

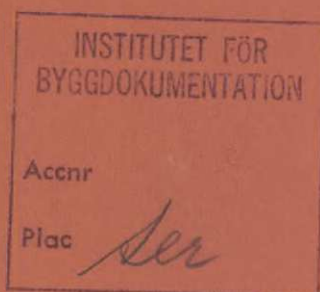
**Rapport**

**R18:1982**

# **Direktverkande värmepump för småhus**

**Utvärdering av funktion och energi-  
besparing genom fältmätningar**

**Ulf Bergström  
Mats Fehrm  
Per Olof Mattsson**



**Byggeforskningsrådet**

R18:82

DIREKTVERKANDE VÄRMEPUMP FÖR SMÅHUS

Utvärdering av funktion och energi-  
besparing genom fältmätningar

Ulf Bergström  
Mats Fehm  
Per Olof Mattsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
781552-9 från Statens råd för byggnadsforskning  
till LB-Hus AB, Bromölla.

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

R18:82

ISBN 91-540-3641-0  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

## INNEHÅLL

	FÖRORD .....	5
	SAMMANFATTNING .....	6
1.	BAKGRUND .....	8
1.2	Målsättning .....	8
2.	DIREKTIVVÄRMEPUMP TYP SPANOTERM .....	11
3.	PROVHUSEN .....	14
3.1	Allmänt .....	14
3.2	Byggnadstekniskt genomförande .....	14
3.3	Installationer .....	14
3.3.1	Elvärmesystem .....	14
3.3.2	Ventilation .....	17
3.4	Effektbehov, varaktighetsdiagram .....	17
3.5	Spanoterminstallation .....	17
4.	MÄTSYSTEM .....	19
4.1	Allmänt .....	19
4.1.1	Datainsamlingsutrustning enligt STFI .....	19
4.2	Energimätningar .....	21
4.3	Termografering .....	21
4.4	Täthetsmätningar enligt tryckmetoden .....	22
4.5	Ventilationsmätningar .....	22
4.6	Tappvarmvattenmätningar .....	22
5.	UTFÖRDA MÄTNINGAR OCH PROVER .....	24
5.1	Klimat .....	24
5.2	Energi .....	24
5.3	Värmepump och varmvattenberedare .....	24
5.3.1	För att få en uppfattning om värmepumpens driftsförhållanden mättes temperaturer på ett antal ställen i värmepumpsystemet .....	24
5.3.2	Referenshus, temperaturer .....	24
6.	MÄTRESULTAT .....	26
6.1	Klimat .....	26
6.1.2	Vind- och solmätningar .....	26
6.1.3	Temperatur och fukt i kryppgrund och på havvind .....	26



6.2	Energi .....	26
6.2.2	Energi under intensivmätperioderna .....	34
6.3	Värmepumpens drift .....	35
6.3.1	Allmänt .....	35
6.3.2	Yttemperaturer på köldmedierör efter kompressor och vid utlopp efter varmvattenberedare .....	35
6.3.3	Yttemperatur på köldmedierör vid kondensor .....	36
6.3.4	Yttemperatur på köldmedierör efter kondensor .....	36
6.3.5	Yttemperatur på köldmedierör vid mellanstrykning och efter strypning .....	36
6.3.6	Lufttemperatur på hanvind och yttemperatur på köldmedierör i förångare .....	36
6.3.7	Lufttemperaturen över och under förångare .....	36
6.3.8	Sammanfattning .....	37
7.	PRAKTISKA DRIFTERFARENHETER .....	41
7.1	Allmänna drifterfarenheter .....	41
7.2	Förångare på hanvinden .....	41
7.3	Kondensorerne .....	41
7.4	Centralenheten .....	42
8.	ANALYS AV RESULTAT .....	43
8.1	Temperatur och fukt utomhus .....	43
8.2	Vindförhållanden .....	43
8.2.1	Vindriktning .....	43
8.2.2	Vindhastighet .....	43
8.2.3	Vindpåverkan .....	43
8.3	Solmätningar .....	47
8.4	Temperatur och fukt inomhus .....	47
8.5	Hanvind och krypgrund .....	49
8.6	Operativ temperatur .....	49
8.7	Effektbehov för uppvärmning. Teoretiskt - uppmätt. Energiåtgång. Värmefaktor. ....	50
8.7.1	Allmänt .....	50
8.7.2	Hus C 5 .....	50
8.7.3	Hus C 14 .....	57
8.8	Energi under intensivmätperioderna .....	61
8.9	Värmefaktor under intensivmätperioderna .....	62
8.10	Värmepumpens drift under intensivmätperioderna .....	63
9.	UTVÄRDERING AV DIREKTVÄRMEPUMPSYSTEM .....	69
10.	FORTSATT FORSKNINGSBEHOV .....	70
	LITTERATURFÖRTECKNING .....	71
	BILAGEFÖRTECKNING .....	72

## FÖRORD

Föreliggande rapport har genomförts med bidrag från Statens Råd för Byggnadsforskning.

Värmeinstallation har utförts av Euroc Development AB, Arlöv.

Byggnadsarbeten och övriga installationsarbeten har utförts genom LB-Hus AB:s försorg.

Projektledare har varit civ.ing Ulf Bergström, LB-Hus AB, som även svarat för utvärdering av klimat och byggnad samt effekt- och energibehov totalt för byggnaderna.

Civ.ing Mats Fehrm, Statens Provningsanstalt, Borås, har svarat för utvärdering av värmepumpinstallationen och resultaten av intensivmätperioderna.

Civ.ing P O Mattsson, Tekno Term AB, har svarat för beskrivningen av värmepumpsystemet och praktiska driftserfarenheter.

Dataregistrerade mätningar har utförts med utrustning från Svenska Träforskningsinstitutet (STFI) genom civ.ing Bengt Olof Englund, som också svarat för kalibrering av datamätutrustning och plottring av datamätresultaten.

Tillsyn och skötsel av mätutrustning har till stor del skötts av ing Dag Svensson, LB-Hus AB, som också utfört manuella avläsningar under mätperioden.

Projektering, övervakning av värmepumpinstallation och drift har utförts av ing Peter Åström och ing Kurt Karlsson, Euroc Development AB. Dessa har också varit idégivare till denna typ av direktverkande värmepump.

Under projekttiden har ett flertal diskussioner med olika grupper av personer enligt ovan ägt rum.

Deltagarna tackas för värdefulla synpunkter och för sin medverkan i projektet.

Bromölla november 1981

Ulf Bergström

## SAMMANFATTNING

De småhus som byggs i dag och med normal storlek och standard har låga såväl effekt- som energibehov för uppvärmning (transmission, ventilation och förbrukningsvarmvatten). Endast ett fåtal kalla dagar om året finns en markant topp i effektbehovet.

Dessa förhållanden har gjort det angeläget att söka alternativa uppvärmningsapparater för småhusen. Oljepannor och fjärrvärmeanläggningar har visserligen hög verkningsgrad de kallaste dagarna, men övrig del av året sjunker systemverkningsgraden snabbt.

Liknande förhållanden gäller också för värmepumpar dimensionerade för det maximala effektbehovet.

Det har därför varit logiskt att i småhussammanhang i stället dimensionera värmepumpar för ett lägre effektbehov än max.behovet och därmed få en god verkningsgrad så stor del av året som möjligt och de kallaste dagarna komplettera med direktverkande elradiatorer.

Värmepumpar dimensionerade enligt dessa idéer är ex.vis Spanoterm, som provats i detta projekt i ett 1½-plans radhus om 112 kvm bostadsyta och beläget i Bromölla.

Som referensobjekt har ett närbeläget likadant radhus fungerat.

Spanoterm-värmepumpen har en enkel funktion så tillvida att varken fläktar eller pumpar finns i sekundärkretsarna. Effektbehovet för driften inskränks alltså till effekten för själva värmepumpen.

Kontinuerliga mätningar och uppföljning har skett i de två husen från mars 1979 till juni 1980.

Energiförbrukningen i bebodd byggnad har under ett år (1979-05-15 - 1980-05-13) varit.

## Referenshus

Elradiatorer	8.854 KWh
Varmvattenberedare	3.378 KWh

## Värmepumphus

Värmepump	5.084 KWh
Direktel	1.122 KWh
Extra el i bad	664 KWh

Under vinterperioden har inomhustemperaturen i referenshuset varit lägre än i värmepumphuset. Detta beräknas motsvara en skillnad i energiförbrukning av 1.070 KWh.

Extra el i bad i värmepumphuset beror på att kondensern i detta utrymme har varit underdimensionerad.

Den praktiska värmefaktorn till huset för värmepumpen över året blir då utan hänsyn till skillnad i inomhustemperatur.

$$\text{COP}_{\text{PR}} = 2,05$$

och efter korrektion för inomhustemperatur

$$\text{COP}_{\text{PR korr}} = 2,27$$

Systemets effektiva värmefaktor, d v s värmepump + tillskottsel i värmepumphuset jämfört med referenshusets totala elförbrukning, uppvärmning och varmvatten och med korrektion för temperaturskillnaden blir

$$\text{COP}_{\text{SYST}} = 1,94$$

Intensivmätningar av värmepumpanläggningens värmefaktor har utförts under fem perioder med 2 á 3 månaders mellanrum under provtiden.

$\text{COP}_{\text{VP}}$  har varierat mellan 1,65 och 3,58. I stort sett direkt beroende av utomhustemperaturen.

En grafisk beräkning av värmepumpens värmefaktor har gett likartade värden. Uppvärmningssäsongen har delats in i 15 dagars-perioder och den del av byggnadens effektbehov, som täcks av värmepumpen har ställts i relation till tillförd effekt till värmepumpen. Värmefaktorn  $\text{COP}_{\text{PR}}$  har varierat mellan 1,61 vid årsskiftet 1979/80 och ca 4,0 i början och slutet av uppvärmningssäsongen.

En jämförelse med tillverkarens preliminära energibalanskalkyl visar att värmepumpen förbrukat 5.084 KWh mot beräknade 4.350 KWh och att det erfordrats tillskott av direktel med 1.786 KWh mot beräknade 100 KWh. Det vill säga totalt har det åtgått 2.420 KWh mer än beräknat.

Dessa skillnader kan delvis förklaras av att antalet graddagar under provåret varit ca 10 % högre än normalt enligt SMHI:s registreringar för Kristianstad.

Detta motsvarar en ökning på 800-1.000 KWh av energibehovet till byggnaden. Resterande merförbrukning kan dels tillskrivas en högre inomhustemperatur än normalt dels lägre verkningsgrad den kallaste delen av året än beräknat.

Sammanfattningsvis kan sägas att man sparat ungefär halva energibehovet till uppvärmning och varmvatten i det aktuella huset. Med en konventionell jordvärmepump kunde man troligen spara något mer, men till avsevärt högre investeringskostnader. Med hänsyn till det låga energibehovet bör alltså värmepump av typ Spanoterm vara betydligt gynnsammare i moderna energisnåla hus.

En inte oväsentlig förbättring av värmefaktorn bör också kunna erhållas om man tar till vara på energin i frånluften genom att låta denna passera förångaren.

I projektet har också ingått att mäta inomhusklimatet och då speciellt den operativa temperaturen under den kallare årstiden. Mätningarna av den operativa temperaturen har utförts vid sex olika tillfällen och någon väsentlig skillnad mellan värmepumphus och referenshus har inte kunnat konstateras.

## 1 BAKGRUND

Ett modernt nybyggt svenskt småhus utfört enligt SBN 75 har ett behov av inköpt energi vid elvärme som är lägre än 20.000 KWh per år. I detta ingår energi till hushåll, varmvatten, uppvärmning och ventilation.

Till hushållet förbrukas 3.000-6.000 KWh per år och till varmvatten 2.500-5.000 KWh per år.

För uppvärmningen erfordras alltså bara 8.000-14.000 KWh per år.

Utvecklingen går också mot än mer energisnåla byggnader. I valet mellan olika energisparande åtgärder har dessa förhållanden mycket stor betydelse. Även effektiva apparater som kan spara ungefär hälften av energin till uppvärmning och varmvatten, dvs mellan 5.000-9.000 KWh per år, kan med dagens energipris inte betala allt för höga investeringar. De flesta värmepumpar och övriga apparater har i allmänhet varit bättre anpassade till äldre och betydligt mera energikrävande bostäder, där en besparing av halva energiåtgången betyder mycket mer än i det moderna småhuset.

Ser man på ett varaktighetsdiagram för effektbehovet i ett nybyggt småhus (figur 1:1) med i exemplet en bostadsyta av 156 kvm (större än normalhuset) finner man också att effektbehovet för värme - ventilation och varmvatten under mer än 300 av årets dagar är mindre än 3 KW och under 220 dagar mindre än 2 KW.

Eftersom en värmepump fungerar bäst vid så lång drifttid som möjligt får den i det moderna småhuset troligen dimensioneras för ett effektbehov av 2 á 3 KW.

Vid en värmefaktor av 2-2½ innebär detta att kompressorns effektbehov bör ligga på 1 á 1½ KW.

De kallaste dagarna bör toppeffekten klaras på annat sätt, ex.vis med direktel, ved eller liknande.

## 1.2 Målsättning

Med ledning av den analys, som angivits ovan, gjordes på LB-Hus en inventering av befintliga (1978) värmepumpsystem. Önskemål uppställdes också att så mycket som möjligt minska behovet av pumpeffekter i primär- och sekundärkretsarna i systemet. Även tämligen små effektbehov till pumparna innebär relativt stora förluster i systemverkningsgrad vid de små effektbehov som föreligger.

Värmepump av typ Spanoterm föreföll uppfylla de uppställda specifikationerna, då installerad effekt bara är 1 KW och då inga pumpar alls erfordras i primär-och sekundärkretsarna. Det ansågs värdefullt att göra en noggrann uppföljning av denna värmepumps egenskaper och funktioner i ett modernt småhus. Då det också kunde vara av allmänt intresse att sprida erfarenheterna ansöktes om bidrag från BFR, för att utföra en systematisk utvärdering.

För att kunna mäta den verkliga systemverkningsgraden omfattar undersökningen två så gott som identiska hus, det ena försett med värmepump av Spanothermtyp och det andra med direktverkande el. Båda husen har försetts med utrustning för kontinuerlig mätning av

ute- och inneklimat, energiförbrukning, varmvattenförbrukning etc. Dessutom har stickprovsmässig kontroll utförts av de operativa temperaturerna under några olika utomhusklimatförhållanden. För komplettering av de datamässiga mätningarna har också en del manuella mätningar gjorts regelbundet.



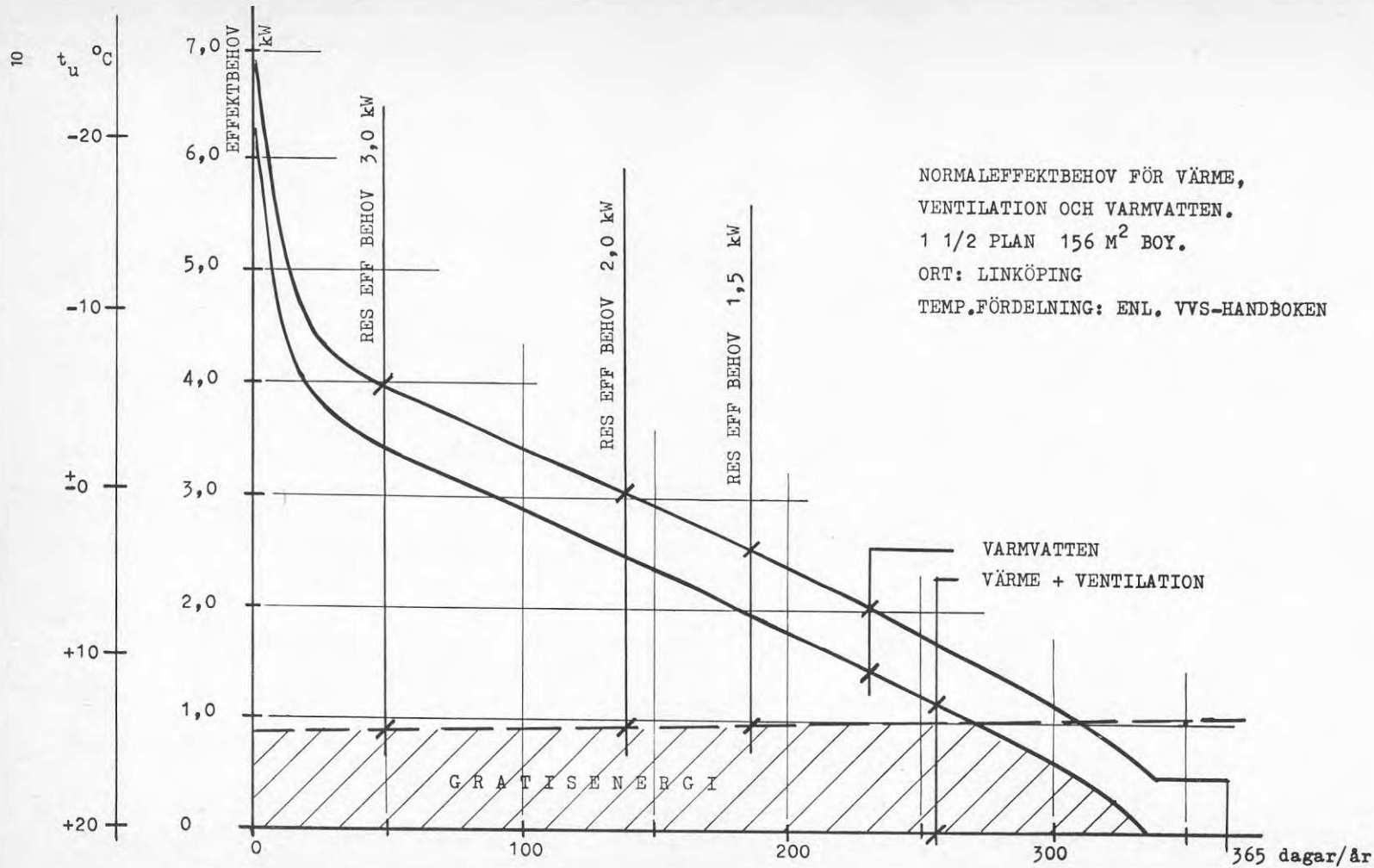


FIG. 1.1 Varaktighetsdiagram Effektbehov småhus



## 2 DIREKTVÄRMEPUMP TYP SPANOTERM

Direktvärmepumpen är avsedd att installeras i hus med relativt små effektbehov för uppvärmning. Genom att eliminera cirkulationspumpar respektive fläktar för värmebärare respektive köldbärare kan driv-effekten hållas ned och den totala energiförbrukningen minskas. En förutsättning för att ej behöva pumpar eller fläktar är stora värmeöverförande ytor.

Då luft är värmekälla används 2 st seriekopplade flänselement med yttermått  $0.2 \times 0.4 \times 2.1 \text{ m}^3$ . Då förångarna är av egenkonvektions-typ är flänsdelningen relativt stor. Det senare medför att av-frostningen behöver initieras endast en gång per dygn.

För att överföra värmen till bostadsutrymmena används ett antal serie-kopplade trådkondensorer med mått  $0.55 \times 1.25 \text{ m}^2$ .

Förutom förångare och kondensorer inrymmer värmepumpens övriga kompo-nenter i ett skåp med dimensionerna  $0.6 \times 0.61 \times 1.9 \text{ m}^3$ .

I skåpet finns en varmvattenberedare om 200 l och över den finns driv-modulen innehållande kompressor, styr- och reglerutrustning, köld-meidebehållare och elskåp.

Värmepumpsystemens kopplingsschema framgår av principskisser i figur 2.1.

Vid normaldrift går den överhettade gasen i en slinga genom varm-vattenberedaren. Beroende på vattentemperaturen och inomhustempera-turen kyls gasen i beredaren. Vid stora varmvattentappningar erhålles även en viss kondensation i slingan i beredaren. Vid sommardrift sker givetvis all kondensation i slingan i beredaren.

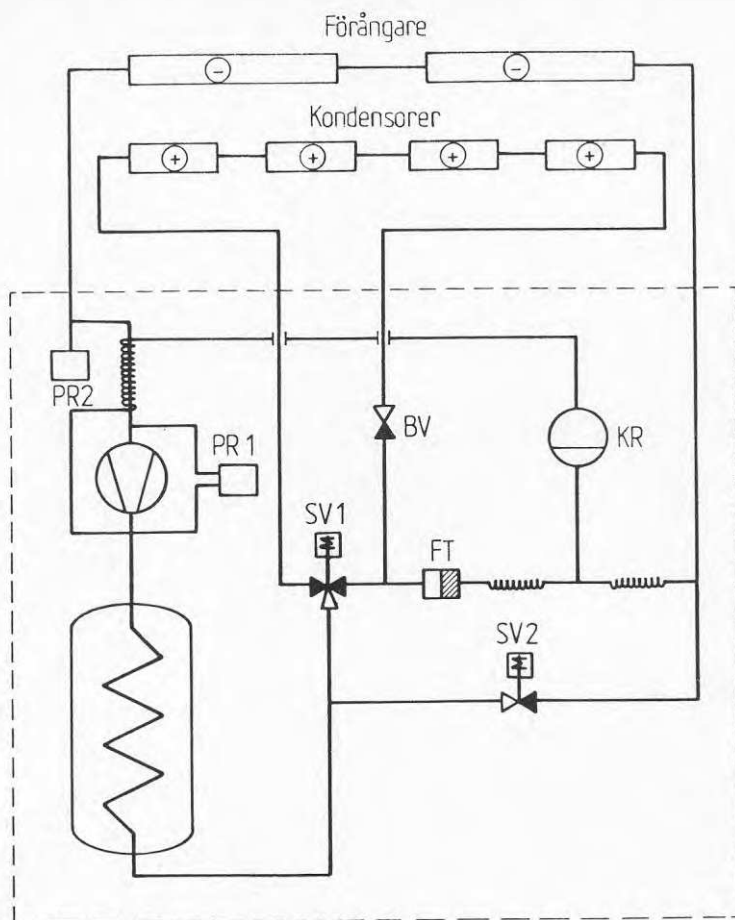
Efter beredaren går gasen via magnetventilen M1 ut till kondensornerna. Kondensatet leds via en backventil, filter och torkare till en mellan-strykning. Efter mellanstrykningen är köldmediekretesen ansluten via en köldmediebehållare och en strypning till högtryckssidan på kom-pressorn. Denna anordning är avsedd att hålla trycklucka mellan hög- och lågtryckssida konstant.


Efter ytterligare en strypning leds kondensatet ut i förångarna var-efter det åter sugas in i kompressorn.

Avfrostning initieras med hjälp av ett tidur en gång om dygnet. Under förutsättning att pressostaten PR2 kallar på avfrostning öppnas magnet-ventilen M2. Förångarna avfrostar då med den heta gasen som leds direkt ut i dem. Avfrostningen avbryts av pressostaten PR2 och värmepumpen återstartas tidigast en timme efter det att avfrostning initieras. De här nämnda tiderna är inställbara men har använts för värmepumpen i det här projektet.

I figur 2.2 anges projekterade kondenserings- och förångningstempera-turer som funktion av utomhustemperaturen.

I figur 2.3 anges projekterad avgiven och upptagen effekt som funktion av utomhustemperaturen.



- PR1, PR2 = PRESSOSTATER  
 SV1, SV2 = MAGNETVENTILER  
 BV = BACKVENTILER  
 KR = KÖLDMEDIEBEHÅLLARE  
 FT = TORKFILTER  
 = KAPILLÄRSTRYPNING

Figur 2.1 Principskiss över värmepumpsytmet.

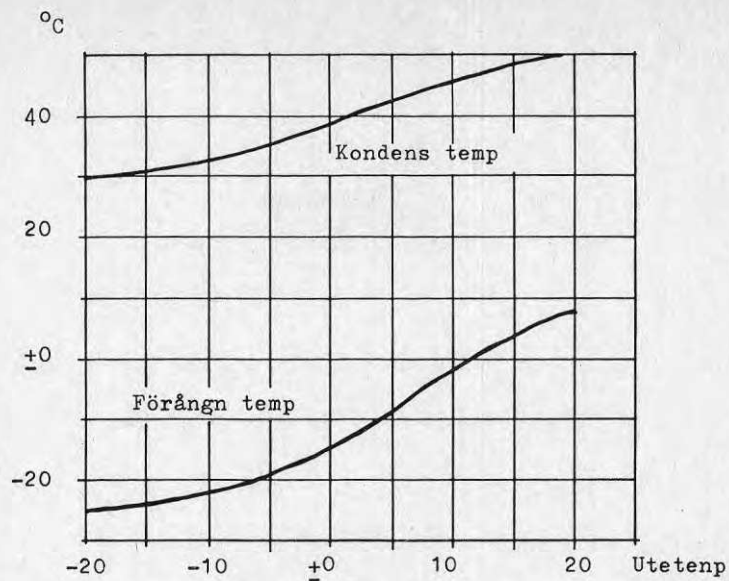


Fig 2.2 Samband förångningstemperatur - kondenseringstemperatur för värmepump typ Spanoterm.

Effekt  
kW

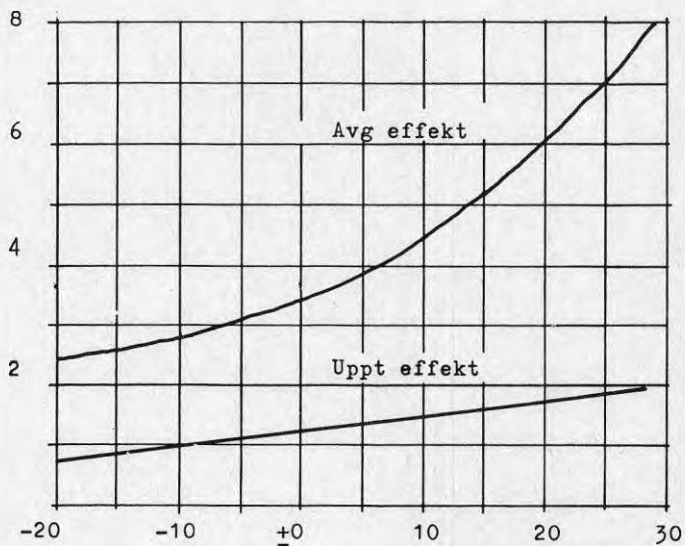


Fig 2.3 Avgiven effekt i förhållande till tillförd effekt för värmepump typ Spanoterm.

### 3 PROVHUSEN

#### 3.1 Allmänt

De två provhusen är belägna inom samma markbostadsområde i Bromölla (ca 25 km öster Kristianstad).

Området omfattar ca 120 st radhus av olika storlekar och med olika planlösningar och tvärsektion, d v s blandad 1-plans och 1½-plans-bebyggelse, se ritning 3:1, där provhusens lägen är markerade. Radhusen ligger inom ett tämligen högt beläget område i tätortens östra del. Området ligger öppet för vindpåverkan.

Provhuseen är båda gavelradhus om 5 rum och kök med bostadsyta 112 kvm i 1½-plan, se ritning 3:12.

Hus C 14 innehåller Spanotherminstallation.

Hus C 5 försett med direktverkande elradiatorer.

Båda radhusen är gavelradhus. Hus C 14 gränsar med sin södra gavel mot ett 1½-planshus och hus C5 gränsar med sin södra gavel till ett 1-planshus. Norrgavlarna är på båda husen fria.

#### 3.2 Byggnadstekniskt utförande

Det byggnadstekniska utförandet är lika för de båda husen med endast små skillnader. Värmepumphuset C 14 har nerbyggt undertak för att dölja kondensatorerna, som är placerade i taket. Undertaket består delvis av 13 mm gips och delvis vävspänt tak av typ Spanoflex, se ritn bil.3:22 och 23.

#### 3.3 Installationer

Med undantag av de värmetekniska installationerna är husens installationer identiska.

##### 3.3.1 Elvärmesystem

Hus C 14 har en installation av värmepump enligt tidigare. Närmare beskrivning på denna framgår av kapitel 355. Värmepumpen förser även byggnaden med förbrukningsvarmvatten.

Hus C 5. Jämförelsehuset C 5 är försett med direktverkande elradiatorer av fabrikat Eldon och med installerade effekter enligt ritning 3:31. Den totalt installerade effekten är 6,7 kWh.

Rumstemperaturerna styres med termostater monterade direkt på radiatorerna.

Varmvattenberedaren är av typ CTC Thermia MK 17 med en volym av 200 l. Beredaren är försedd med blandarventil på utgående varmvatten. Blandarventilen justerades i början av mätperioden så att max.temperatur på utgående varmvatten var ca 55° C. Beredaren är försedd med isolering av glasull.

Även i hus C 14 installerades direktverkande elradiatorer enligt ovan att ha i det fall värmepumpen ej fungerade på avsett sätt och också för att klara toppbelastningarna.

# MARKBOSTÄDER I KV. STENTRASTEN

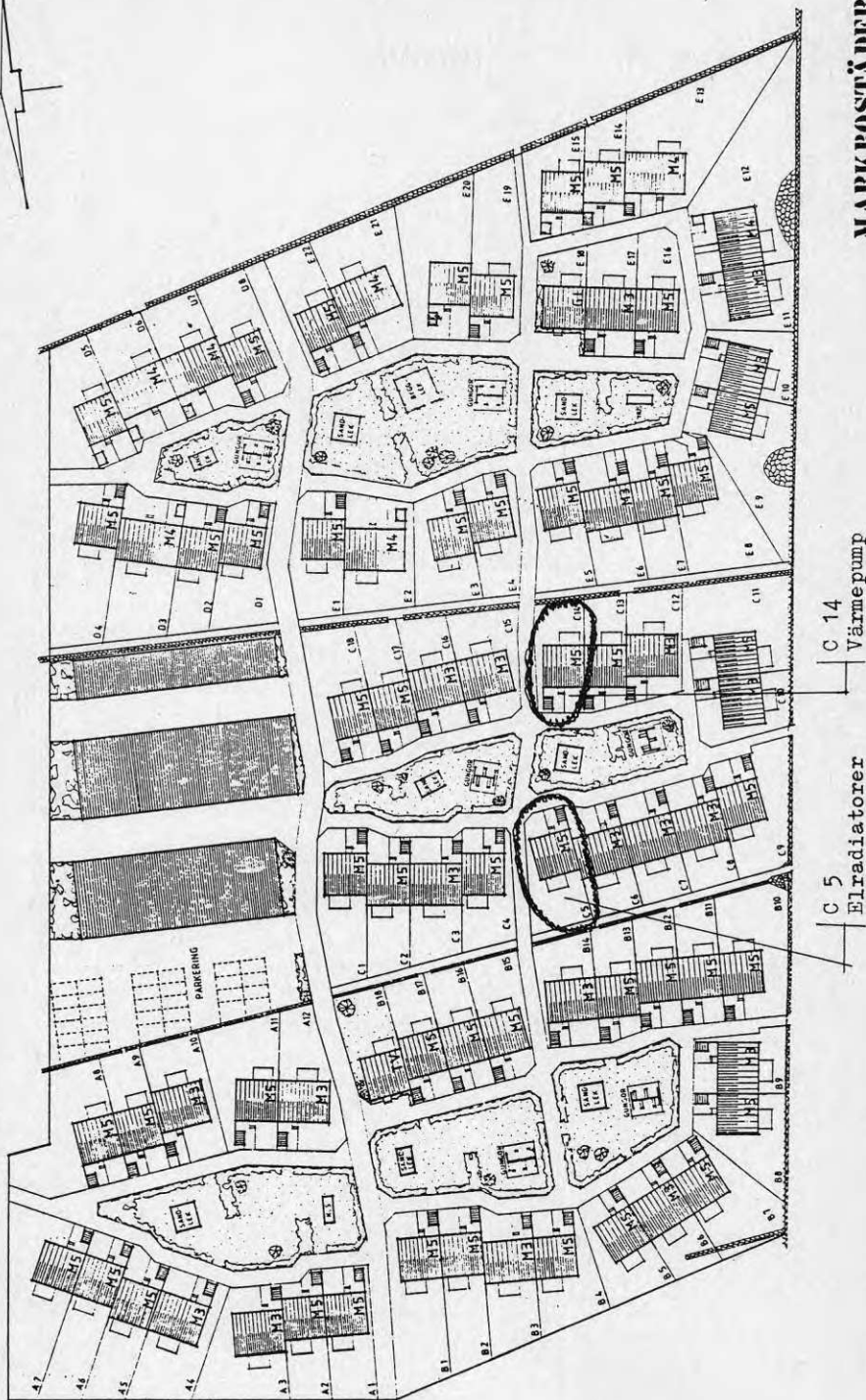
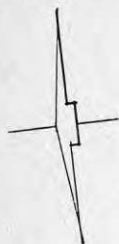


Fig 3.1 Situationsplan.

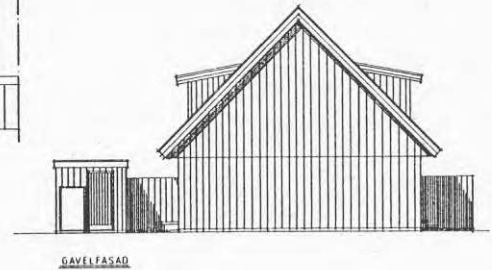
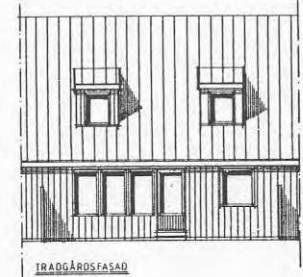
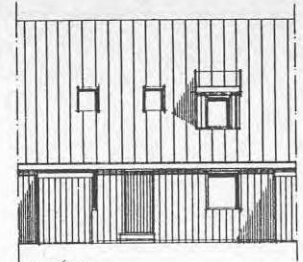
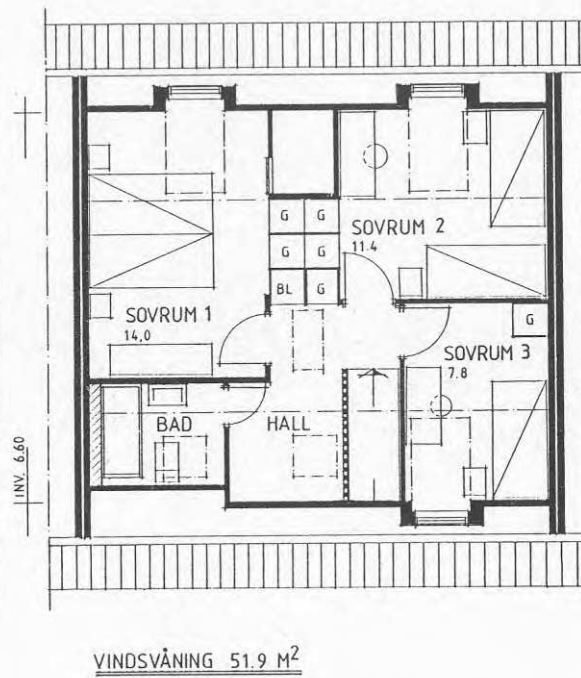
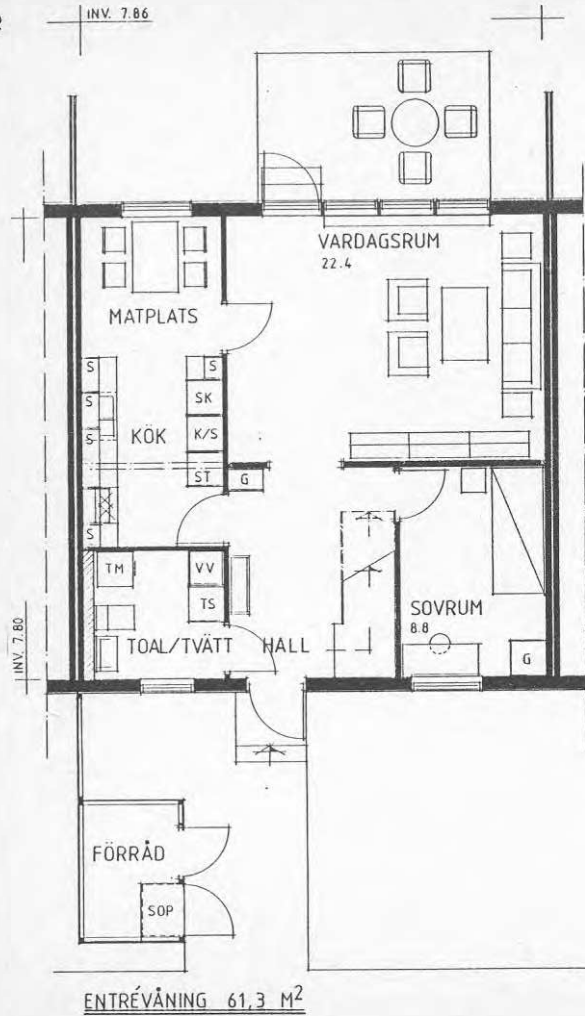


Fig 3.12 Provhus planer och fasader

**M5**



Varmvattenberedaren i hus C 14 är isolerad med uretanskum till skillnad mot beredaren i hus C 5. Tomgångsförlusterna i varmvattenberedaren i hus C 14 är betydligt lägre än tomgångsförlusterna i varmvattenberedaren i hus C 5.

### 3.3.2 Ventilation

I båda husen finns mekanisk frånluftsventilation av fabrikat SVAB typ SV-8. Ventilationskanalerna består av Spirorör med gummiringstättningar. Kanalerna dras ihop till en punkt på yttertak, där fläkthuset är beläget. Fläkthastigheten styres via reglerdon på spiskåpan i köket. Fläktarna är injusterade i tre lägen, halvt dimensionerande flöde, dimensionerande flöde och forcerat flöde.

Tilluften sker via springventiler i fönstrens karmöverstycken.

### 3.4 Effektbehov för transmission och ventilation, varaktighetsdiagram

Byggnadernas effektbehov för transmission och ventilation enligt SBN 75 är framräknat enligt tab. bil. 3:41 och 3:42 för hus C 5 resp C 14. Med ledning av klimatdata för åren 1930 till 1960 för närmaste SMHI-mätstation (Kristianstad) har effektbehovsdiagram ritats för husen. Med hänsyn till tillskott i form av gratisenergi ifrån hushåll, personer, sol etc och med en normal varmvattenförbrukning har energibehovet för jämförelsehuset beräknats, se diagram 3:43.

Vid dessa beräkningar har följande antagande gjorts.

Energibehov till hushåll ungefär 49 00 KWh per år.  
Energibehov till varmvattenberedning 3.500 KWh per år.  
Gratisenergi ungefär 8.500 KWh per år.  
Inomhustemperatur + 20° C.  
Ventilation, frivillig, 0,35 omsättningar per timme.  
Ventilation, ofrivillig, 0,20 omsättningar per timme.

Den ofrivilliga ventilationen motsvarar ungefär de värden man får vid mätning enligt spårgasmetoden, då tryckmätning ger resultatet 3,0 omsättningar per timme vid 50 pascals tryckskillnad.

Ovanstående antaganden utgjorde ett försök till en preliminär bedömning av energibehovet för byggnaderna och kontrollerades senare mot uppmätta värden.

### 3.5 Spanoterminstallation

Spanoterm centralenhet placerades i grovköket på den ordinarie varmvattenberedarens plats.

Totalt monterades 25 kondensorelement, varav 17 på nedre våningen och 8 på övre. Bil 3.5

Denna fördelning med de flesta kondensorererna i bottenvåningen baserades på ytförhållandena mellan våningsplanen, men även på en medveten underdimensionering av övervåningens värmeavgivare, eftersom vi kalkylerade med en värmetransport av värme från undre planet och upp genom trappöppningen.



I badrummet, där det endast fanns en liten tillgänglig plan takyta, monterades två speciellt långa kondensorer, som tillsammans motsvarade en standardkondensor.

Undertaket utfördes som gipsplank i sovrummen, två i övre och ett i undre planet. I övriga rum inkl kök och badrum monterades Spanoflex fribärande undertak av rayontrikå med brandhämmande beläggning.

Förångare monterades på havvinden. Två standardförångare med droppskålar hängdes upp i takstolarna. Avlopp från droppskålarna drogs till avloppsluftare från badrummet. Rördragningen mellan våningarna gjordes i en ursparad nisch i badrummet.

## 4 MÄTSYSTEM

### 4.1 Allmänt

I projektet har ingått att mäta en mängd för utvärderingen av värmepumpsystemet väsentliga data.

Automatisk registrering av vissa funktioner i värmepumpen samt av inom- och utomhusklimat har skett med en datamätningstrustning från Svenska Träforskningsinstitutet (STFI).

Med kännedom om de problem, som fortfarande ofta vidlåter datainsamlingssystem, beslöts att även utföra en del manuella mätningar, som komplettering under mätperioden. Se också beskrivning på mätutrustningen under 4.1.1.

Byggnadens status med avseende på värmeisoleringens täthet och ventilation mättes också med konventionella metoder.

Klimatmätningar har jämförts med tillgängliga data från SMHI:s kristianstadsstation, som ligger ca 30 km från provvillorna.

#### 4.1.1 Datainsamlingsutrustning enligt Svenska Trä-forskningsinstitutet (STFI)

##### 4.1.11 Mätningarnas omfattning

STFI har utfört mätningar av temperatur, luftfuktighet och energiförbrukning i de två provhusen. Syftet har varit att studera skillnader i energiförbrukning, komfort etc. STFI:s åtagande har omfattat mätningar och presentation av mätdata i form av plottade diagram.

##### 4.1.12 Mätutrustning

Mätningarna har utförts med hjälp av en utrustning utvecklad vid STFI. Utrustningen består av en centralt placerad mikrodator försedd med arbetsminne och kassett-bandsminne för datalagring. Givarna inkopplas till speciella anslutningsenheter som placeras lokalt vid varje mätställe. Via en sammanbindande kabel styr datorn inkopplingen av givarna och överföring av mätsignaler. Varje givare är försedd med en individuellt kalibrerad förstärkare vars utsignal varierar mellan 0 och 10 V.

Det aktuella mätsystemets uppbyggnad framgår av ritningarna (bil 4:11 och 12), systemskissen (bil 4:13) samt givarförteckningen (bil 4:14-17). Totalt har systemet bestått av ca 60 temperaturgivare, 5 fuktgivare, 2 givare för energiförbrukning samt 1 givare för indikering av elradiatorernas inkopplingstid. Under mätperiodens senare del kompletterades mätsystemet med tre givare för indikering av solsken, vindhastighet och vindriktning. Tidvis anslöts också två givare för riktad operativ temperatur vardera bestående av sju temperaturgivare.

Några bortfall av givare har skett under mätningarnas gång. Dessa beror i de flesta fall på sönderbrända eller avskurna kablar. Vilka givare som fallit bort framgår av givarförteckningen.

Temperaturgivaren består av en termistor (FENWALL UUA 3331) och en specialbyggd förstärkare. Den senare förekommer i två versioner med olika mätområden. Typ T2 används för mätningar inom området

-30°C till +55°C. Noggrannheten är  $\pm 0,4^\circ\text{C}$  över  $0^\circ\text{C}$  och  $\pm 0,6^\circ\text{C}$  under. För högtemperaturmätningar används typ T3, som har mätområdet utökat från -30°C till +120°C. Noggrannheten hos denna givare är  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

Riktade operativa temperaturer har mätts med hjälp av en svartmålad kub av polystyren, där sidorna försetts med temperaturgivare. Kubens mått är 100x100x100 mm. Mitt på varje sida har limmats ett kopparbleck med tjockleken 0,15 mm och storleken 15x15 mm. På detta bleck har i sidan monterats en termistor av samma typ som ovan. Diagonalt genom kuben går ett meter långt mässingsrör, som vid mätning monteras på ett annat mässingsrör, så att givaren kan orienteras i önskad riktning. För mätning av luftens temperatur finns en extra temperaturgivare monterad i ett skydd av aluminiumfolie för att minska inverkan av strålning. En skiss visande givarens utseende återfinns i bil 4:18.

Utförda prov visar att givaren är snabb och närmar sig sluttillståndet efter några minuter. En enkel jämförelse med en strålningsmätare av typ Thermofil visar måttlig överensstämmelse i mätvärdena. Det bör dock påpekas att det senare instrumentet är mycket känsligt. Det kan därför vara svårt att ställa in exakt riktning vid en jämförelse. En påverkande faktor kan också ha varit att termistorerna på kubsidorna ligger någon millimeter utanför kubsidan, vilket gör att givaren tar in en något större rymdvinkel än 27°. För att ge en uppfattning av rums klimatet torde dock anordningen vara fullt användbar.

Fuktgivaren är försedd med en kapacitiv sensor från VAISALA OY (HM 6061 HUMICAP). I en elektronikenhet, som ligger nära sensorn alstras en frekvens, som varierar med luftens fuktighet. Denna frekvens omvandlas till en spänning med hjälp av ett anpassningskort, som ansluts direkt till mätsystemets analoga ingångar. Hela fuktgivaren är utförd med så små dimensioner som möjligt, för att kunna monteras inuti byggnadsdelar, något som dock inte utnyttjats i detta fall.

Kalibrering av fuktgivarna har utförts i klimatskåp vid STFI med hjälp av referensgivare. Mätfelet hos givaren har beräknats till  $\pm 2\%$  RF förutsatt att sensorn inte skadats av smuts under mättiden. Fel orsakade av nedsmutsning är mycket svåra att uppskatta och givare som uppvisat orimliga värden har därför bytts ut. I möjligaste mån har problemet minskats genom användning av filter omkring sensorerna.

Energimätaren består av en optiskt kopplad räknare, som räknar antalet varv hos den roterande skivan hos en vanlig energimätare. En elektronikenhet omvandlar antalet pulser till en spänning anpassad till mätsystemet. Givaren summerar energiåtgången per tidsperiod (2 tim) och mätvärdet är sålunda ett mått på använd medeleffekt under perioden. Energiåtgången fås genom integrering av den kurva, som erhålles vid databearbetningen.

#### 4.1.13 Datainsamling

Mätsystemet har varit drift från vecka 10 1979 till vecka 24 1980. Figur 4.1.13 visar under vilka perioder användbara data insamlats. I figuren har också markerats de mätperioder, då mätningar skett av riktade operativa temperaturer.

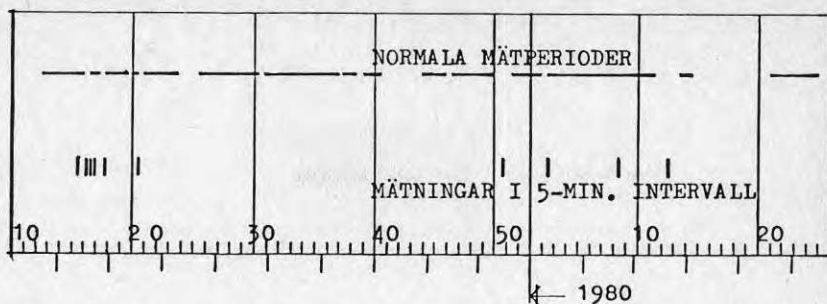


Fig. 4.1.13. Mätperioder

Datainsamlingen styrdes av mikrodatorn och dess program. Under normala mätperioder avlästes givarna 16 ggr per 2-timmarsperiod, varefter datorn beräknade medelvärdet och lagrade detta på en bandkassett. Under intensivmätperioderna byttes programmet ut mot ett annat, som gav avläsning var femte minut utan medelvärdesbildning.

Samtliga inspelade kassetter sändes genom LB-Hus' försorg till STFI, där överföring skedde till flexskivor. I samband därmed bearbetades mätvärdena en första gång. Slutbearbetning med hänsyn till individuella kalibreringskurvor utfördes först i samband med plottning av kurvor. Denna procedur var nödvändig, eftersom fuktgivarna efterkalibrerades sedan de plockats ut.

#### 4.2 Energimätningar

Förutom de datorregistrerade energimätningarna enligt 4.1.12 har regelbundna manuella avläsningar av konventionella energimätare enligt nedan skett.

##### Hus C5

Totalförbrukning  
Elradiatorer  
Varmvattenberedare, tillförd energi

##### Hus C14

Totalförbrukning  
Elradiatorer  
Extra radiatorer i bad ö v

Elradiatorer i bad på övervåning i hus C14 insattes vid årsskiftet 79/80, då det visat sig att värmepumpsanläggningens konvektor i detta utrymme var klart underdimensionerad.

#### 4.3 Termografering

Termografering har utförts av laboratoriet för byggnadsfysik och

vvs-teknik vid Statens Provningsanstalt i Borås i princip enligt SIS 024210.

Mätningarna utfördes för båda husen 1979-03-30.

Vid mättillfället var byggnaderna ej helt färdigställda invändigt, då det ansågs fördelaktigt att utföra termograferingen vid denna tidpunkt. Dels då det erfordras en viss temperaturskillnad vid mättillfället mellan utomhus- och inomhusklimat och dels då man önskade få byggnaderna så nära byggnormens rekommendationer i täthet som möjligt. Kompletterande tätningar kunde alltså göras innan byggnaderna färdigställdes.

De rekommendationer om åtgärder som lämnades i Provningsanstaltens rapport genomfördes också innan köparna flyttade in i husen. För att kontrollera effekten och åtgärderna utfördes täthetsmätningar med tryckmetoden, se 4.4, vid tre olika tillfällen.

#### 4.4 Täthetsmätningar enligt tryckmetoden

Täthetsmätningarna utfördes med luftflödesmätare av fabrikat USM.

Första omgången tryckmätningar utfördes 1979-03-19, d v s innan värmefotograferingen. Efter vissa täthetsåtgärder utfördes en ny tryckmätning 1979-04-03 och efter ytterligare en del åtgärder en tredje gång 1979-06-19.

Protokollet från de sista mätningarna bifogas, se bil 4.4.1 och 4.4.2.

Vid den sista tryckmätningen uppmättes tätheten till 2,25 omsättningar per timme i hus C 5 och 3,12 omsättningar i hus C 14 (medelvärden av luftomsättningarna vid 50 pascals tryckskillnad, vid över- resp undertryck).

För mätningar och kontroll av läckage användes Thermo-anemometer GGA 23 s av fabrikat Wallac.

#### 4.5 Ventilationsmätningar

Den ventilationstekniska installationen framgår av 3.3.

Ventilationsanläggningen kontrollerades och injusterades med hjälp av ventilationsmätare typ AFM 66 B av fabrikat SWEMA.

Anläggningarna justerades så att rekommendationerna i SBN 75 uppfylldes så nära som möjligt.

Vid dimensionerande flöden uppmättes 0,51 omsättningar per timme resp 0,50 omsättningar per timme för C 5 och C 14.

Vid halvt dimensionerande flöde uppmättes på samma sätt 0,27 resp 0,26 omsättningar per timme.

Se provningsprotokoll bil 4.5.1 och 4.5.2.

#### 4.6 Tappvarmvattenmätningar

I hus C 5 har tillförd energi till varmvattenberedaren kontinuerligt

registrerats manuellt med en konventionell kilowattimmätare av typ ERMI.

I hus C 14 värmes tappvarmvattnet av kondensorslingan från värmepumpen, varför energin för uppvärmning av varmvattnet ingår i tillförd energi till värmepumpen.

För mätning av förbrukat tappvarmvatten i båda husen installerades en Hydrometer, elektronisk värmemätare typ BZT 303 på från varmvattenberedaren utgående tappvarmvattenledningar.

Det visade sig dock att dessa mätare fungerade dåligt för mätning av energiinnehållet i varmvattnet, då känselkropparna för mätning av temperaturdifferensen har alltför lång reaktionstid för att kunna mäta de mycket vanliga korta tappningarna av varmvatten.

Däremot fungerar mätarna troligtvis med god noggrannhet för mätning av vattenflödena. Dessa mätningar registrerades också manuellt under hela provningstiden.



## 5 UTFÖRDA MÄTNINGAR OCH PROVER

## 5.1 Klimat

Utom- och inomhusklimat har under mätperioden registrerats kontinuerligt med data enligt föregående kapital. Mätningarna av utomhusklimat har kompletterats med uppgifter från SMHI:s mätstation i Kristianstad.

## 5.2 Energi

De utförda mätningarna framgår av 4.2.

## 5.3 Värmepump och varmvattenberedare

## 5.3.1 För att få en uppfattning om värmepumpens driftsförhållanden mättes temperaturer på ett antal ställen i värmepumpsystemet.

Relevanta temperaturer i köldmediekretsen har ansetts vara temperaturen på köldmedierör

## Bilaga

- via utlopp kompressor	5.3.11
- efter varmvattenberedare	5.3.11
- mellan och efter kondensor	5.3.12 -13, 18 och 19
- vid mellanstrykning	5.3.14 och 20
- efter strykning	5.3.14 och 20
- i förångare	5.3.15 -16 och 21
- efter förångare	5.1.15
- vid utlopp kompressor	

Yttemperaturen på varmvattenberedaren har mätts på tre ställen: topp, mitten och botten. Bilaga 5.3.17 och 22.

Lufttemperaturer inomhus har mätts dels i öppning mellan vardagsrum och hall vilket ansetts svara mot inomhustemperaturen samt dels i undertak i närheten av kondensorer - konvektorer.

Lufttemperaturen utomhus har mätts vid takfot åt öster.

## 5.3.2 Referenshus, temperaturer

Referenshusets inomhustemperatur har mätts i öppning mellan hall och vardagsrum.

Utomhustemperaturen har varit den som uppmätts vid värmepumphuset.

På varmvattenberedaren har temperaturer vid toppen, på mitten och på botten mätts. Bilaga 5.3.23.



### 5.3.3 Värmepumphus och referenshus, varmvattenmängder

Varmvattenmängder i respektive hus har mätts med de vattenmätare som ingick i värmemängdsmätningen från beredarna. Dessa vattenmätare var placerade efter en blandningsventil, varför man med vetskap om blandningsventilens inställning och kallvattentemperaturen kan bestämma energiuttaget ur varmvattenberedarna.

## 6 MÄTRESULTAT

### 6.1 Klimat

Utomhusklimatet har registrerats kontinuerligt. Samma gäller även för klimatet inomhus och på havvindar samt i kryppgrunder. De mätningar, som har utförts har omfattat temperatur och fukt i dessa punkter, utomhus har också vindhastighet, vindriktning och sol registrerats.

#### 6.1.1 Temperatur- och fuktförhållanden inom- och utomhus

Kontinuerlig registrering med STFI:s data har skett under hela mätperioden, d v s från vecka 12 1979 till vecka 26 1980.

Kortare avbrott i registreringarna har skett vid ett par tillfällen för justering av datorn, byte av komponenter och vid de tillfällen, då mätningar av operativa temperaturen inomhus har utförts, se fig 4.1.13.

Vid mätningar av den operativa temperaturen byttes nämligen promarna i datorn för att få kortare tidsintervallar mellan registreringarna av mätvärdena. Mätningar av operativa temperaturer har tagit knappt ett dygn vid varje enskilt tillfälle.

De något längre avbrott som skett vid ett par tillfällen i dataregistreringen har berott på fel i datorn, bandspelare eller sommartid p g a semester.

Avbrottsperioderna, som även gäller övriga dataregistrerade mätningar, framgår av diagram 6:11 till 6:14.

Totalt utgör avbrotten ca 60 dygn under mätperioden, d v s ca 15 % av tiden.

Manuella mätningar har också utförts regelbundet.

Mätningar av utomhusklimat har enligt vad som tidigare nämnts kompletterats med SMHI:s vid Kristianstads väderstation.

#### 6.1.2 Vind- och solmätningar

Ca 3 m ovan taknock i hus C 14 placerades mätdon för registrering av vindriktning, vindhastighet och sol. Solmätningssystemet var så utformad att den endast registrerade direkt solsken eller icke solsken. Solmätningen ger alltså ingen anvisning om solstrålningens intensitet.

#### 6.1.3 Temperatur och fukt i kryppgrund och på havvind.

Dataregistreringen av klimatet i dessa punkter framgår av diagrammen bil 8:15-18 för husen C 5 och C 14.

### 6.2 Energimätningar

#### 6.2.11 Hus C 5

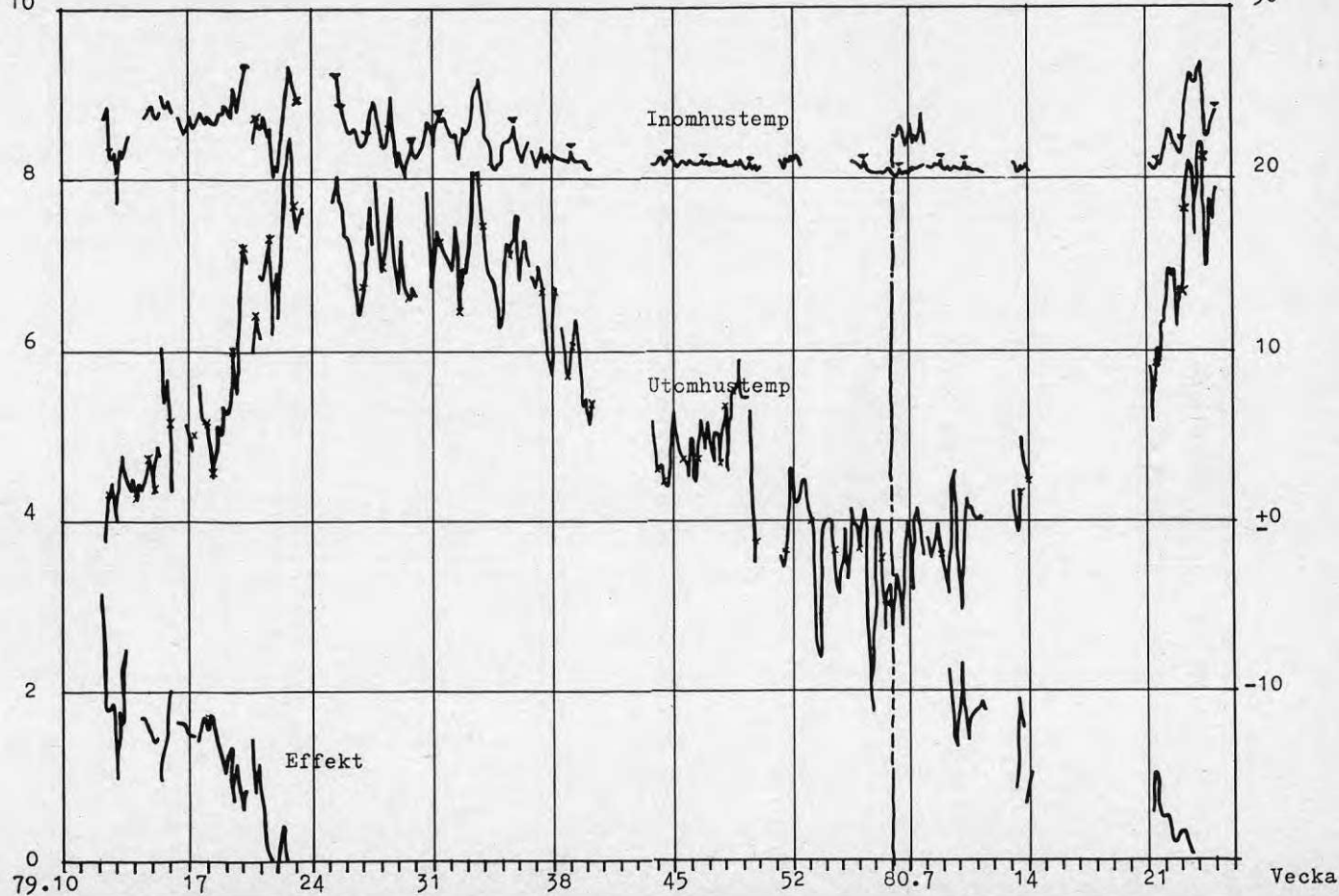
Dataregistrering av energibehovet till uppvärmning (direktverkande elradiatorer) har bara fungerat under kortare perioder, varför den vidare bearbetningen helt grundar sig på de manuella mätningar som utförts.

Effekt kW

10

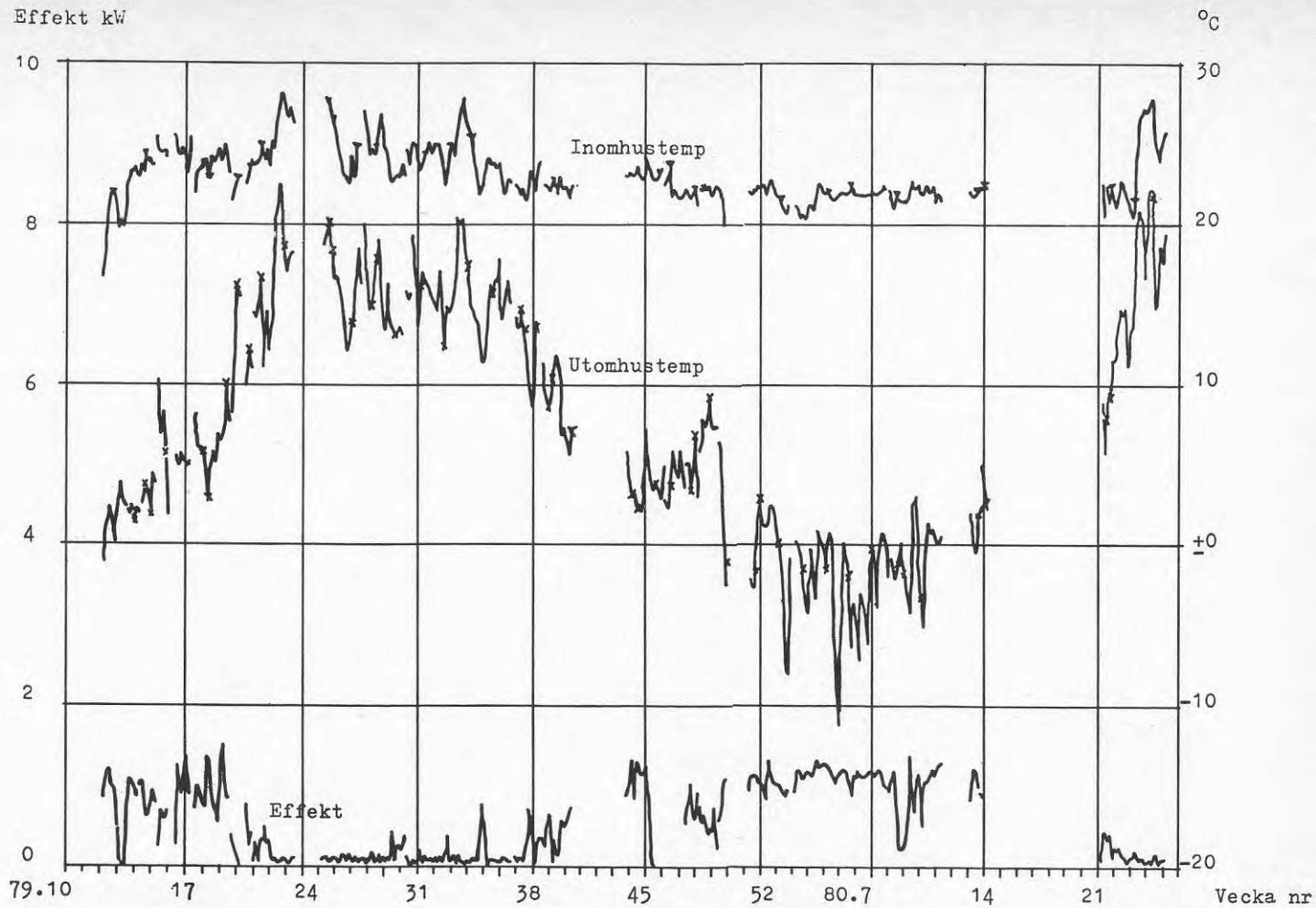
°C

30

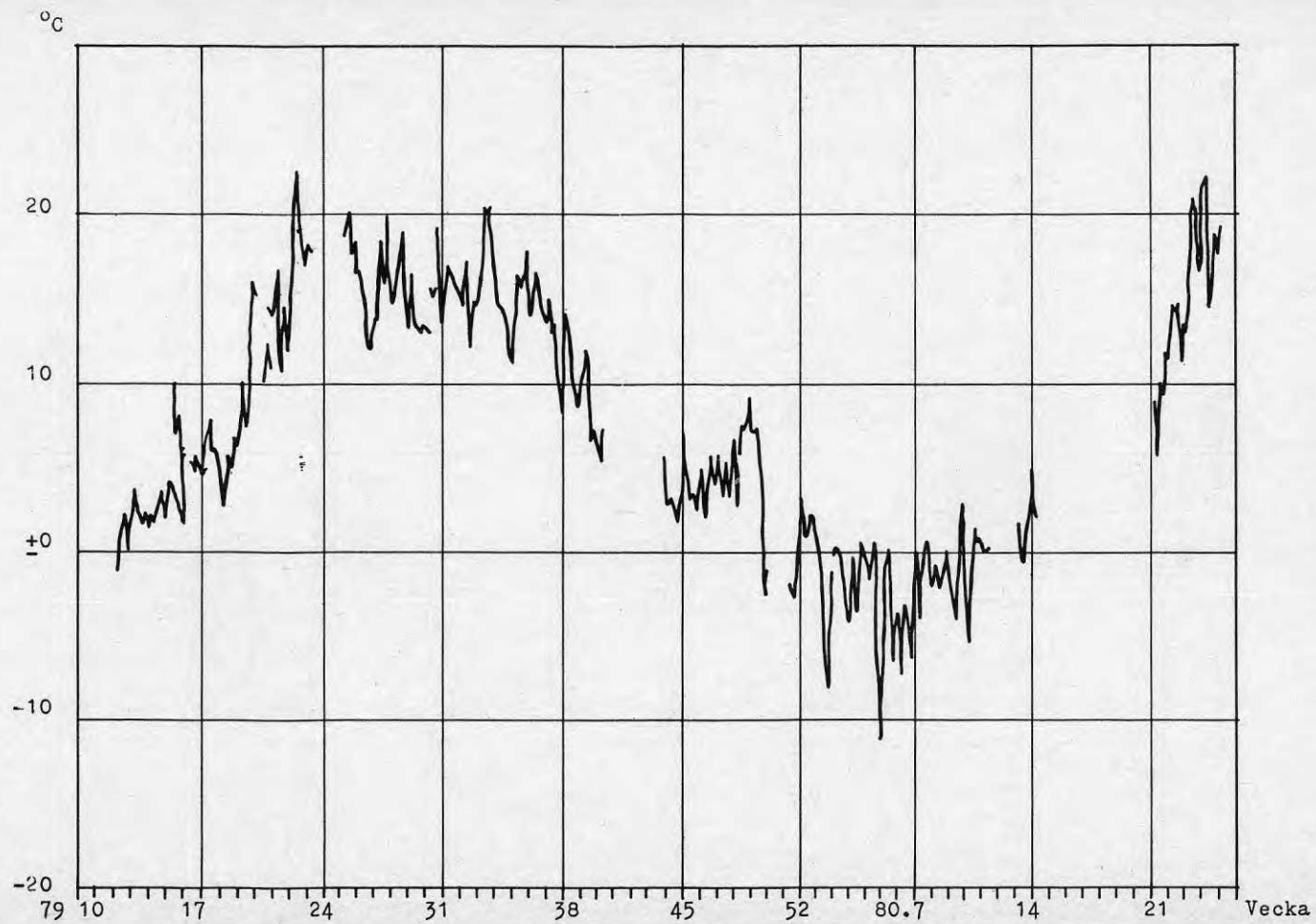


Diagr 6.11 Temperaturer inomhus och utomhus samt erf effekt för uppvärmning direktel Hus C5.

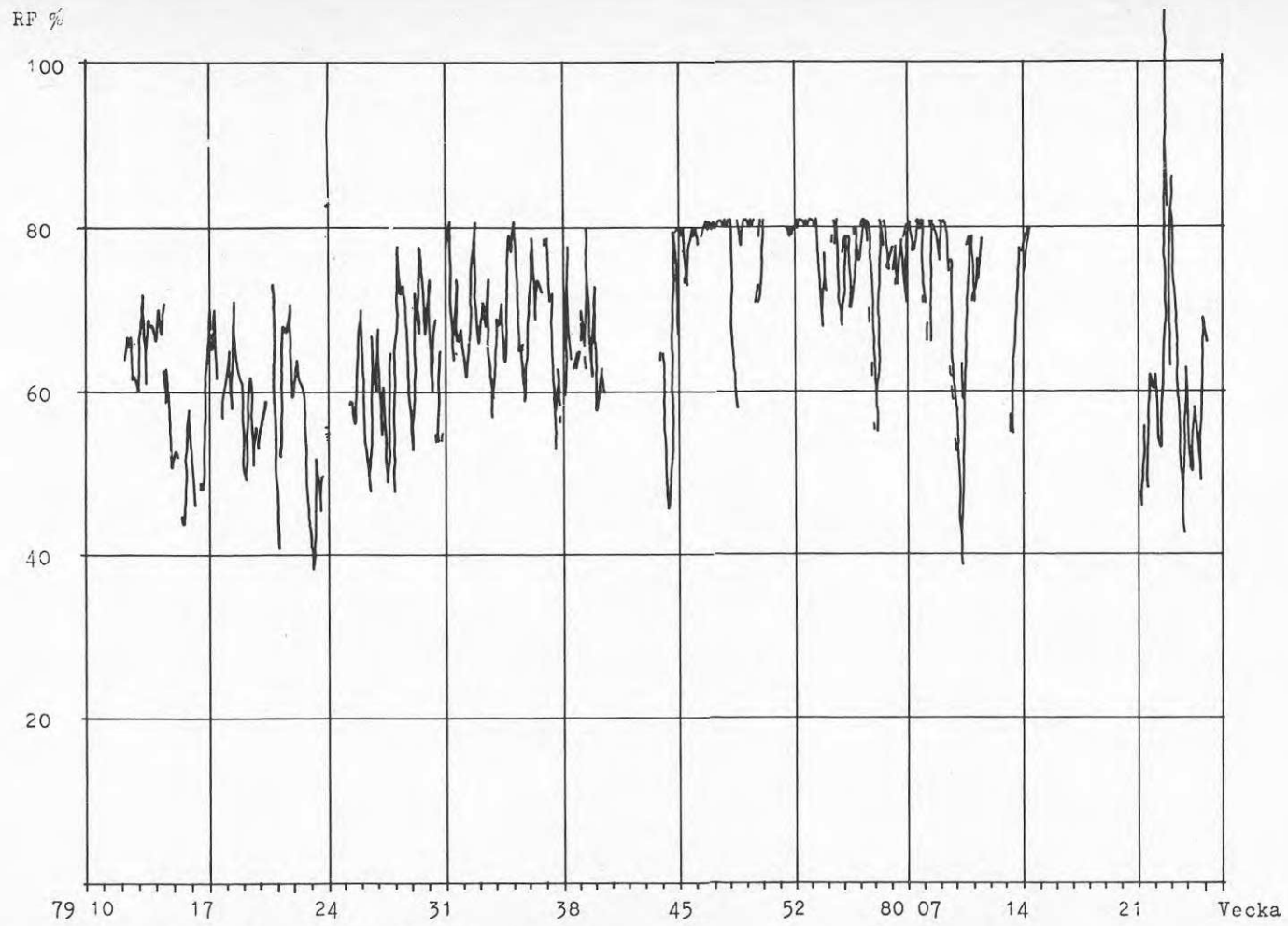
Effekt kW



Diagr. 6.12 Temperatur inomhus och utomhus samt erf effekt till värmepump Hus C14



Diagr 6.13 Utomhustemperatur under mätperioder.



De manuella mätningarna av energin till elradiatorer resp varmvattenberedare har fungerat tillfredsställande.

Varmvattenmätaren registrerar dock enligt kontroller gjorda såväl före som efter mätperioden 2 á 3 % för låga värden. Summerat över hela mätperioden innebär detta dock mindre än 100 KWh.

Den totala elenergin till huset har regelbundet registrerats manuellt under hela mätperioden. Trots att mätaren som ägs och satts upp av kommunen är en precisionsmätare, förefaller det som något för låg förbrukning registrerats, förmodligen har detta berott på någon yttre störning, som ej kunnats lokaliseras. Totalmätarens värden har inte använts för den vidare bearbetningen.

#### 6.2.12 Hus C 14

I detta hus förefaller energimätarna ha fungerat tillfredsställande över hela mätperioden.

Värmepumpens elmätare har försetts med anordning för dataregistrering av elförbrukningen och denna har också fungerat under större delen av mätperioden. I övrigt har manuella mätningar utförts för såväl totalförbrukning, värmepumpens energiförbrukning, elradiatorernas energiförbrukning och energiförbrukningen i en extra radiator i badrum på övervåningen.

Denna extra radiator har installerats, då det visade sig att konvektorerna i värmepumpsystemet i badrummet varit underdimensionerade. De registrerade värdena på elförbrukning har ritats in i diagram 8:22.



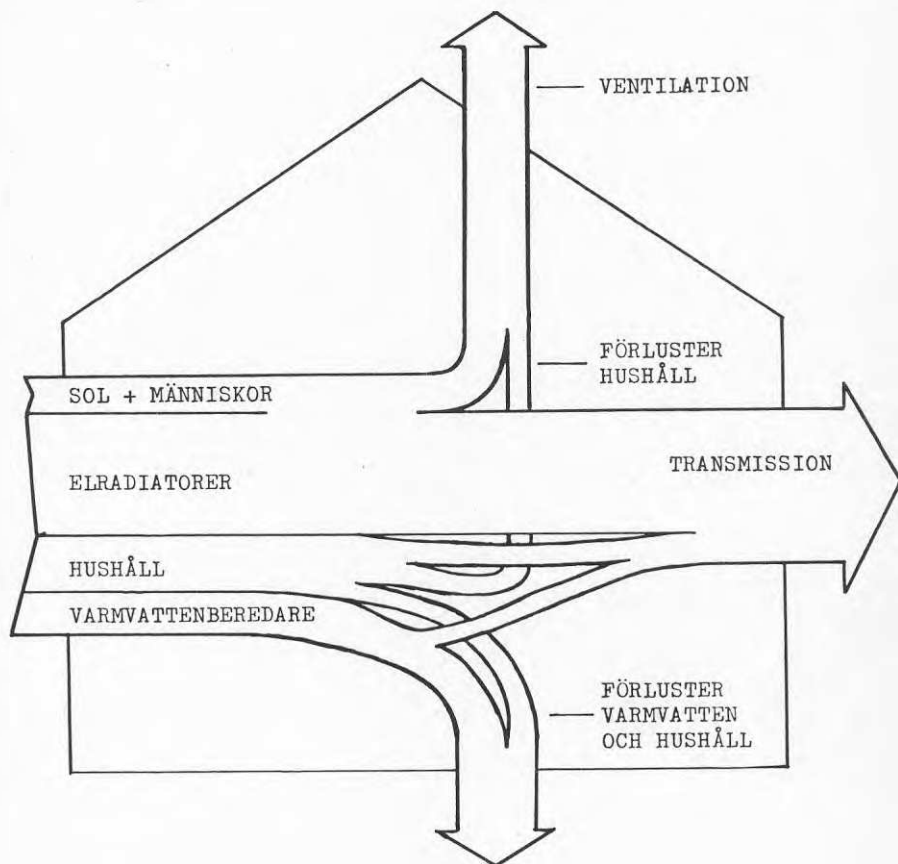


Fig 6.21 Energibalans Hus C 5

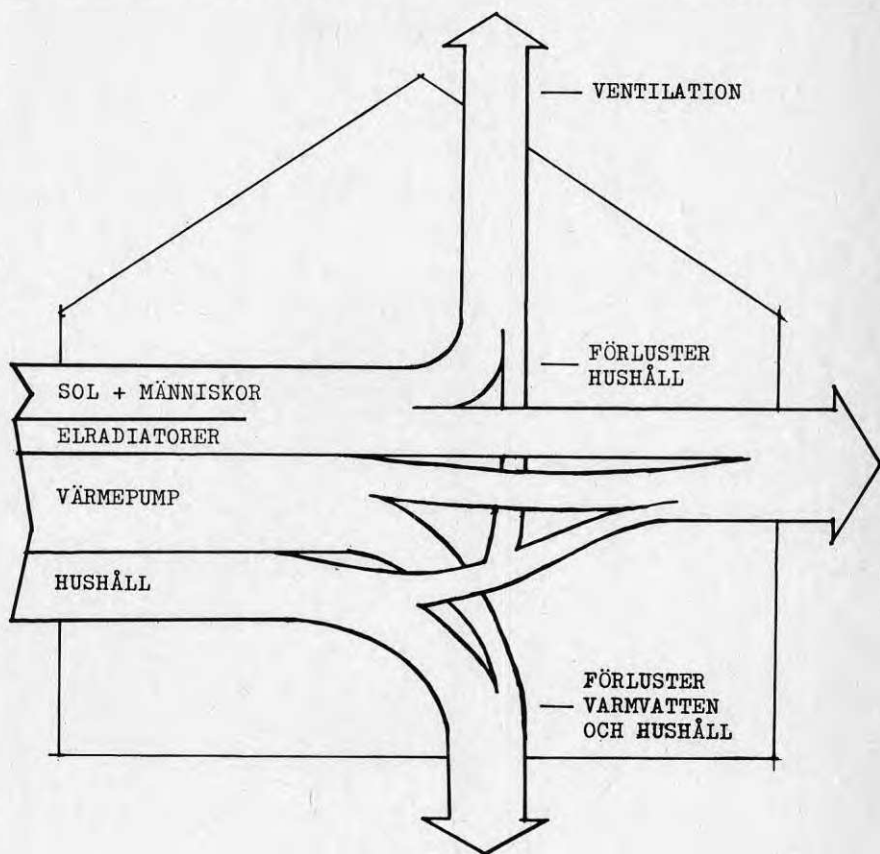


Fig 6.22 Energibalans Hus C 14 Spanoterm.

## 6.2.2 Energi under intensivmätperioderna

Mer omfattande mätningar gjordes under fem kortare perioder.

Dessa var

- period 1 790621-790709
- period 2 790917-790926
- period 3 800108-800126
- period 4 800227-800314
- period 5 800519-800528

I tabell 6.2.2 a har elförbrukning och varmvattenförbrukning sammanställts för värmepumphuset och referenshuset.

Elförbrukningen anges som medeleffekt under mätperioden och varmvattenförbrukningen anges som medelförbrukningen under mätperioden.

Mät-period	Värmepumphus				Referenshus			
	$P_{totm}$ W	$P_{vpm}$ W	$P_{tillsm}$ W	qv x) l/h	$P_{totm}$ W	$P_{elradm}$ W	$P_{vrbm}$	qv l/h
1	452	95	-	3.6	524	41	350	4.8
2	792	334	-	6.7	962	511	339	5.8
3	2259	1205	478	5.3	2513	2135	372	5.9
4	2093	1077	419	8.1	2140	1774	372	4.9
5	678	275	57	7.3	1063	613	372	5.4

Tabell 6.2.2 a. Sammanställning av uppmätta medeleffekter och varmvattenförbrukning under mätperioderna 1-5.

x) Varmvattenmängd i värmepumphuset har korrigerats med avseende på den under period 1 och 2 felställda blandningsventilen.

Såsom framgår av tabell 6.2.2 a ger en jämförelse mellan  $P_{totm}$  och summan av  $P_{elradm}$  och  $P_{vrbm}$  för referenshuset att någon hushållsel ej förbrukats. Vid kontroll har alla mätare visat sig befinna sig inom felgränserna. Totalmätaren, som var placerad utomhus, är mest misstänkt för att av någon anledning ha gått för sakta. Se vidare under Analys av resultatet, kapitel 8.

Medelvärde av inomhustemperatur och utomhustemperatur under mätperioderna 1-5 redovisas i tabell 6.2.2 b för värmepumphuset och referenshuset.

Mät-period	Värmepumphus			Referenshus		
	$t_{in,em}$ °C	$t_{ut,em}$ °C	$\Delta t_m$ °C	$t_{in,em}$ °C	$t_{ut,em}$ °C	$\Delta t_m$ °C
1	25.7	16.2	9.5	23.5	16.3	7.2
2	22.6	11.0	11.6	21.3	11.2	10.1
3	21.4	-1.8	23.2	20.7	-1.8	22.5
4	22.2	-0.3	22.5	20.5	-0.4	20.9
5	21.8	10.2	11.6	21.0	10.2	10.8

Tabell 6.2.2 b. Sammanställning av medelvärden av inomhus- och utomhustemperaturerna för värmepumphuset och referenshuset under mätperioderna 1-5.

Anm. Utetemperaturen kan skilja sig något p g a att mätperioderna inte var exakt samma för de båda husen.

### 6.3 Värmepumpens drift

#### 6.3.1 Allmänt

Värmepumpens drift redovisas bäst i form av temperaturkurvor under driftåret. I diagrambilagan redovisas därför de i 5.3.1 angivna temperaturerna. I samband med kortfattade kommentarer ges nedan exempel på de diagram som för hela året finns redovisade i diagrambilagan. I detta kapitel har perioden vecka 948-005 valts för att exemplifiera de uppmätta temperaturerna.

#### 6.3.2 Yttemperatur på köldmedierör efter kompressor och vid utlopp efter varmvattenberedare

I diagram 6.3.2 redovisas yttemperaturen mätt på köldmedierören efter kompressor och efter varmvattenberedare. Tryckrörstemperaturen har legat strax över 120 °C under så gott som hela säsongen. Temperaturer på köldmedieröret efter varmvattenberedaren var fram till vecka 20 -79 (se diagrambilagan) väldigt hög då något varmvatten ej togs ur beredaren.

Från och med vecka 20 -79 har temperaturen varierat mellan 18 och 42 °C fram till vecka 40 -79. Den 10 oktober -79 justerades blandningsventilen efter beredaren. Den hade tidigare varit helt öppen, vilket medfört framledningstemperaturer på 75-80 °C. Efter justering var temperaturen 55 °C på vattnet efter blandningsventilen.

Från vecka 43 -79 då mätdata åter föreligger har temperaturen efter beredaren varit ända upp till 75 °C med ett medelvärde varierande mellan 40 och 55 °C. Den högre temperaturen torde till viss del kunna förklaras av att uppvärmningsbehovet blivit betydligt större än varmvattenbehovet.

#### 6.3.3 Yttemperatur på köldmedierör vid kondensor

I diagram 6.3.3 redovisas yttemperaturen på köldmedierör vid en kondensor i vardagsrummet i undervåningen. I samma diagram finns även inomhustemperaturer och utomhustemperaturen inlagd.

I dessa diagram framgår väldigt tydligt när värme avgivits till kondensorererna. Låga utomhustemperaturer har medfört låga kondensortemperaturer. Detta har märkbart påverkat inomhustemperaturen då tillsatsvärmern gått in vid behov.

#### 6.3.4 Yttemperatur på köldmedierör efter kondensorer

I diagram 6.3.4 redovisas yttemperaturen på köldmedierör efter kondensorer från över- respektive undervåningen. Temperaturen på köldmediekondensatet har varit i stort densamma för över- som undervåningen frånsett perioder med låg utomhustemperatur. Under dessa perioder har kondensatet från övervåningen varit upp till ca 10 °C kallare än kondensatet från undervåningen. Vid låga utomhustemperaturer och relativt stort effektuttag ur förångarna blir temperaturen på hanvind låg varför kondensorer i övervåningen belastas mer än kondensorer i undervåningen med åtföljande större underkyllning.

#### 6.3.5 Yttemperatur på köldmedierör vid mellanstrykning och efter strykning

I diagram 6.3.5 redovisas yttemperatur på köldmedierör vid mellanstrykning och efter strykning.

#### 6.3.6 Lufttemperatur på hanvind och yttemperatur på köldmedierör i förångare

I diagram 6.3.6 redovisas lufttemperaturen på hanvind samt yttemperaturen på ett köldmedierör i en av förångarna. Av diagrammen kan man vid några driftsfall få en uppfattning om temperaturdifferensen mellan luft före förångare och förångningstemperatur. Se även bilaga 6.3.61.

#### 6.3.7 Lufttemperaturen över och under förångare

I diagram 6.3.7 redovisas lufttemperaturerna över respektive under en förångare. Temperaturdifferensen mellan de uppmätta temperaturerna har varit upp till 10 °C.

### 6.3.8 Sammanfattning

Sammanfattningsvis har med utgångspunkt från tillgängliga mätdata inga onormala temperaturer registrerats under mätperioden.

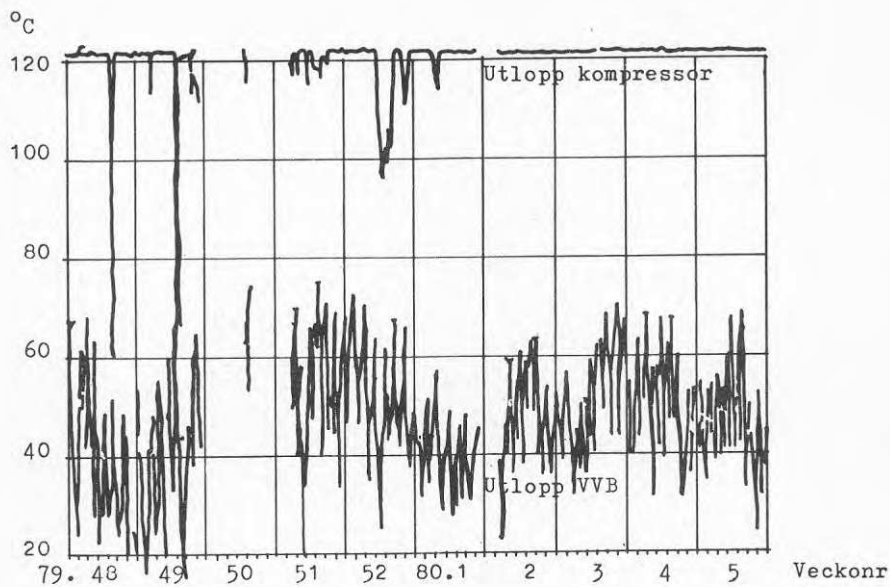


Fig 6.3.2 Temperaturer i kondensorslinga VVB

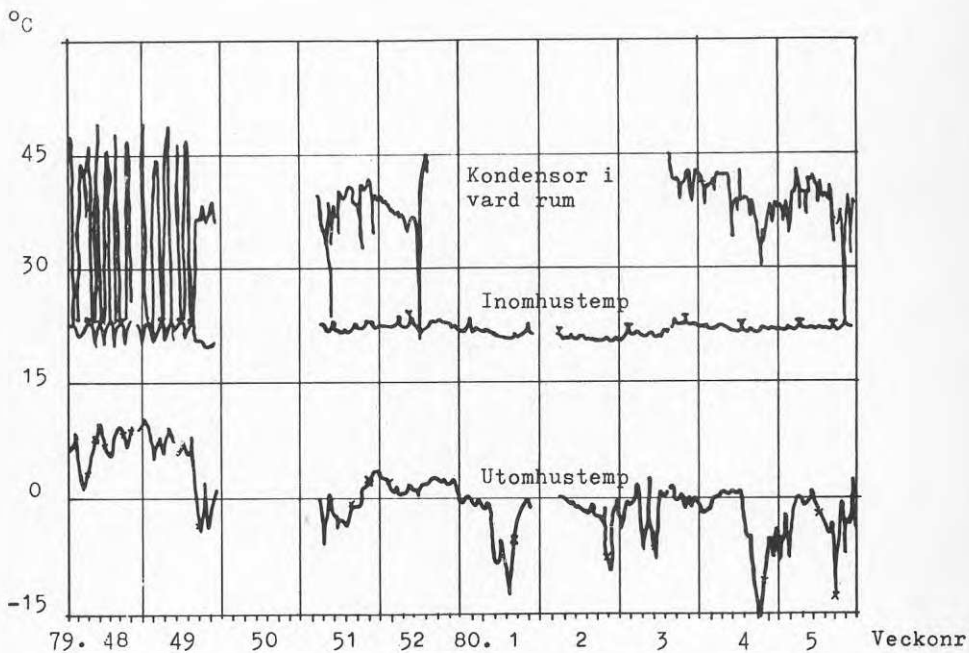


Fig 6.3.3. Kondensortemp i vardagsrum . Inom- och utomhustemp.



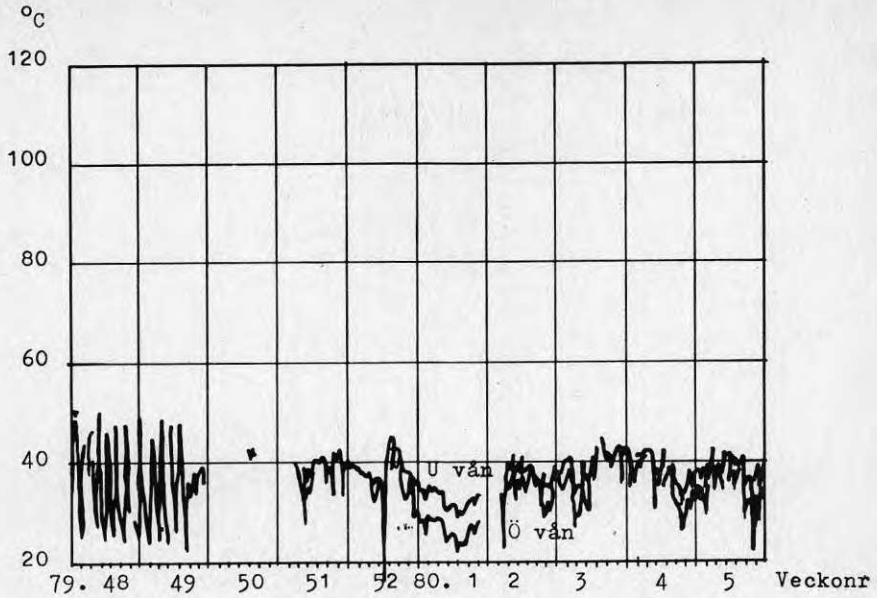


Fig 6.3.4. Kondensortemp i övervån och undervån

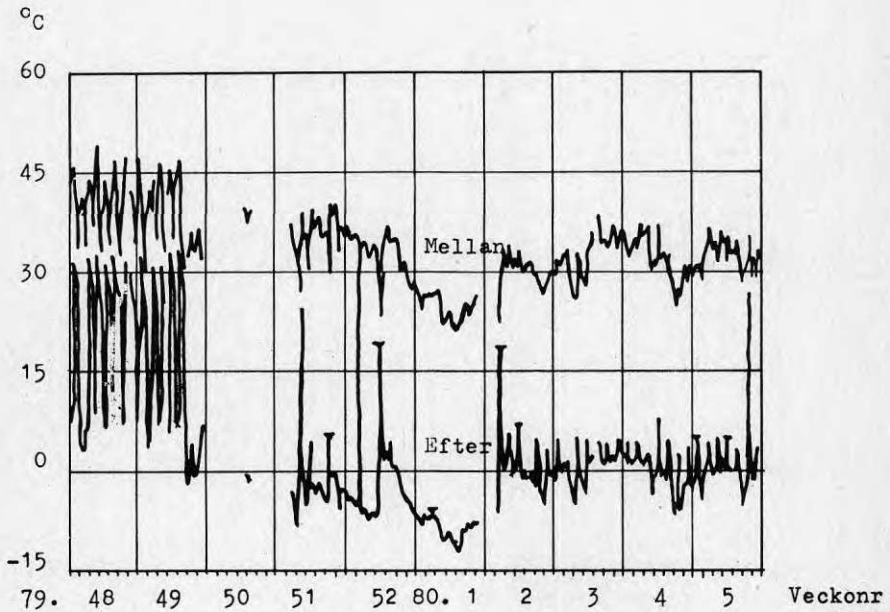


Fig 6.3.5 Temp mellan och efter strypning.

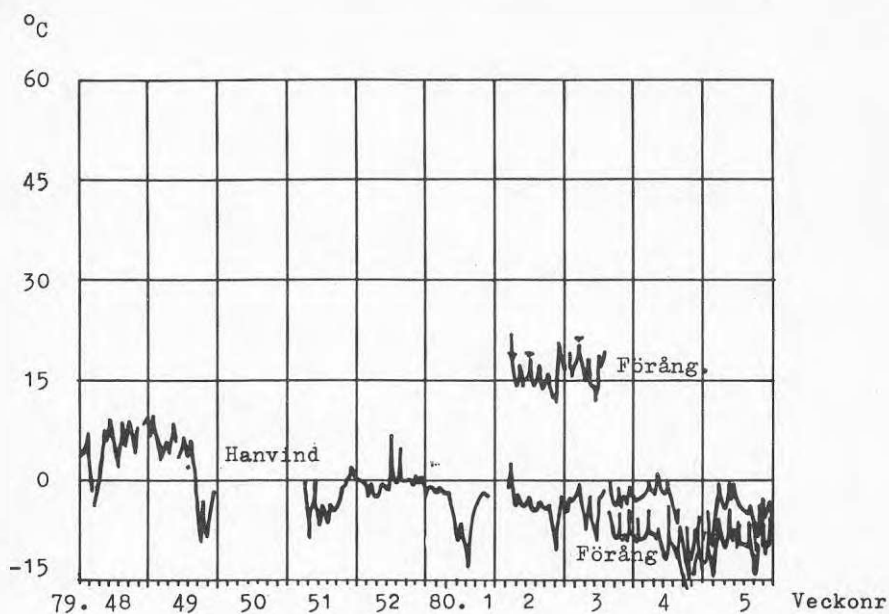


Fig 6.3.6 Temp på hanvind och vid förångare.

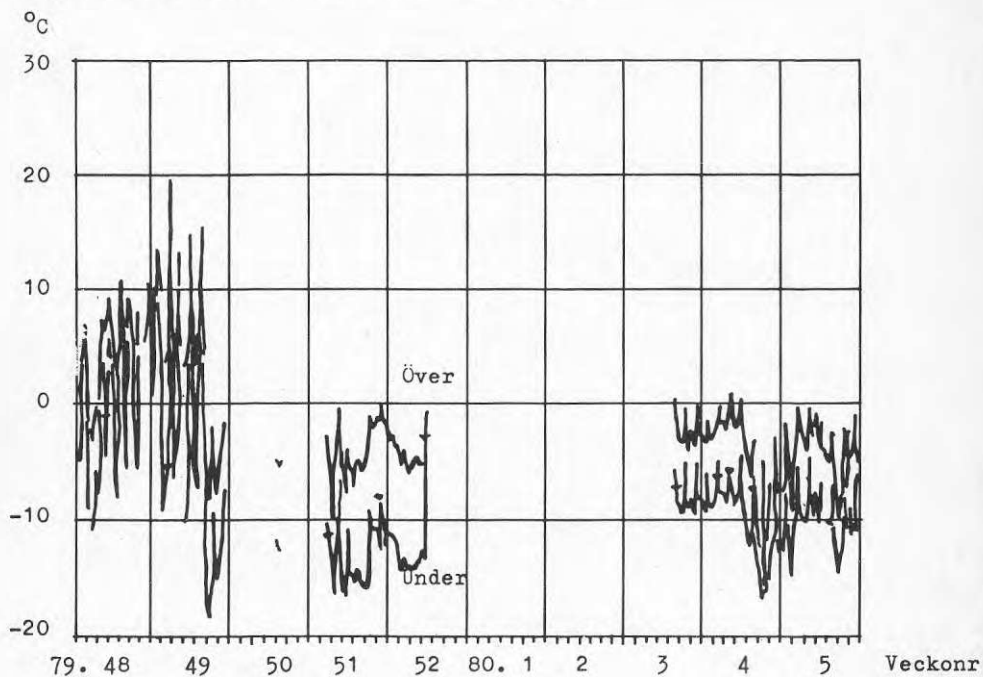


Fig 6.3.7 Temp över och under förångare

## 7 PRAKTISKA DRIFTERFAREHETER

### 7.1 Allmänna drifterfareheter

I stort har värmesystemet i Spanotermhuset fungerat som avsett. De boende i huset har inte märkt några väsentliga skillnader i rumskonfort med Spanotermvärme i jämförelse med traditionella värmesystem.

Tekniskt har värmepumpen också i huvudsak fungerat efter planerna. Flera justeringar och förändringar har dock gjorts under provtiden.

Nedan beskrivs ur dagboksanteckningar speciella åtgärder som vidtagits eller synpunkter som framkommit.

### 7.2 Förångare på hanvinden

Avfrostningen av förångarna sköts automatiskt av Spanotermautomatiken och den upplagrade värmen i varmvattenberedaren används som magasin för hetgasavfrostningen.

Vid avfrostningscykeln mitt på dagen smälter isen på förångaren och vatten droppar ner i droppskålarna, som har värmeisolerat avlopp, ner till husets avloppssystem.

Droppskålarna och avloppet hålls frostfria med hjälp av värmekabel, då vindtemperaturen är lägre än 0°C.

Vid Spanotermmontaget fanns inte värmekabeln på plats, den skulle monteras senare. Detta glömdes bort och resultatet blev sönderfrysning av droppskålsavloppet och vattenläckage ner i bjälklaget med fuktskador i undertaket som följd.

De två förångarna hade först placerats några meter från varandra på vinden, men eftersom de tog för stort utrymme från vinden flyttades de ihop till ett kompaktare montage.

Ett begynnande mögelangrepp på två takstolar åtgärdades med träskyddsmedel och kunde stoppas. Anledningen till mögelangreppet är den relativa luftfuktighet, som uppmätts på vinden. Fuktbalansen i vindsutrymmet är oklar. Teoretiskt kommer förångarna att torka ut utrymmet, men samtidigt orsakar förångarna nerkylning av omkringliggande yta och kan därför ge risk för kondensbildning.

### 7.3 Kondensorererna

I vissa utrymmen blev kondensorererna underdimensionerade och gav för litet värme. Detta gäller i stort för andra våningen, som beräknades få värmebidrag från undervåningen, men eftersom dörrarna till sovrummet och badrummet oftast hålls stängda hindrades värmetransporten.

Badrummet samt takkupa i sovrum mot väster på övre våningen fick åtgärdas. I badrummet genom montage av elradiator och i takkupan genom montage av ytterligare en kondensor alldeles ovanför fönstret.

Familjen, som bor i huset har uttryckt att man ibland saknat den "goa" värmen, som strålar ut från traditionella radiatorer. Det

kan vara en ovana vid strålningstakvärmen, som ger en annorlunda värmeupplevelse. Uppmätta operativa temperaturer har visat normala värden.

#### 7.4 Centralenheten

Systemet har hållit tättmot läckage av freon, så när som på en kondensator i badrummet, som läckte och byttes ut. Det visar att ett så omfattande splitmontage med många lödningar på platsen kan utföras med samma täthetsklass, som en ordinär kylanläggning.

Centralenheten byttes sommaren 1980 sedan själva mätprogrammet avlutats. Den nya enheten hade bl a inbyggd värmepatron i varmvattenberedaren som extra säkerhet för tappvarmvattenvärmning vid driftavbrott.

Ljudet från anläggningen har i stort sett accepterats av familjen. Anläggningens kompressor hörs när den är igång, men ljudisolering och placeringen i grovköket var tillräckligt för att dock dämpa ljudet. Vid avfrostningscykeln mitt på dagen kunde ett pipande ljud höras.

Reläet, som kopplar in elradiatorerna, gav störande smällar. Elcentralen med reläet är centralt placerat i husets hall och inga speciella åtgärder hade vidtagits för att dämpa ljudet.

## 8 ANALYS AV RESULTAT

### 8.1 Temperatur och fukt utomhus

Mätningarna enligt diagram 6:13 har jämförts med data från SMHI beträffande normalförhållandena 1931-1960 och också för den aktuella mätperioden 1979-1980. Diagram 8:11.

Vid jämförelsen framgår att den uppmätta utomhustemperaturen väl överensstämmer med den av SMHI under samma tid registrerade för Kristianstad.

Våra mätningar har dock exaktare värden på dygnsvariationerna än SMHI, då mätvärdena registrerats kontinuerligt varannan timme.

Jämfört med normalåret kan konstateras att mätperioden i snitt varit kallare.

Beräkningarna visar att uppvärmningsbehovet torde vara ca 10 % större än ett normalår.

Enligt tidskriften VVS är antalet graddagar i Kristianstad under eldningsåret 1979-1980 11 % högre än normalt.

Utomhusfuktens variation enligt STFI:s mätningar framgår av diagram 6.14. Värdena stämmer tämligen väl med SMHI:s registreringar för Kristianstad under samma tid, diagram 8.12 Som framgår av diagrammen har STFI:s mätare dock inte registrerat högre fuktigheter än 80 % RF.

### 8.2 Vindförhållanden

Vindriktning och vindhastighet har registrerats under mätperioden.

#### 8.2.1 Vindriktning

Under de perioder då mätapparaturen varit inkopplad tycks vindriktningsmätningarna ha fungerat tillfredsställande och stämmer väl med SMHI:s registreringar.

#### 8.2.2 Vindhastighet

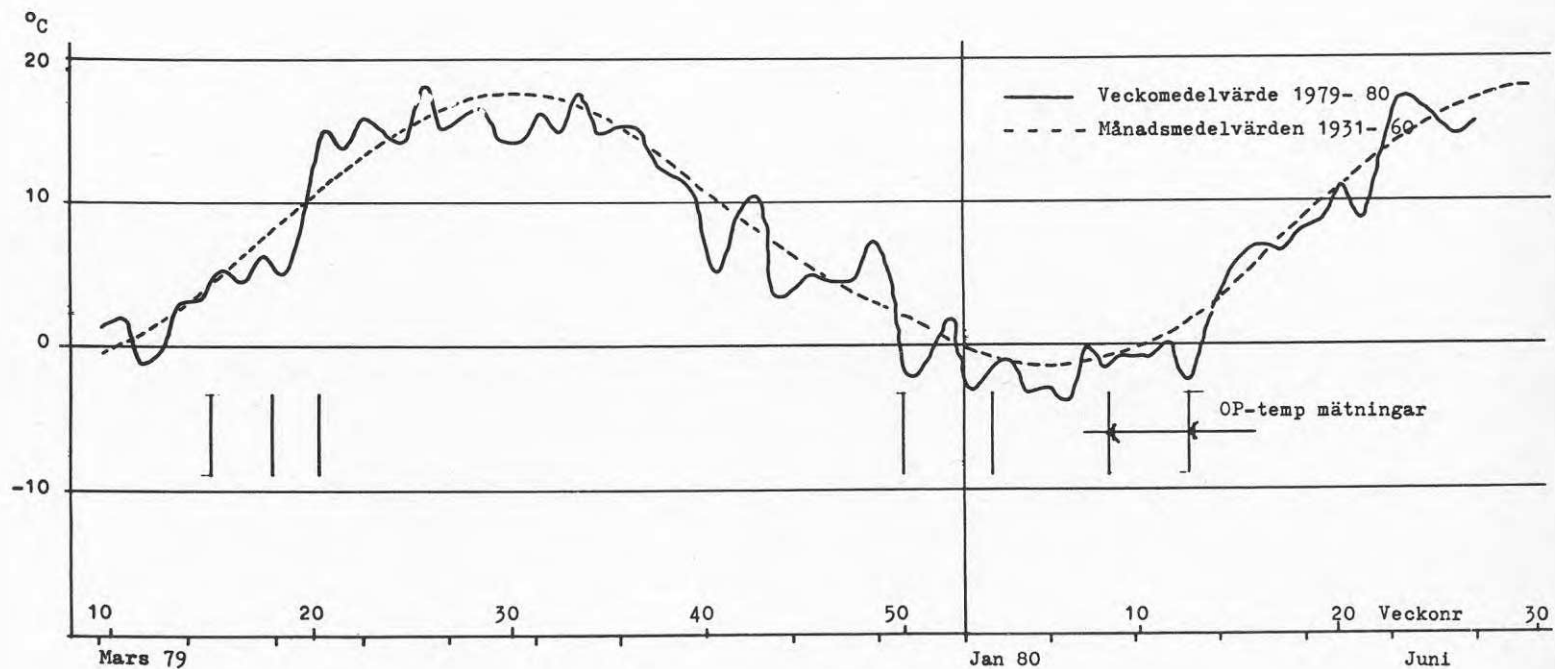
Från och med vecka 44 1979 tycks dessa mätningar ha fungerat och stämmer väl med SMHI:s mätningar om hänsyn togs till placeringen av mätdonen inom bebyggelse och på betydligt lägre nivå än vid meteorologiska stationer, diagram 8.21.

#### 8.2.3 Vindpåverkan

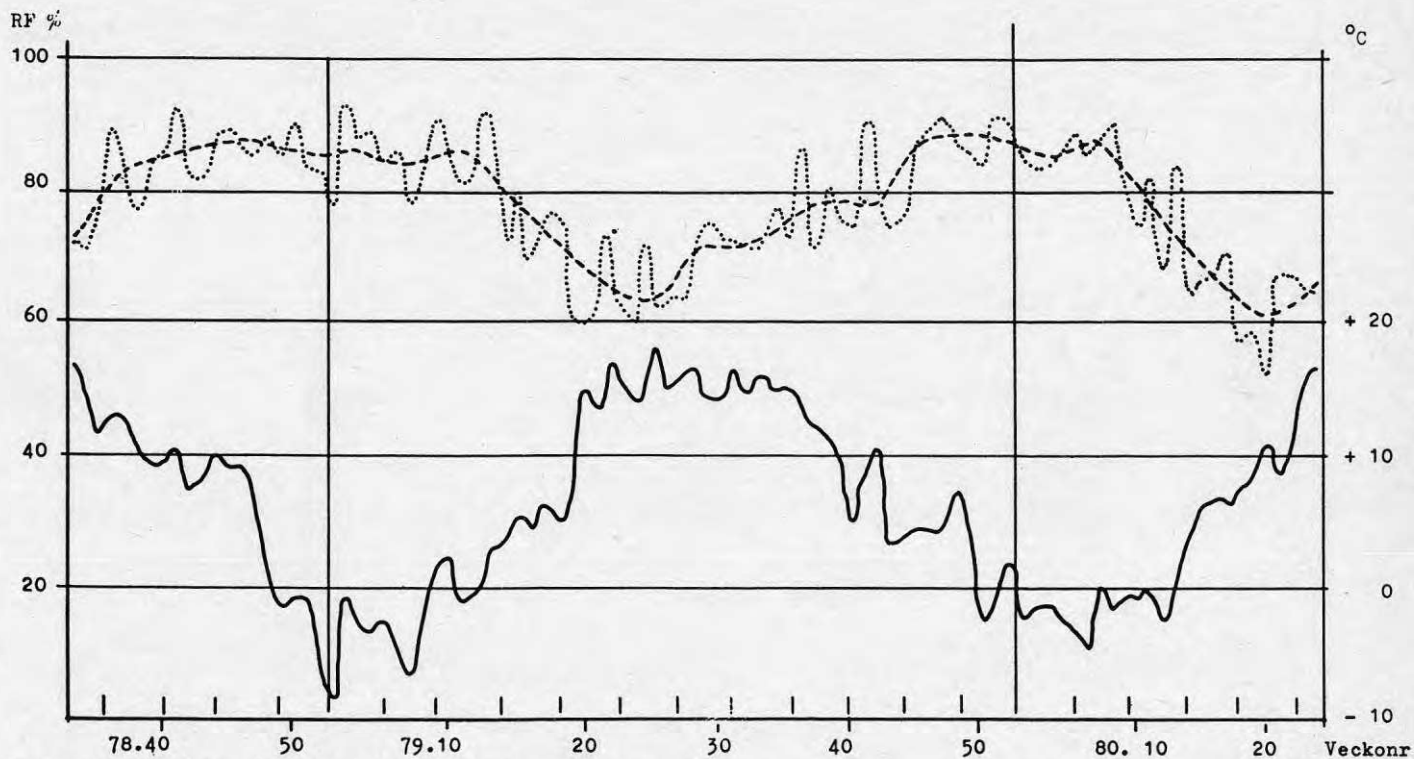
Vindens betydelse för energiförbrukningen kan beräknas på olika sätt.

Normalt använder man enkla överslagsberäkningar, som går ut på att den s k "ofrivilliga ventilationen" ökar med ökande otäthet i byggnaderna. Räknet över året brukar man ha ett påslag av 0,1 till 0,3 omsättningar per timme på ventilationen beroende på husets täthet, varvid det lägre värdet gäller för ett hus med tätheten 1,0 omsättningar per timme vid en tryckskillnad av 50 pascal och det övre värdet vid 4,0 omsättningar vid samma tryckskillnad.

Dessa värden motsvarar också ungefär de resultat man får vid mät-



Diagr 8.11 Utomhustemp enl SMHI Kristianstad .



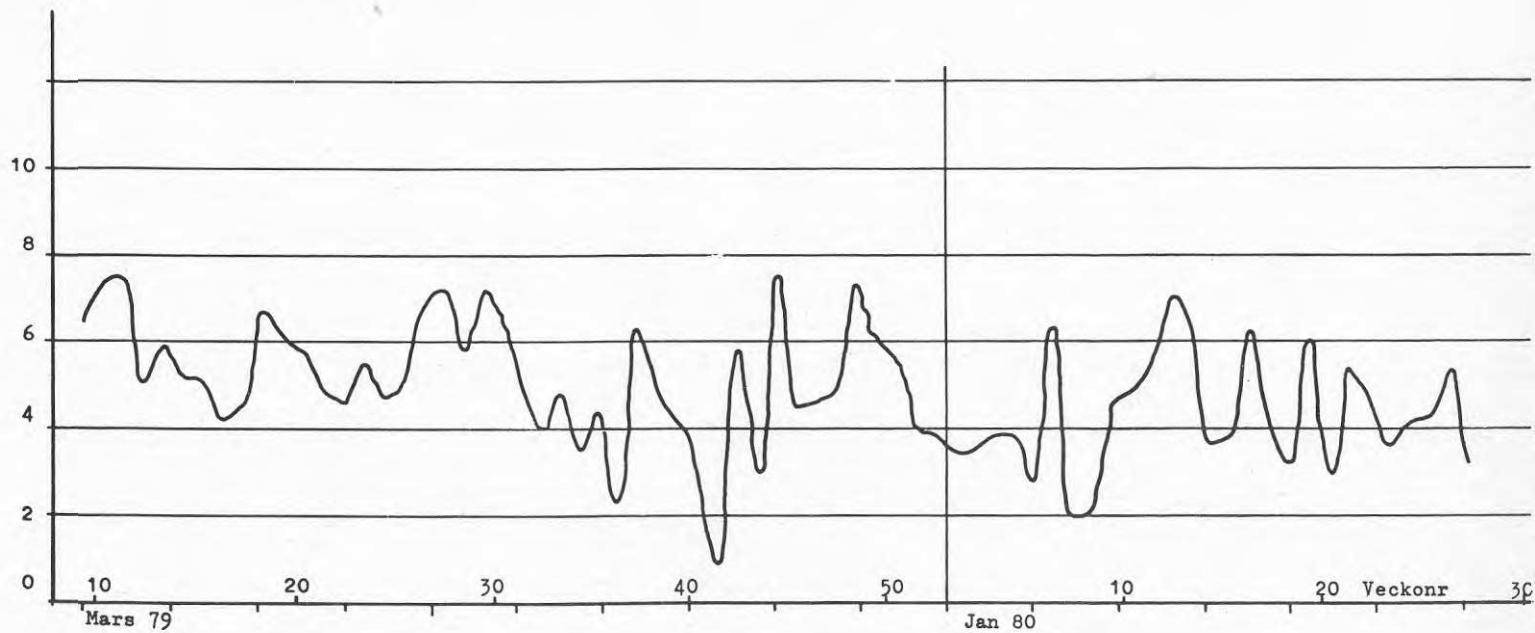
Diagr 8.12 Relativ luftfuktighet och utomhustemp .

..... RF Veckomedelvärde  
 --- RF Månadsmedelvärde  
 — Utomhustemperatur

Enl SMHI  
 Kristianstad



Vindhast  
M/s



Diagr 8.21 Vindhastighet Veckomedelvärden enl SMHI Kristianstad

ningar enligt spårgasmetoden.

En mer nyanserad metod har utformats av P O Nylund ("1"). Nylund har ställt upp en beräkningsmodell för hur ventilation (avsiktlig och ofrivillig) påverkas av husens otäthet vid olika vindhastigheter och olika ventilationssystem.

Med ledning av de registrerade medelvindförhållandena har också en bedömning gjorts av sambandet mellan vindhastigheter och energiförbrukning på den två provhusen.

Något samband i storleksordning enligt ovannämnd beräkningsmetod är dock ej klart konstaterat.

Vinden kan också påverka energiförbrukningen genom att "övergångsmotstånden" i byggnadens ytterytor minskar vid ökande vindhastighet samt genom att temperaturerna i vinds- och kryputrymmen sänks jämfört med normalförhållandena.

### 8.3 Solmätningar

Såväl de i detta projekt mätta solförhållandena som SMHI:s registreringar ger endast en uppfattning om när solsken förekommit utan att på något sätt ange solstrålningens intensitet. Molnmängdsdiagram 8.31.

Endast grova uppskattningar av energitillskottet till byggnaderna kan fås genom att jämföra diagrammet för gratisenergi med solmätningarna.

Man kan dock klart konstatera solens inverkan på mängden "gratisenergi" enligt diagram 8.7.2.

### 8.4 Temperatur och fukt inomhus

Inomhustemperaturerna har mätts dels i fria luften i bottenvåningen i närheten av hjärtväggen, mätpunkter 3:2 i C 14 och 1:2 C 5 huset, dels på några ställen i golv och yttervägg i bottenvåning och övervåning i båda husen.

Mätningarna visar att genomsnittliga inomhustemperaturen i värmepumphuset C 14 under eldningssäsongen varit 1,5 till 2<sup>o</sup> högre än i jämförelsehuset. Diagram 6.11 och 6.12.

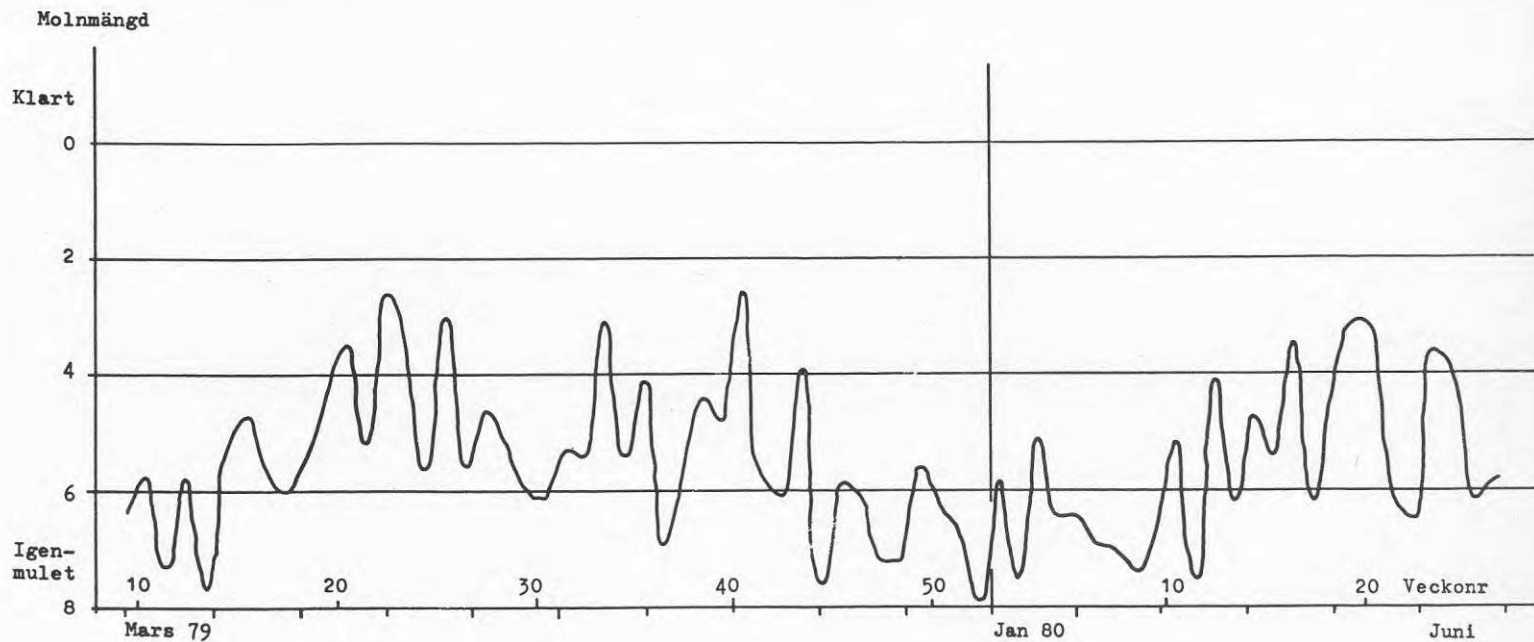
Vid effektbehovsberäkningarna för husen har hänsyn tagits till detta förhållande, se 8.7.

Relativa luftfuktigheten inomhus, som mätts i bottenvåningen på samma ställe som inomhustemperaturens mätpunkter 3:3 och 11:3 i C 14 resp C 5, visar 5 á 10 % högre RF i C 14.

Denna skillnad kan innebära att ventilationsluften (frånluften) i C 14-huset innehåller något mer energi än i C 5-huset.

Vid energibalansberäkning har ingen hänsyn tagits till detta, då RF-mätningarnas noggrannhet inte kan anses vara helt tillfredsställande.

I och för sig är resultatet inte på något sätt orimligt, då kondensoruppvärmningen i C 14 bör ge något högre RF än de direktverkande elradiatorerna i C 5-huset och vidare kan familjesammansättningen



Diagr 8.31 Molnmängd Veckomedelvärden enl SMHI Kristianstad

ha haft en viss betydelse.

#### 8.5 Hanvind och kryppgrund

Fukt och temperatur har kontinuerligt registrerats via datorn på hanvinden och kryppgrunden i hus C 14.

På hanvinden skedde mätningarna i en punkt drygt en meter snett ovanför förångaren. Inga anmärkningsvärda förhållanden registrerades, se diagram bil 6.15.

Vid okulärbesiktning våren 1980 observerades dock på några av takstolarnas högben på en lägre nivå ansatser till mögelbildning på ytan av virket.

Termohydrografer uppsattes då på golvet i vindsutrymmet i hus C 14 och för jämförelsens skull även i hus C 5, se diagram bil 6.17 A och B samt 6.18 A och B. Av dessa diagram kan konstateras att RF i mätpunkterna är 10 till 15 % högre i hus C 14 än i hus C 5. RF på 80 till 100 % konstaterades stor del av tiden under de 14 dagarna mätningarna pågick i hus C 14. Man kan också konstatera att temperaturen på vindsgolvet i detta hus är 5 till 10<sup>o</sup> lägre än i hus C 5.

Man brukar anse att mögelbildning lätt uppstår om RF är högre än 80 % och samtidigt temperaturen är över +5<sup>o</sup> C.

Av diagrammen kan knappast utläsas att dessa förhållanden uppträtt samtidigt. Möjligheten att så skall ske kan dock inte förbises, speciellt som ansatser till mögelbildning konstaterats. Av denna orsak har en särskild undersökning initierats av Tekno-Therm AB. Problemet är alltså uppmärksammat, noggrannare undersökningar ryms inte inom ramen för detta projekt.

Temperatur och fuktförhållandena i kryppgrunden för hus C 14 framgår av diagram bil 6.6. Av såväl datamätningar som okulärbesiktning i kryppgrunden vid mätperiodens slut konstaterades att ingen påtaglig risk för fuktproblem föreligger.

#### 8.6 Operativ temperatur

Ur SBN kap 35 citeras:

"Som mått vid beräkning av termiska inomhusklimatet har här valts den riktade operativa temperaturen i olika punkter i ett utrymme samt skillnaden i riktad operativ temperatur i olika punkter och riktningar i utrymmet, eftersom dessa båda i normalfallet väl svarar mot hur människan upplever det termiska klimatet."

Vid en jämförelse mellan så olika uppvärmningssystem som det i hus C 14 och hus C 5 med ytstrålade konvektorer i tak resp direktverkande elradiatorer är det naturligtvis intressant att genom mätning av den riktade operativa temperaturen vid olika tidpunkter konstatera om skillnader föreligger i temperaturgradient och alltså i komfort för de två husen.

Mätningarna har utförts med den tidigare beskrivna (se 4.1.12) kubtermometern kopplad för dataregistrering.

Mätning har skett vid sex olika tillfällen under mätperioden.

Provtillfällena har markerats med beteckningen OP i sammanställningsdiagrammet över utomhustemperatur, se diagram 8.11. Diagrammen över mätningarna har likartat utseende vid de olika mättillfällena och i de två husen, varför i denna redovisning endast medtagits två mättillfällena, nämligen vecka 15 1979 (dag 3 till 4) och vecka 50 1979 (dag 5 till 6), då dessa kan representera typiska vår- resp vinterförhållanden.

Diagram 8.61 till 8.64

Mätningarna har utförts från ungefär kl 1800 ena dagen till ungefär kl 0700 nästa dag. Detta för att undvika störningar av sol etc.

Av diagrammen framgår att skillnaden i operativ temperatur i olika riktningar inom ett rum är tämligen liten och några större skillnader förekommer knappast mellan de två husen.

8.7 Effektbehov för uppvärmning. Teoretiskt - uppmätt. Energiåtgång. Värmefaktor

8.7.1 Allmänt

Byggnadernas effektbehov för transmission och ventilation kan teoretiskt beräknas som effektbehov  $W/^\circ C$  (enligt bil 3.41 och 42 gånger skillnaden mellan önskad inomhustemperatur och aktuell utomhustemperatur.

Det teoretiskt beräknade effektbehovet är större än det uppmätta genom inverkan av den s k "gratisvärmens".

Gratisenergin eller gratisvärmens fås genom värmetillskott från hushåll, varmvatten, personer, solinstrålning etc.

Normalt räknar man att gratisvärmens motsvarar ett effekt

tillskott om ca 0,5-1,0 KW, siffran varierar med hustyper och husstorlekar och också med familjesammansättning och årstid.

I detta projekt har vi valt att göra en något noggrannare beräkning av "gratisvärmens" enligt följande.

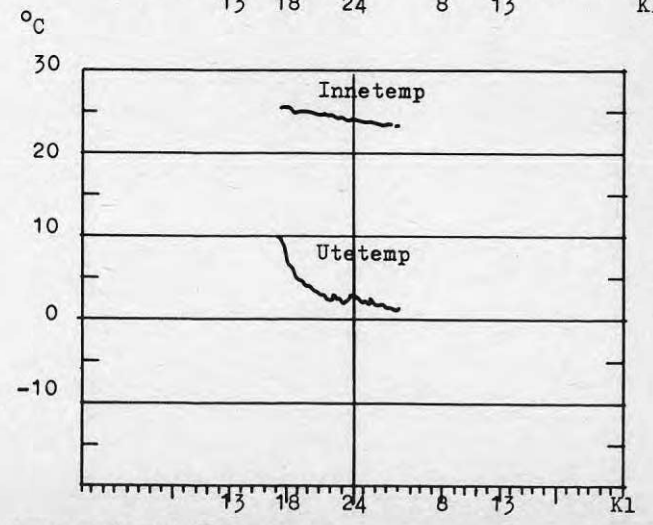
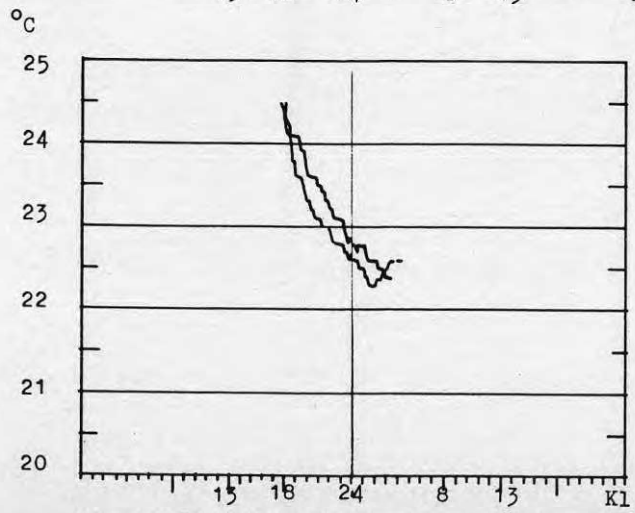
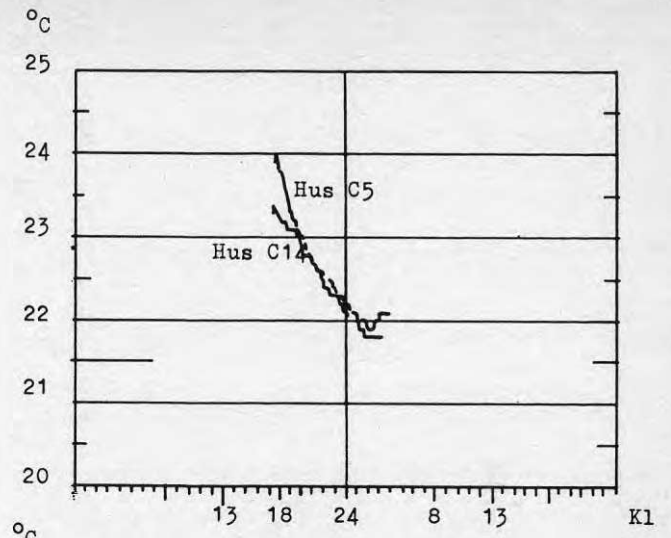
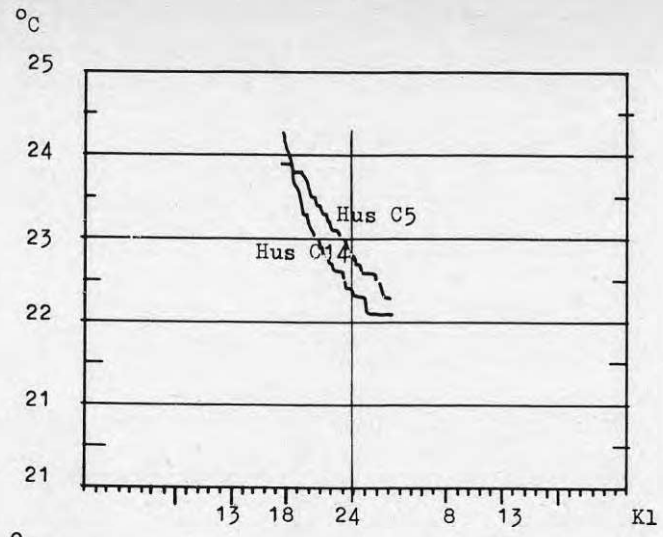
Effektbehovet för direktverkande radiatorerna i hus C 5 och för värmepumpen i hus C 14 har registrerats i datamätningarna. Mätningarna täcker dock inte hela den aktuella perioden, varför vi vid den vidare bearbetningen valt att använda de på de olika elmätarna manuellt registrerade energiförbrukningarna.

Under vinterperioden har registreringen gjorts ungefär en gång per vecka, vår och höst med något längre tidsmellanrum.

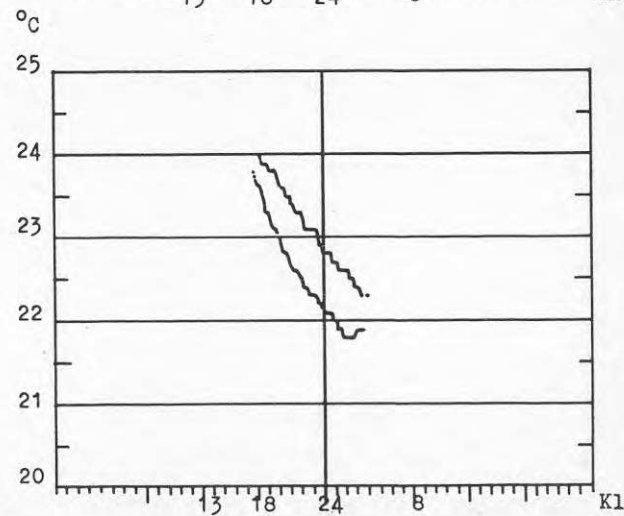
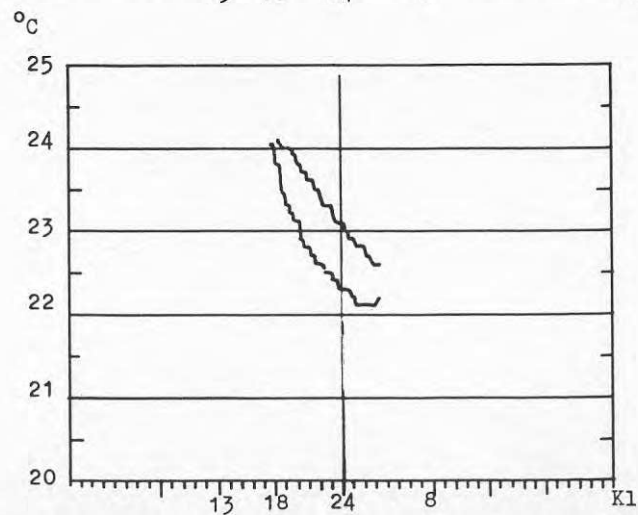
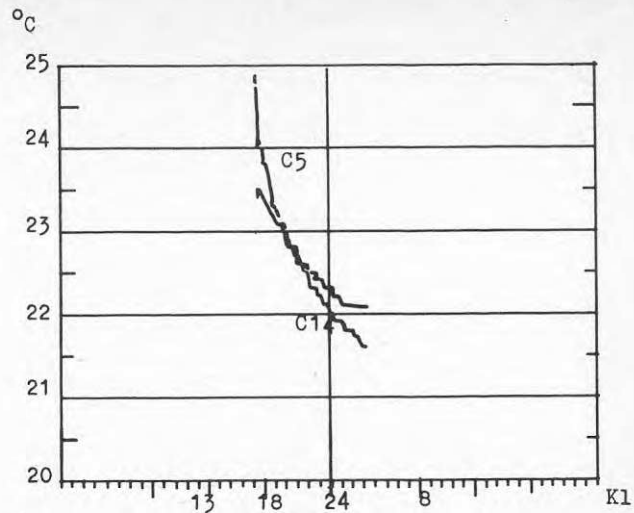
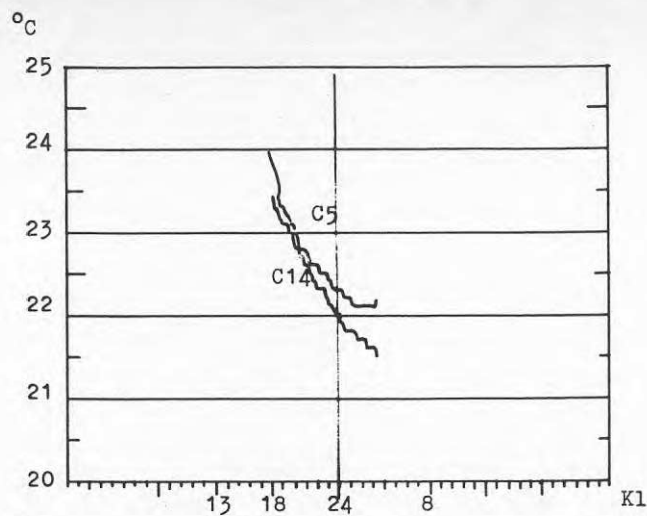
Genom att dividera de avlästa energimängderna på de olika mätarna med avläsningsperiodernas längd har medeleffektbehovet under perioden (ungefär veckomedelvärden) erhållits.

8.7.2 Hus C 5

I diagram 8.7.21 har inritats det teoretiskt beräknade effektbehovet för transmission och ventilation och också det uppmätta effektbehovet.

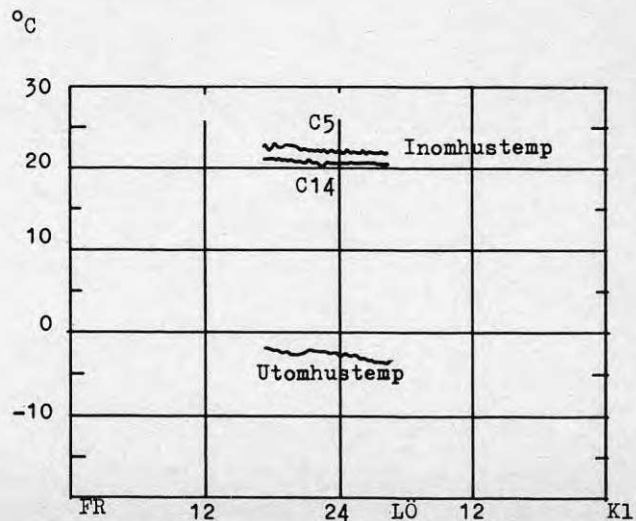
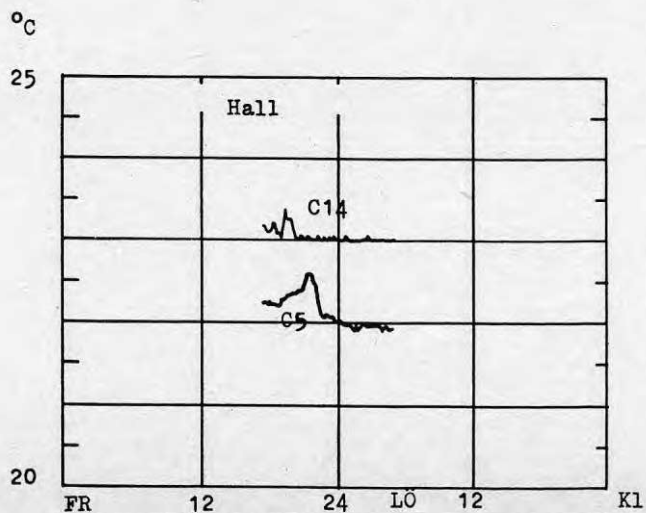
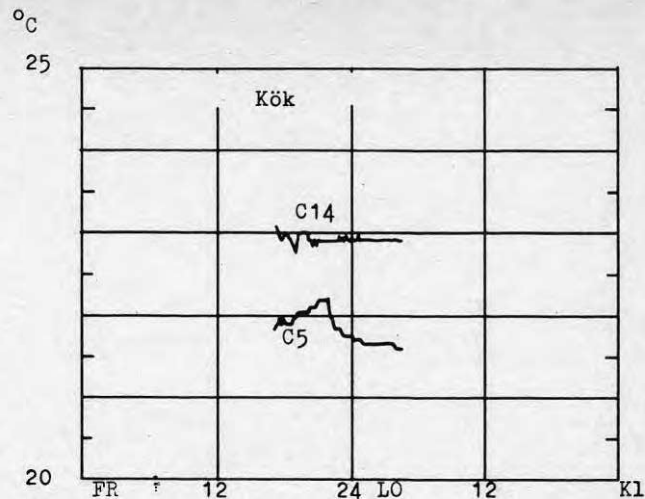
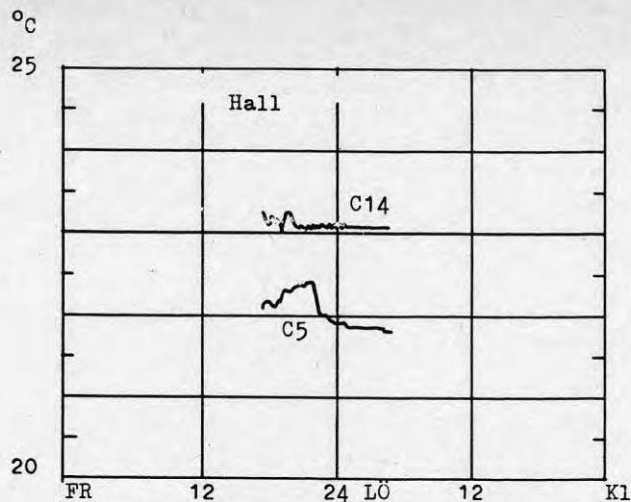


Diagr 8.61 Riktade operativa temperaturer dag 3 och 4 vecka 15 1979 Vardagsrum

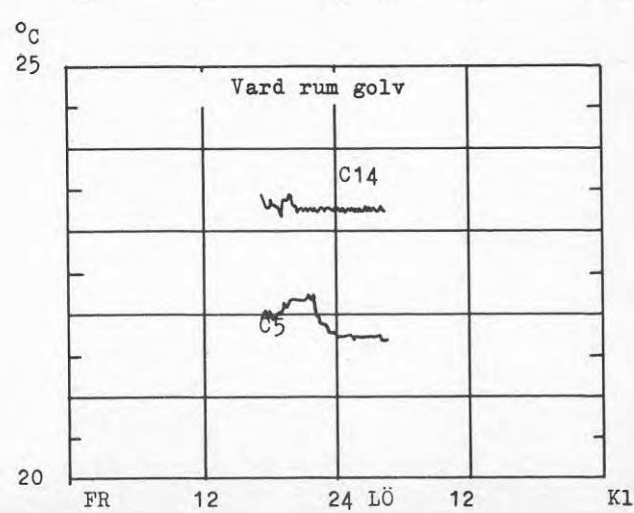
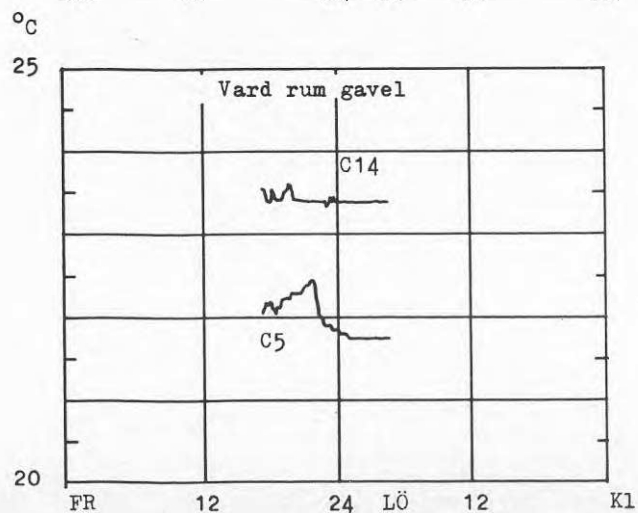
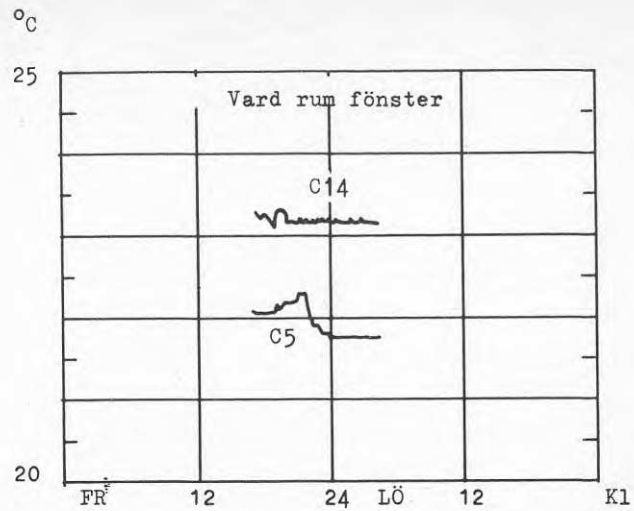
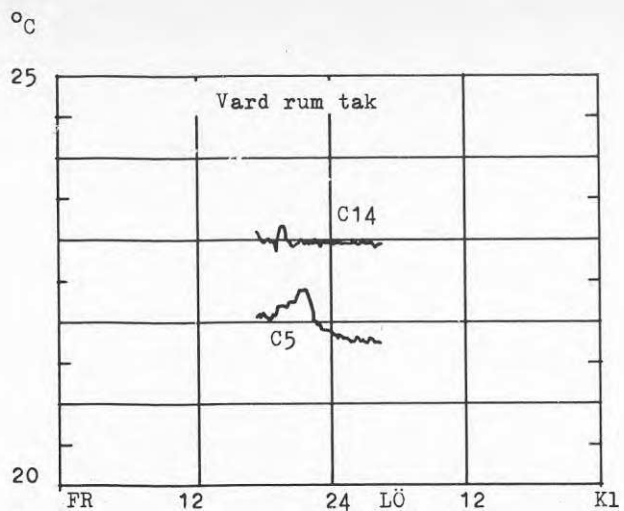


Diagr 8.62 Riktade operativa temperaturer dag 3 och 4 vecka 15 1979 Sovrum SV

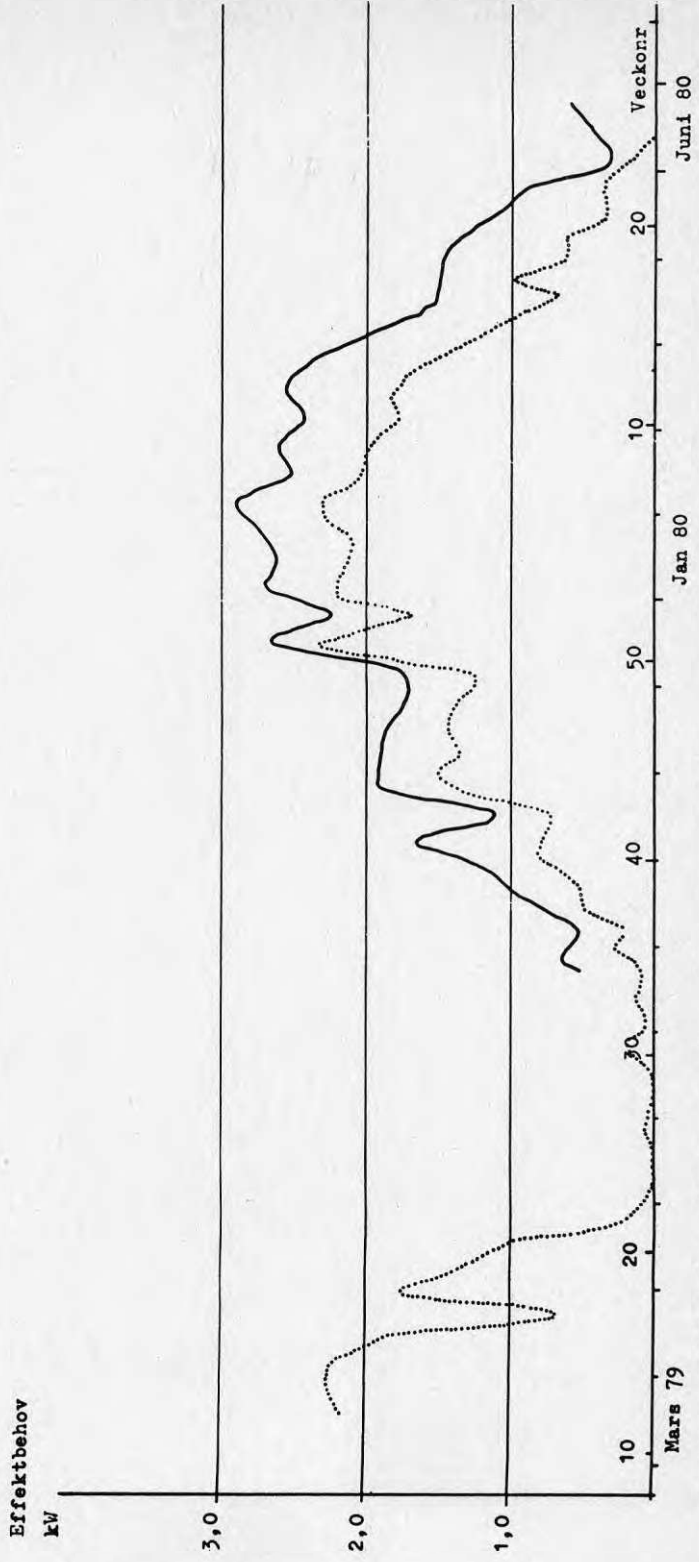





Diagr 8.63 Riktade operativa temperaturer vecka 50 1979.

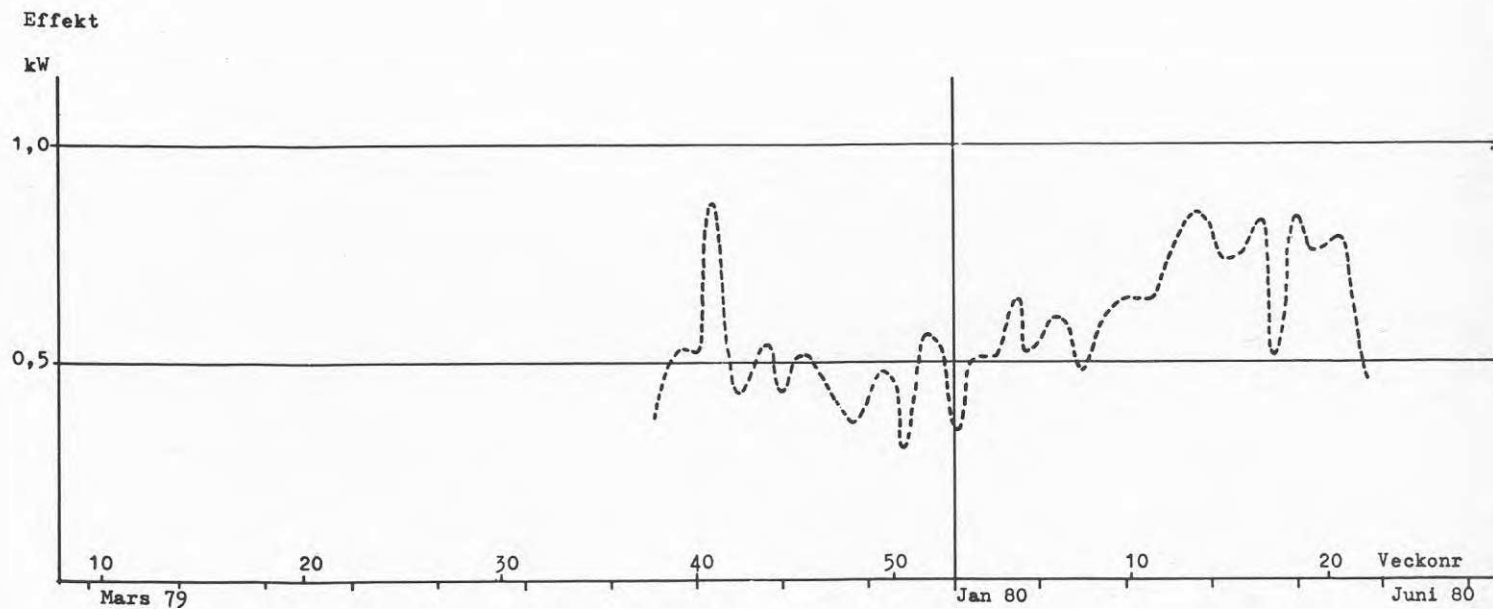


Diagr 8.64 Riktade operativa temperaturer vecka 50 1979.



Diagr 8.7 21 Effektbehov Referenshus C5

 Beräknat effektbehov för transmission och ventilation  
 Tillförd effekt till elradiatorer



Diagr 8.7.22 " Gratiseffekt " till Hus C5.

Skillnaden mellan dessa kurvor vid en viss tidpunkt kan sägas representera effekten av "gratisvärmen", se även diagram 8.7.22.

### 8.7.3

Hus C 14

I diagram 8.7.31 har inritats de teoretiskt beräknade effektbehovet för transmission, ventilation och uppvärmning av förbrukningsvarmvatten, då dessa motsvarar vad värmepumpen skall täcka.

Effekten för uppvärmning av varmvattnet går ej att mäta separat i värmepumpen, då varmvattnet direkt värms av den överhettade gasen från kompressorn och gasen sedan går vidare till kondensornerna.

I hus C 5 har dock varmvattnet mätts separat, varvid konstaterades att en medeleffekt av 400 W erfordras. Varmvattenförbrukningen i C 5- och C 14-husen har i detta sammanhang antagits vara tämligen lika, varför angivet värde använts vid uppritningen av effektbehovskurvan för hus C 14 i tillägg till effektbehovet för transmission och ventilation.

"Gratisvärmen" för hus C 5 enligt diagram 8.7.22 antages motsvara "gratisvärmen" i hus C 14. Om man från kurvan för det totala effektbehovet drar dels gratisenergin enligt 8.7.22 och energin till elradiatorerna i hus C 14 fås en resterande kurva, se diagram 8.7.32 betecknad VP-effekt. Denna kurva kan anses representera den effekt byggnaden tillgodo, som erhållits från värmepumpen.

Relationen mellan denna kurva och kurvan för förbrukad,  $d v s$  tillförd effekt till värmepumpen, utgör värmepumpens praktiska värmefaktor  $COP_{PR}$ . Denna är grafiskt framräknad i diagram 8.7.32 och också angiven för olika tidsperioder på raden under X-axeln.

#### 8.7.41 Värmepumpens värmefaktor. Grafisk beräkning

Den grafiska framställningen enligt föregående visar att  $COP_{PR}$  varierar för olika tider på året mellan 4,10 och 1,61 och medelvärdet under uppvärmningsperioden 1979-1980 har varit 2,39.

De höga värdena gäller sommartid, då i princip endast varmvatten produceras, under det att värdena vintertid varierar mellan 1,61 och 2,59.

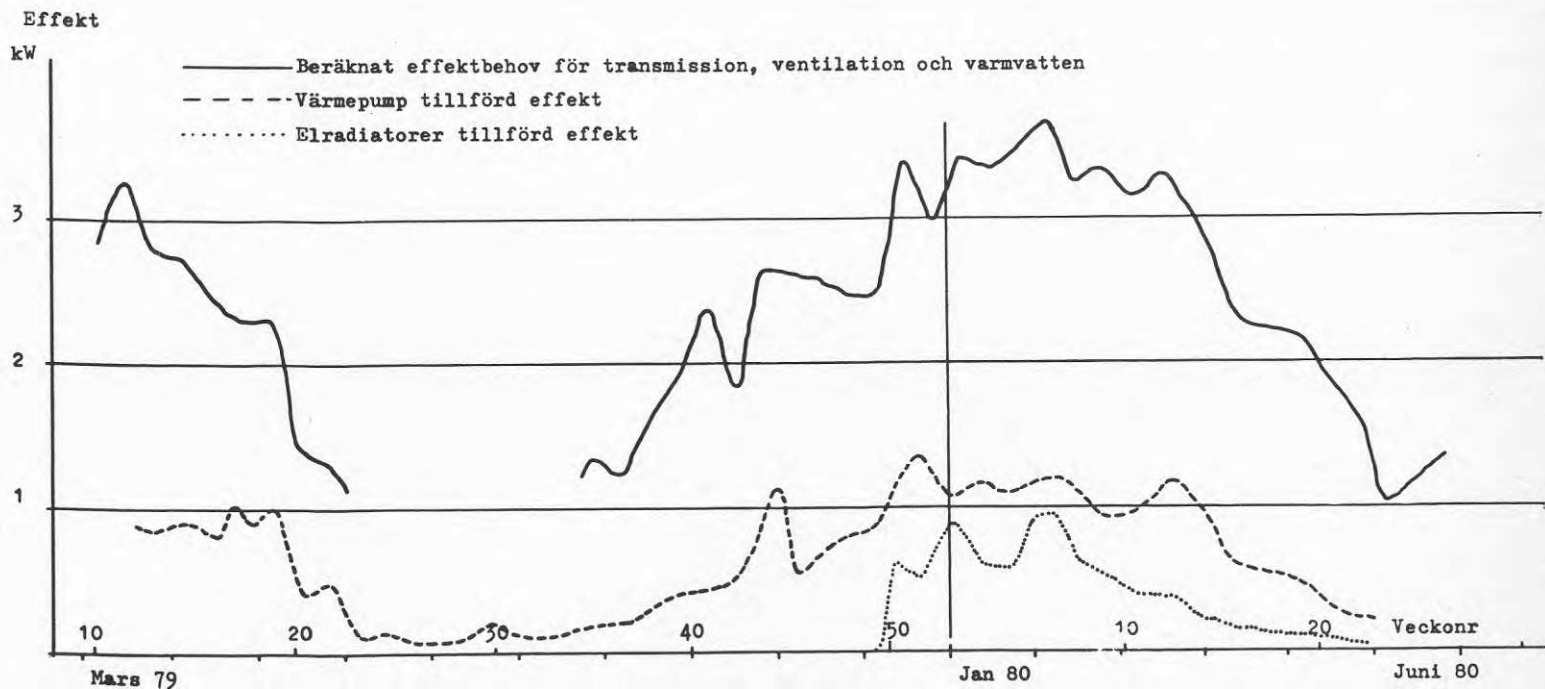
#### 8.7.42 Värmepumpens värmefaktor beräknad ur uppmätt energiförbrukning

Perioden 1979-05-15 - 1980-05-13 förbrukades i hus C 5 till:

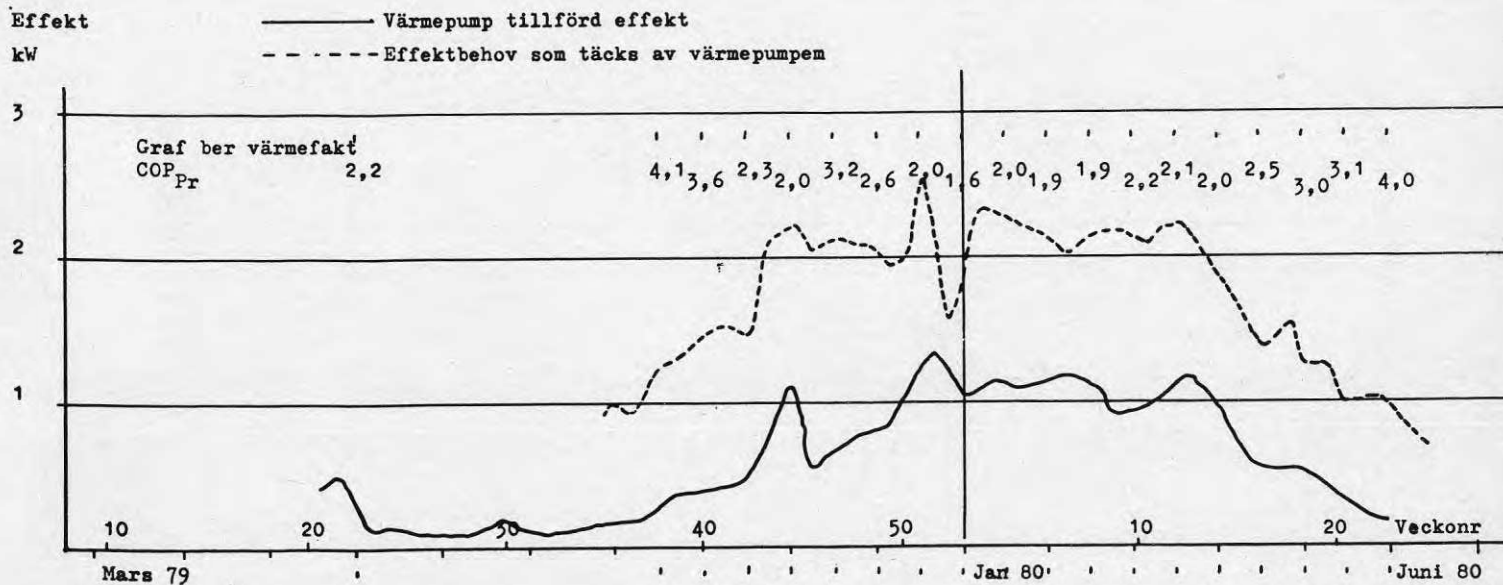
elradiatorer	8.854 KWh
varmvattenberedare	3.378 KWh
Summa värme + varmvatten	12.232 KWh

Under samma tid förbrukades i hus C 14 till:

värmepump	5.084 KWh
direktelvärme	1.122 KWh
extra el i bad	664 KWh
Summa värme + varmvatten	6.870 KWh



Diagr 8.7.31 Hus C14 Beräknat effektbehov och tillförd effekt till värmepump och elradiatorer.



Diagr 8.7.32 Effektbehov som täcks av värmepump i relation till tillförd effekt



Utan korrektion för inomhustemperaturen fås då för värmepumpen

$$\text{COP}_{\text{PR}} = \frac{8.854 + 3.378 - 1.122 - 664}{5.084} = 2.05$$

Med korrektion för ca 1,5<sup>o</sup> högre temperatur i C 14-huset, men utan korrektion för ev skillnad i varmvattenförbrukning fås (tilllägg 1,5 x 240 x 24 x 0.124 = 1.070 KWh).

$$\text{COP}_{\text{PR korr}} = 2,27.$$

Detta värde skall jämföras med det grafiskt beräknade 2,39 enligt föregående avdelning.

#### 8.7.43 Systemets värmefaktor

Systemets effektivitet kan mätas som relation under året av totalt tillförd energi för värme och förbrukningsvarmvatten i hus C 5 (elradiator + varmvattenberedare) jämfört med hus C 14 (värmepump + elradiatorer) och korrektion för temperaturskillnaden inomhus mellan husen.

$$\text{COP}_{\text{SYST}} = \frac{12232 + 1070}{6.870} = 1,94.$$

## 8.8 Energi under intensivmätperioderna

För intensivmätperioderna har en bedömning av energiflödena gjorts. Då elmätaren för total elförbrukning för referenshuset varit i olag har energibehov för uppvärmning beräknats teoretiskt.

Under antagandet att 50 % av hushållselförbrukningen och 50 % av värmen i tappvarmvattnet samt 100 W från varmvattenberedaren kommer huset tillgodo blir energiflödesfördelningen enligt tabell 8.8.11.

Uppvärmningseffekten

$$P_{\text{uppv}} = 'k \cdot A' \cdot \Delta t_m = 125.3 \cdot \Delta t_m \text{ (W)}$$

('k.A'-värdet gäller för transmission + ventilation)

$$P_{\text{rad}} = \text{medeleffekt till radiatorn (W)}$$

$$P_{\text{vvb}} = \text{medeleffekt till varmvattenberedaren (W)}$$

$$P_{\text{vv}} = \text{medeleffekt för erhållet varmvatten} = \\ = q_v \cdot c_p \cdot \Delta t = q_v \cdot 4180 \cdot 45 \text{ (W)}$$

där  $q_v$  = medelvärdet för varmvattenförbrukningen under respektive mätperiod (kg/s)

$P_{\text{hushåll}}$  = Hushållsel som här uppskattas till 300, 400, 500, 500, 300 W för respektive mätperiod

$$\text{Gratisvärme: } P_{\text{uppv}} - P_{\text{rad}} - 100 - 0.5 P_{\text{vv}} - 0.5 P_{\text{hushåll}}$$

Mät- period	$P_{\text{uppv}}$ W	$P_{\text{rad}}$ W	$P_{\text{vvb}}$ W	$P_{\text{vv}}$ W	$P_{\text{hushåll}}$ W	Gratis- värme W
1	902	41	350	251	300	486
2	1266	511	339	303	400	304
3	2819	2135	372	308	500	180
4	2619	1774	372	256	500	367
5	1353	613	372	282	300	349

Tabell 8.8.11. Energiflöden i referenshuset under mätperioderna 1-5.

För värmepumphuset blir energiflödena enligt tabell 8.8.12. Här har antagits att gratisvärme från människa och sol är lika stor för de båda husen.

$$P_{\text{uppv}} = 'k \cdot A' \cdot \Delta t_m \quad ('k \cdot A' = 120.2 \text{ W/k}) \quad (\text{W})$$

$$P_{\text{vp}} = \text{värmepumpens elförbrukning (W)}$$

$$P_{\text{kond}} = \text{uppskattad värmeavgivning från kondensorer} = \\ = P_{\text{uppv}} - P_{\text{rad}} - 100 - 0.5 P_{\text{vv}} - 0.5 P_{\text{hushåll}} - \text{Gratisvärme (W)}$$

Mät-period	$P_{\text{uppv}}$ W	$P_{\text{rad}}$ W	$P_{\text{vp}}$ W	$P_{\text{vv}}$ W	$P_{\text{hushåll}}$ W	Gratis- värme W	$P_{\text{kond}}$ W
1	1142	-	95	167	357	486	293
2	1394	-	384	350	408	304	611
3	2798	478	1205	277	576	180	1613
4	2705	419	1077	423	597	367	1308
5	1394	57	275	339	346	349	545

Tabell 8.8.12. Energiflöden i värmepumphuset under de fem mätperioderna.

I tabell 8.8.12 har med tidigare antagande beräknats en värmeavgivning på 293 W från kondensorer. Detta är mycket för mycket i relation till den tid värmepumpen avgett värme till kondensorer under mätperiod 1. I fortsättningen görs inga beräkningar med avseende på mätperiod 1.

### 8.9 Värmefaktor under intensivmätperioderna

Två olika värmefaktorer kan nu beräknas för värmepumphuset. Dels en värmefaktor med avseende på värmepumpaggagaten,  $\text{COP}_{\text{vp}}$ , samt dels en värmefaktor för uppvärmningssystemet,  $\text{COP}_{\text{sys}}$ .

$\text{COP}_{\text{vp}}$  definieras som

$$\text{COP}_{\text{vp}} = \frac{P_{\text{kond}} + P_{\text{vv}} + 100}{P_{\text{vp}}}$$

$$\text{och } \text{COP}_{\text{sys}} = \frac{P_{\text{uppv}} + P_{\text{vv}} P_{\text{hushåll}} - \text{Gratisvärme}}{P_{\text{rad}} + P_{\text{vp}}}$$

I tabell 8.9.11 redovisas  $COP_{vp}$  och  $COP_{sys}$  för mätperioderna 2-5.

Mät-period	$COP_{vp}$	$COP_{sys}$
1	-	-
2	2.8	2.8
3	1.7	1.5
4	1.7	1.5
5	3.6	3.1

Tabell 8.9.11. Värmefaktorn  $COP_{vp}$  och  $COP_{sys}$  för mätperioderna 2-5.

I tabell 8.9.11 redovisade värmefaktor  $COP_{vp}$  kan jämföras med värmefaktorn  $COP_{PR}$  i figur 8.7.32.

#### 8.10 Värmepumpens drift under intensivmätperioderna

I diagrambilagan redovisas temperaturdiagram för nedanstående temperatur. Diagrammen redovisar de fem intensivmätperioderna med en bättre upplösning än diagrammen för hela provåret.

Nedan ges dock exempel på uppmätta temperaturer. Provperiod 3 har valts att i den löpande texten representera temperaturmätningar.

Köldmediets temperatur efter varmvattenberedaren redovisas i figur 8.10.1. Här skulle även temperaturen på köldmediet efter kompressorn, tryckrörstemperaturen, ha redovisats, men den mätningen har inte lyckats, bland annat p g a att givaren inte var avsedd för den höga temperaturen man haft på tryckröret.

Temperaturen vid kondensor i vardagsrum, inomhustemperatur och utomhustemperatur redovisas i figur 8.10.2. Man kan här se att värmegivningen från kondensor avtagit med sjunkande utomhustemperatur. Inomhustemperaturen har dock varit i stort sett konstant. kondensorer från övervåningen.

Köldmedietemperaturen efter kondensorer i ovanvåning respektive nedervåning redovisas i figur 8.10.3. Perioden var ganska kall varför belastningen på kondensorer i övervåningen var större än på kondensorer i nedervåningen. Därför den lägre temperaturen på kondensorer från övervåningen.

Köldmedietemperaturen vid mellanstrykning och efter strykning framgår av figur 8.10.4. Jämfört med övriga perioder är differensen mellan mellanstrykning och efter strykning stor under mätperioderna 3 och 4, se diagrambilaga.

I figur 8.10.5 visas temperaturen på havvind samt temperatur på en av förångarna. Mätningen har här under första delen av perioden ej varit korrekt.

I figur 8.10.6 visas lufttemperaturer över och under förångare. Vid köldknäppen i slutet av vecka fyra syns hur temperaturerna sjunker och även differensen minskar då kyleffekten på grund av den större tryckdifferensen blir mindre.

I figur 8.10.7 redovisas yttemperaturer på varmvattenberedaren. Temperaturgivaren var placerad vid topp, mitt och botten av beredaren.

I figur 8.10.8 visas varmvattenberedartemperaturen för referenshuset. Yttemperaturerna på topp och mitt av beredaren har här varit lika stora.

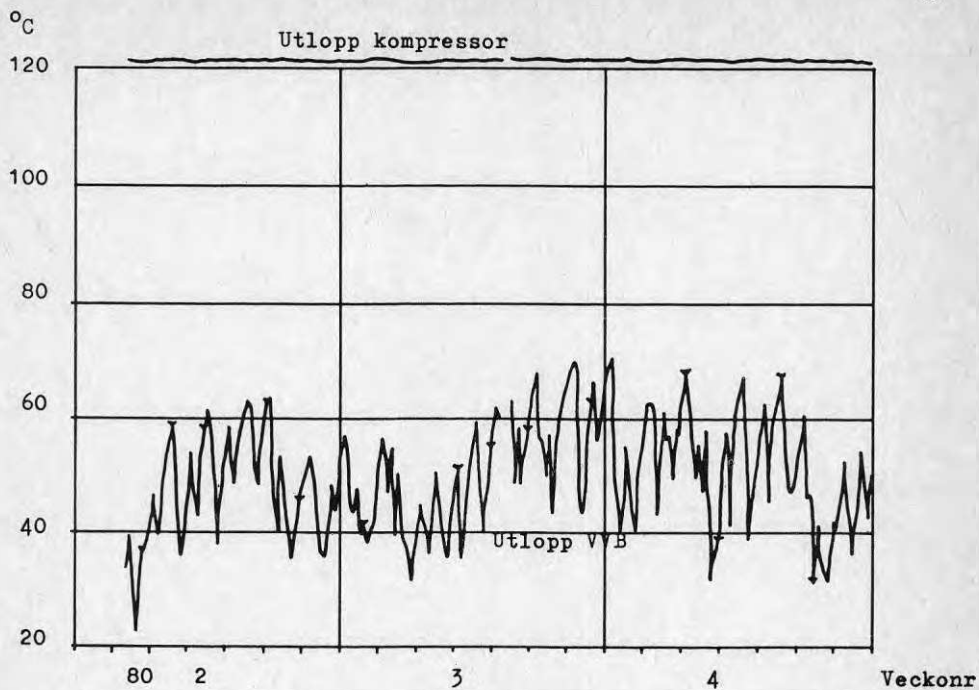


Fig 8.10.1 Temperaturer i Kondensorslinga VVB

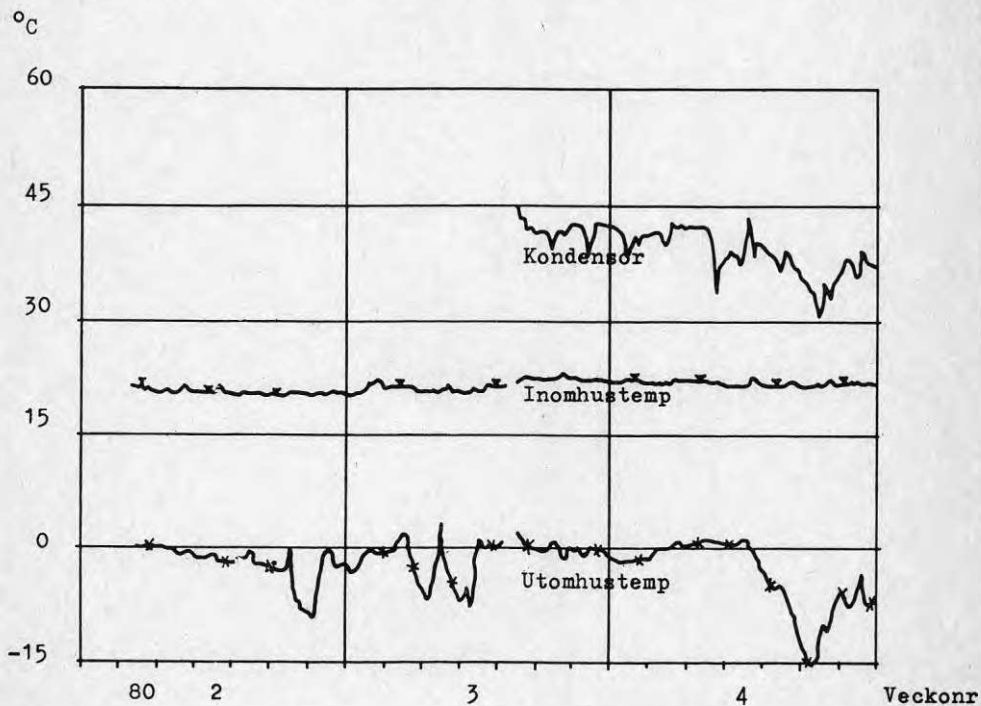


Fig 8.10.2 Kondensor i vardagsrum

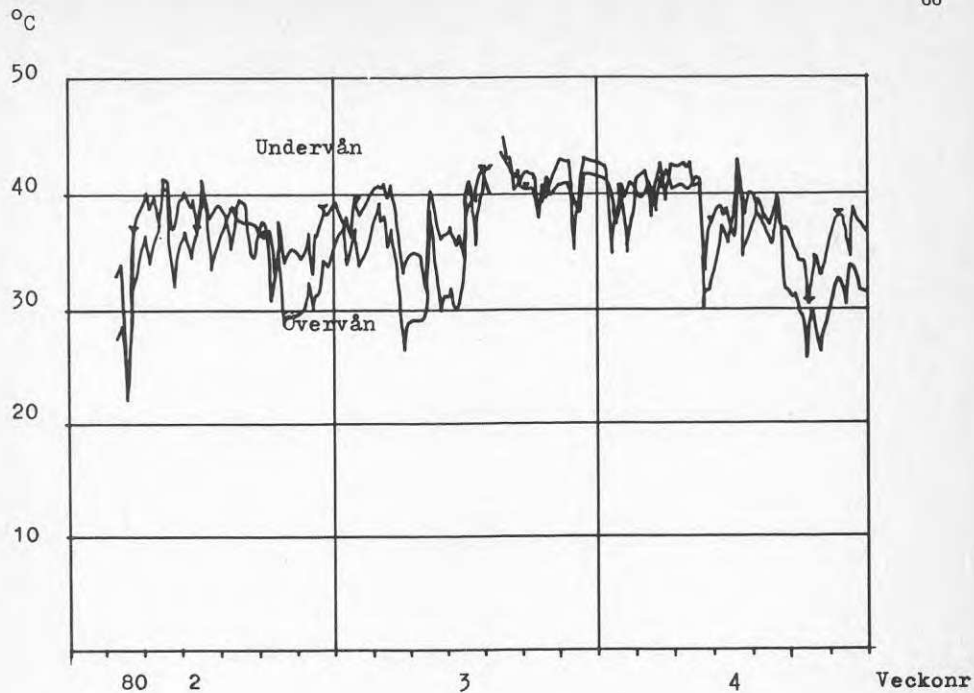


Fig 8.10.3 Kondensortemp i över och undervån.

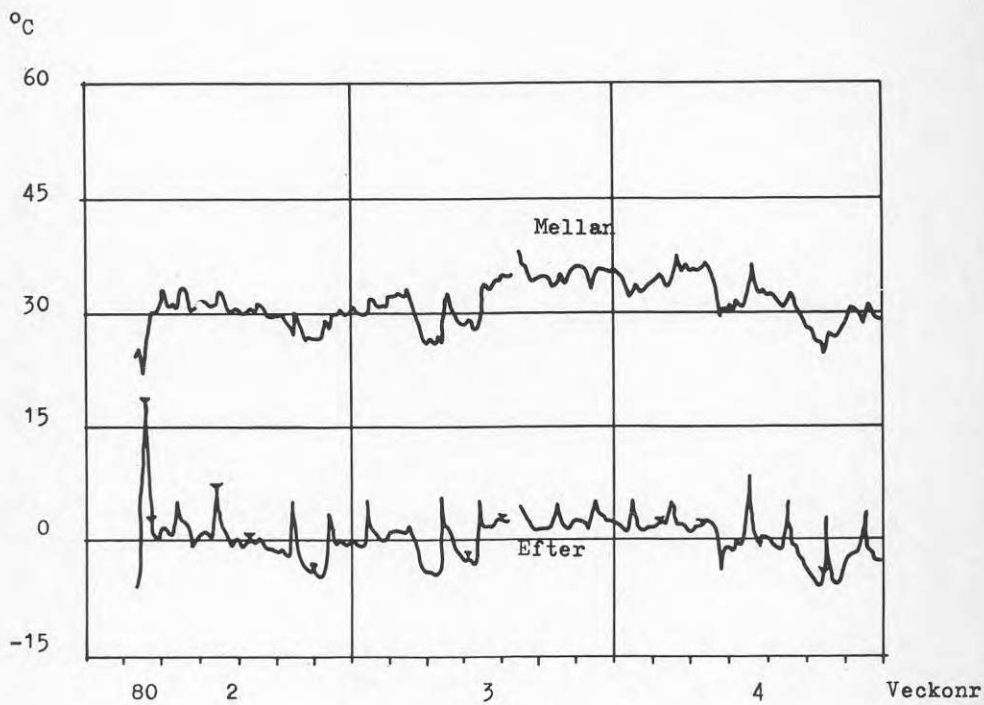


Fig 8.10.4 Temp mellan och efter strypning



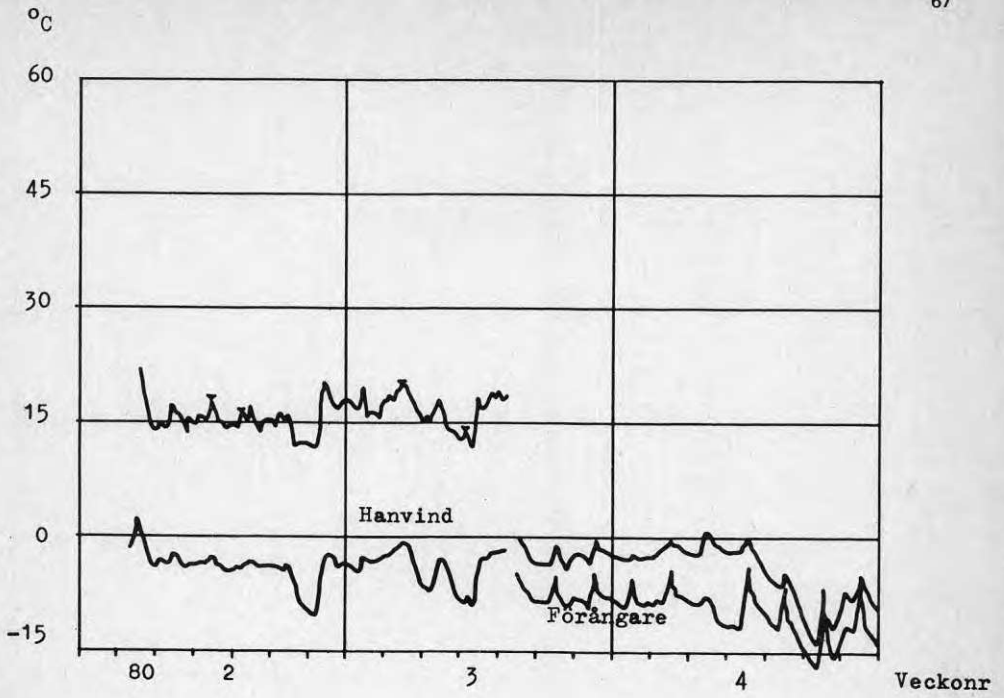


Fig 8.10 5 Temp på hanvind och vid förångare

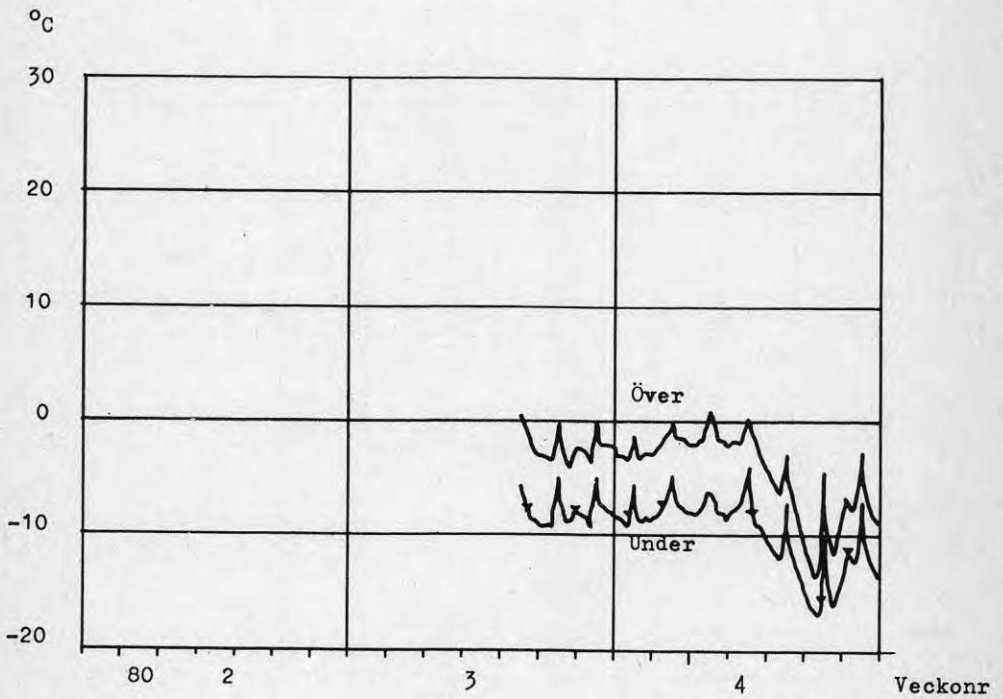


Fig 8.10.6 Temp över och under förångare

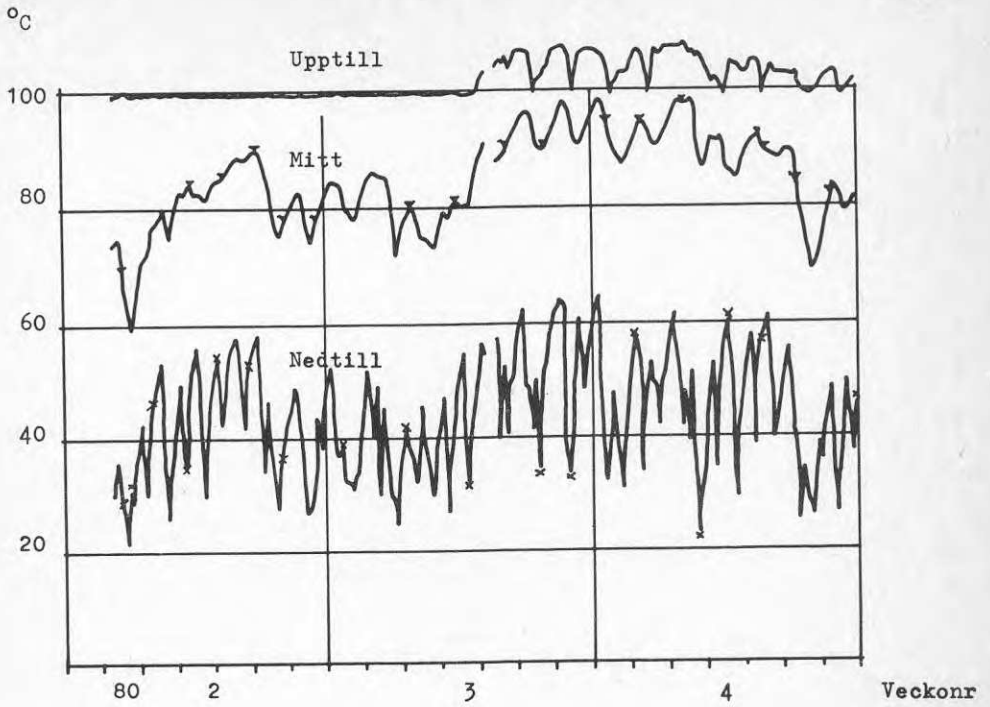


Fig 8.10.7 Temperaturer i VVB Hus C14

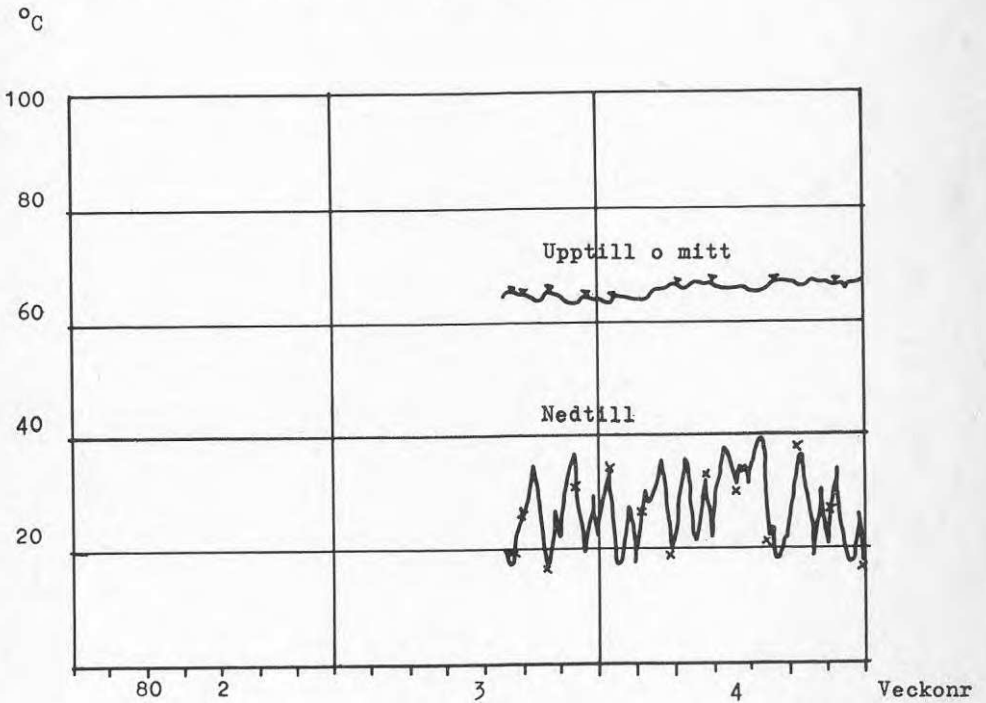


Fig 8.10.8 Temperaturer VVB Hus C5

Provhusinstallationen och driften har visat att ett direktvärme-pumpsystem kan tillverkas, monteras och fungera tillfredsställande i nybyggda småhus.

Det aktuella provhuset, som är det fjärde utförda med Spanoterm-system, är det första, som är nybyggt och som från början byggts med Spanoterm värmesystem.

Provhuset är dock inte helt projekterat för ett sådant värmesystem utan Spanotermuppvärmningen har fått anpassas till en huskonstruktion, som gjorts för ordinär radiatoruppvärmning.

Bästa resultatet fås om huskonstruktion och värmesystem kan projekteras i samverkande konstruktioner och funktioner.

Det ideala småhuset för Spanotermuppvärmning är troligen ett en-planshus med hög takresning, som ger en stor kall vind och därmed stor värmeväxларыта mot uteluften.

Yttertaket bör vara uppbyggt, så att värmeväxlingen utifrån och in underlättas, t ex plåttak eller papptak, utan avbrott genom luftspalter, som t ex i ett tak med betongtakpannor. Panntaket kan också genom sin värmekapacitet fördröja värmeutbytet.

Negativa effekter av plåttak etc kan dock vara den höga kallstrålningen från takytan klara nätter.

Fönster och dörrar bör utformas och placeras så att minsta möjliga kallstrålning uppkommer. Vid ordinär radiatoruppvärmning kan sådan kallstrålning uppvägas av radiatorer, men med ett takvärmesystem är det svårare att kompensera en låg temperatur från ett fönster. I Spanotermssystemet har man dock en viss hjälp från elradiatorerna vid dimensionerande lägsta utetemperatur.

Slutligen måste framhållas att ett Spanotermvärmesystem jämfört med konventionella värmesystem ger möjlighet att få låg driftkostnad, (d v s litet behov av inköpt energi). Produktionen av tappvarmvatten tycks vara speciellt ekonomisk, bl a beroende på att den överhettade gasen användes för detta ändamål.

## 10 FORTSATT FORSKNINGSBEHOV

## Tänkbara förbättringar

Det genomförda projektet har visat, att en direktverkande värmepump av typ Spanoterm kan ge energibesparingar av ungefär den storleksordning, som kalkylerats innan projektet startades, d v s man kan spara ungefär hälften av den inköpta energin till transmission, ventilation och tappvarmvatten.

Projektet har också visat att ytterligare forsknings- och utvecklingsarbete är önskvärt både beträffande driftsförhållanden och förbättringar av värmefaktorn för värmepumpen.

På driftsidan kan följande problem nämnas:

- a) Fuktförhållandena invid förångare på hanvind.
- b) Ljudproblem beträffande kontaktorer och vid avfrostning.
- c) Höga temperaturer i varmvattenberedaren, då ingen tappning av varmvatten, sker under en längre tid (100-110°C). Detta kan vid låga tryck i vattensystemet möjligen ge problem. Viss omkonstruktion av kondensorslingan i beredaren eller alternativt maxtermostat i toppen av beredaren kan erfordras.

För att förbättra värmepumpens värmefaktor bör effekten av följande åtgärder undersökas:

1. Optimera avfrostningsautomatiken.
2. Utnyttja frånluftens värmeinhåll. Frånluften svarar för ungefär 1/3 av byggnadens värmebehov.
3. Större kondensoryta och eventuell placering av kondensorer på lämplig plats i yttervägg och yttertak kan möjliggöra låga kondenseringstemperatur och alltså högre värmefaktor. P s s ger en höjning av förångningstemperaturen, exempelvis enligt pkt 2 ovan, en högre värmefaktor.

Med kännedom om den direktverkande värmepumpens driftdata bör i första hand en teoretisk beräkning av uppnåbara värmefaktorer under olika yttre förhållanden, husstorlek, utomhusklimat etc göras.

De olika ingående parametrarna 1-3 ovan bör analyseras och överslagsmässiga kostnadsberäkningar och lönsamhetskalkyler upprättas.

## LITTERATURFÖRTECKNING

- 1 Nylund, P O , "Tjuvdrag och ventilation". BFR T 4:1979, Stockholm.
- 2 Handa, Kamal nr 81 "Mikroklimat och luftväxling". BFR T 3:1979.
- 3 Oja, Viktor, "Temperatureglering i bostadshus". BFR R 35: 1980.
- 4 Girdo, Valdis, "Grundläggande förutsättningar för soluppvärmning av byggnader i Skandinavien". BFR R 108:1978.
- 5 Abrahamsson, Thore, "Energi från solvärmd vind". BFR R 12:1979.
- 6 Kraft, Holger m fl, "Värmepumpar för bostadsuppvärmning". BFR R 14:1979.
- 7 Taesler, Roger, "Klimatdata för Sverige". SMHI - BFR, Stockholm 1972. BFR T2:72

## \* BILAGEFÖRTECKNING (projekt 781552-9)

Bil. nr	Rubrik	Sid
3.12	Elradiatorinst b v	1
13	" " ö v	2
41	Ber av effektbehov hus C5	3
42	" " " " C14	4
5	Kondensorinstallation hus C14	5
4.11	Datamät.inst hus C5	6
12	" " C14	7
13	" systemskiss	8
14-17	" givarplacering	9
18	Givare för operativ temperatur	13
41	Tryckprovning hus C5	14
42	" " C14	15
51	Ventilationsmätning hus C5	16
52	" " C14	17
5.3.11	Yttemp köldmedierör efter kopressor	18
3.12	" " vardagsrum	22
3.13	" " ö v b v	26
3.14	" " mellan strypn	
	och efter strypn	30
3.15	Lufttemp hanvind + yttemp förångare	34
3.16	" över resp under förångare	38
3.17	Köldmediets temp efter vvb	42
3.18	Temp vid kondensor i vardagsrum	46
3.19	Köldmedietemp ö v b v	50
3.20	" mellanstrypn och strypn	54
3.21	Temp hanvind och förångare	58
3.22	Yttemperatur vvb hus C14	62
3.23	" " ref.hus C5	66
6.15	RF hanvind hus C14	70
16	RF kryppgrund hus C14	71
17-18	RF och temp hanvind hus C14 - C5	72
3.61	Lufttemp över resp under förångare	76

\*Bilagorna är tillgängliga genom:

Institutionen för byggdokumentation  
 Hälsingegatan 49, 113 31 Stockholm  
 Telefon 08-34 01 70

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
781552-9 från Statens råd för byggnadsforskning  
till LB-Hus AB, Bromölla.

R18: 1982

ISBN 91-540-3641-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700518

Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirkapris: 30 kr exkl moms