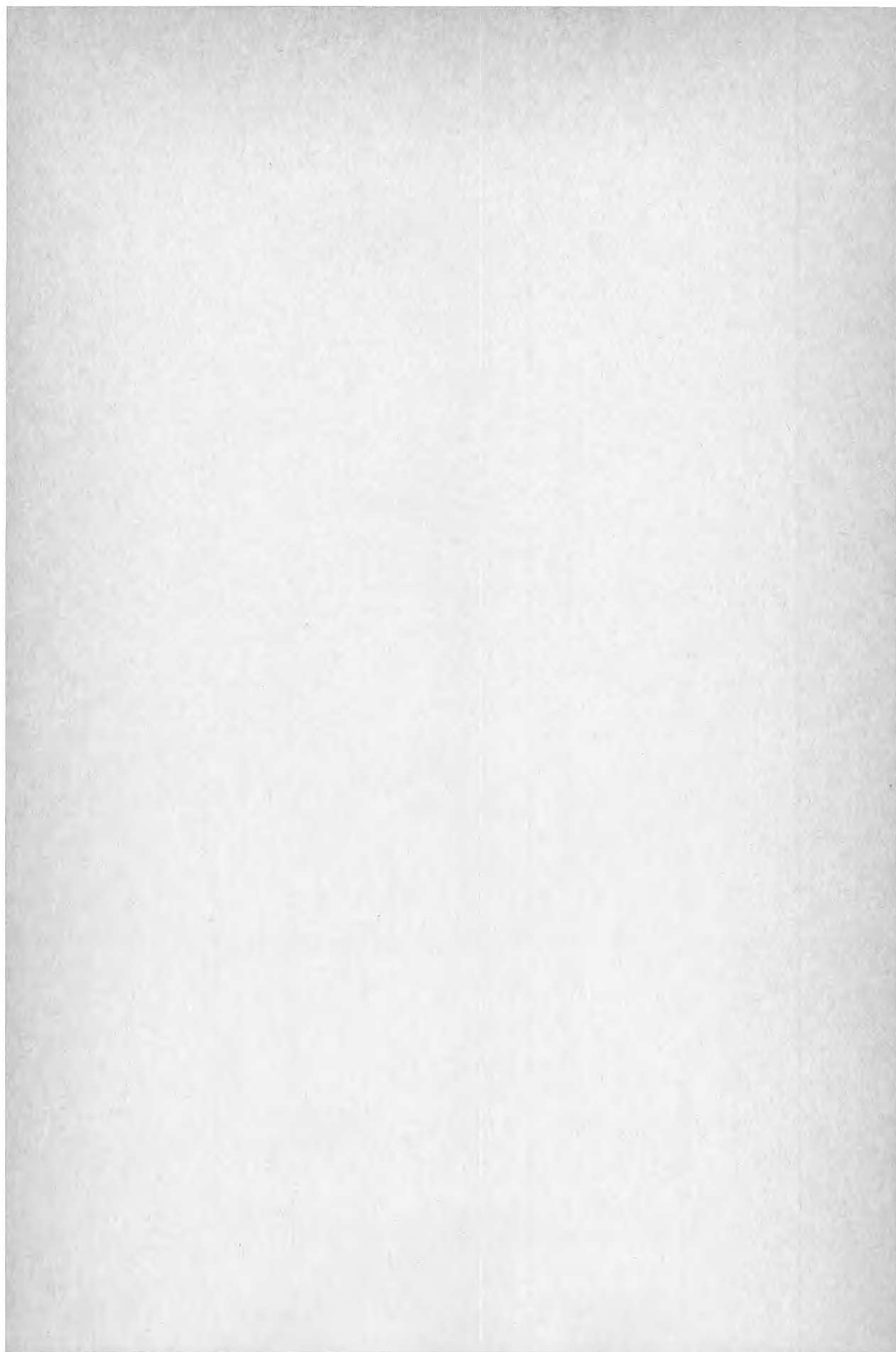
Anm. Den totala luftomsättningen och frånluftsflödet genom ventilationssystemet har bestämts vid samma tillfälle men med olika typer av mätutrustning och noggrannhet, varför resultaten inte utan vidare kan jämföras med varandra.



Figur D.5 Resultat av luftomsättningsmätningar

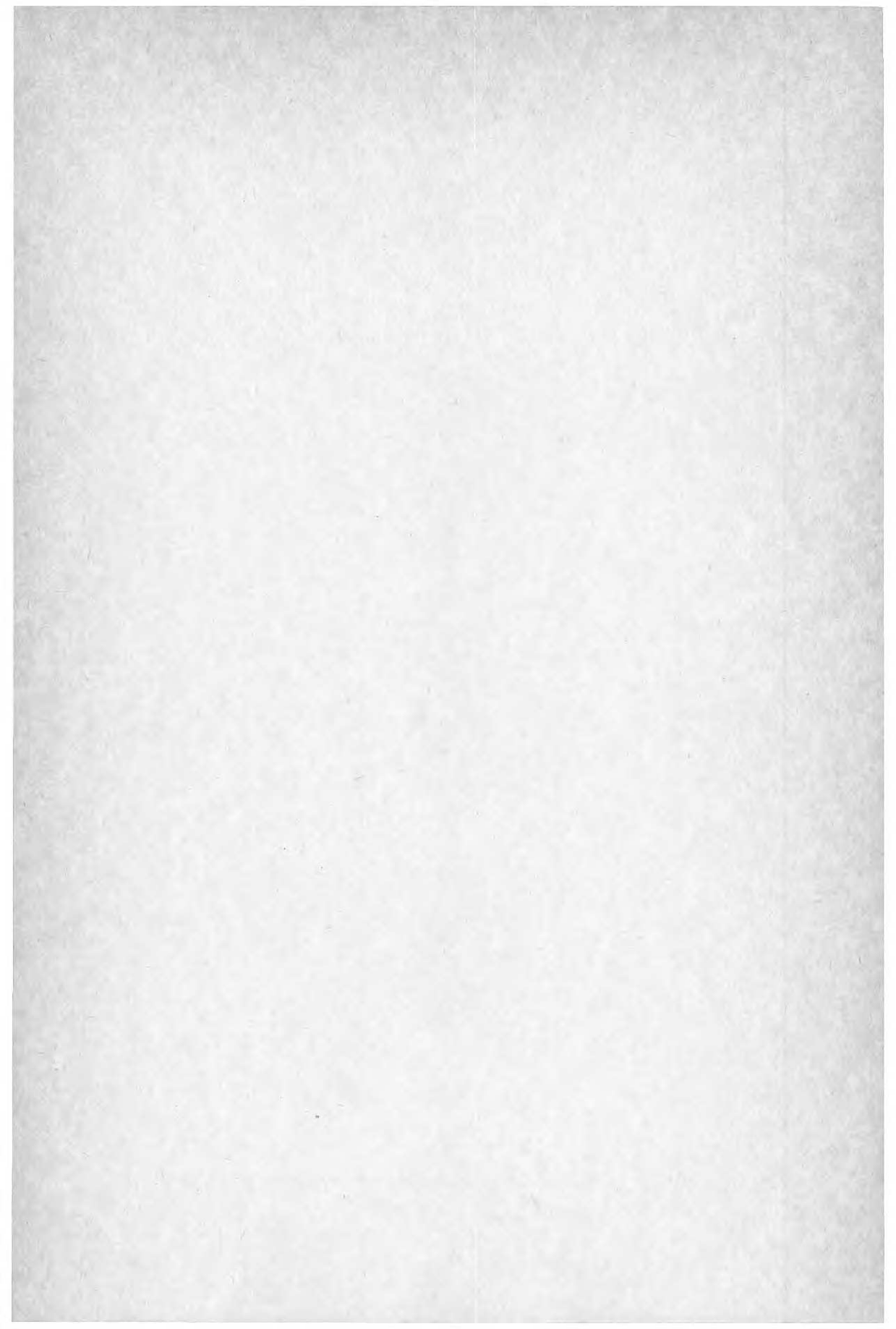














**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
790003-2 från Statens råd för byggnadsforskning, till  
Modulent AB, Hässleholm.**

**R30:1983**

**ISBN 91-540-3899-5**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700730**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirkapris: 25 kr exkl moms**