



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.



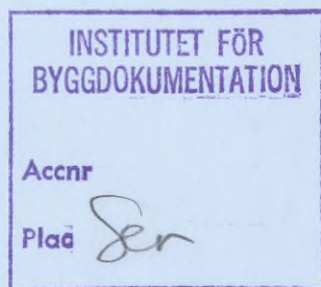
**Rapport**

**R27:1987**

# **Energisparpotentialen i lokaler**

**Energieffektivisering av fem  
kontorsbyggnader genom energiteknisk  
upprustning**

**Lars Sundbom  
Anders Nilson  
Karl Munther**



**Byggforskningsrådet**

# Byggforskningsrådet

R 27: 1987

## Statens råd för byggnadsforskning

Adress: Sankt Göransgatan 66, 112 33 Stockholm

Telefon: 08-54 06 40

Telegram: buildcouncil stockholm

Telex: 10398

Till \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_

Från \_\_\_\_\_

- brådskande
- för kännedom
- för behandling
- enligt samtal
- önskas åter

Här kommer två utbytesblad  
som tillhör rapport 82/377-0  
Energisparpotentialen i lokaler.

Skulle vara tacksam om ni  
ville byta ut dem.

Hälsningar Wanjia Andersson.



FASTIGHET ÄGARE BESKRIVNING	KASTELL- HOLM 16 FOLKSAM GÖTEBORG	GULDFISK- EN 8 SPP LINKÖPING	BOMMEN 5 TRYGG- HANSA GÖTEBORG	KÖPMANNEN VALAND ESLÖV	KUNGS- ÄNGEN 5:13 ANSVAR UPPSALA
BYGGNADSÅR	1957	1971	1965-67	1965	1970
HUSTYP/ANTAL VÄN ÖVAN MARK	SAMMAN- BYGGD PÅ 2 SIDOR 9	FRILIG- GANDE 7	SAMMAN- BYGGD PÅ 2 SIDOR 8	SAMMAN- BYGGD PÅ EN SIDA 4	SAMMAN- BYGGD PÅ EN SIDA 5
BRUKSAREA/VOLYM KVM/KBM	8879/ 23054	26130/ 70000	16500/ 44030	4387/ 12290	6280/ 20680
TYP AV VERKSAMHET	KONTOR BUTIKER BOSTÄDER GARAGE MOTIONS- LOKAL	KONTOR AFFÄRS- CENTRUM HOTELL RESTAUR. GARAGE	KONTOR GARAGE	KONTOR BUTIKER HOTELL RESTAUR. GARAGE	KONTOR BUTIKER TEATER RESTAUR. SAML.LOK.
YTTERVÄGGAR (HUVUDSAKL.)	UTFACKN. VÄGGAR TRÄREGEL MINULL	SANDWICH- ELEMENT LÄTT-BTG	SANDWICH- ELEMENT	UTFACKN. VÄGGAR BTG OCH LÄTTBTG	BETONG- MINULL.
KONSTRUKTION YTSKIKT TÄTHET	BETONG PLÅT DÄLIG	BETONG TEGEL	BETONG KONSTSTEN	BETONG PLÅT DÄLIG	BETONG TEGEL
VÄRMEPRODUKTION (PRIM) VÄRMEDISTRUB. (SEK)	FJV RAD 2-RÖR	FJV RAD 2-RÖR FÖNSTER- APP	FJV RAD 2-RÖR FÖNSTER- APP	OLJA (-82) FJV (-86) RAD 2-RÖR	FJV RAD 2-RÖR FÖNSTER- APP
ÅTERLUFT VÄRMEÅTERVINNING BEFUKTNING KYLA	X	X X	X	X	EJ I DRIFT
SPECIFIK ENERGI- FÖRBRUKNING FÖRE ÅTG. VÄRME/EL (KWH/KVM ÖBRA)	142/58	203/42	118/41	176/135	329/48
SPECIFIK VATTEN- FÖRBRUKNING FÖRE ÅTG. VÄRME/ KBM/KVM ÖBRA	0.338/0.071	0.758/0.188	0.46/0.061	1.30/0.22	1.19/0.17

Figur 2.6 Sammanfattande fastighetsdata före  
åtgärd.



Fastighet	Uppv MWh/år	VV MWh/år	Sommarfbr. MWh/år	TOTALT	
				MWh/år	kWh/m <sup>2</sup> ,år
Kastellholm 16	1212	33	18	1263	142
Guldfisken 8, UC1	1623	92	17	1732	201
Guldfisken 8, UC2	3388	158	37	3583	205
Stora Bommen 5	1808	61	82	1951	118
Kv Köpmannen	695	49	28	772	176
Kungsängen 5:13	1951	43	74	2068	329

Tabell 7.3 Köpt energi för respektive fastighet  
före genomförda åtgärder

Fastighet	Uppv MWh/år	VV MWh/år	Sommarfbr. MWh/år	TOTALT	
				MWh/år	kWh/m <sup>2</sup> ,år
Kastellholm 16	551	22	28	601	68
Guldfisken 8, UC1	1567***	-*	124**	1691	195
Guldfisken 8, UC2	2740***	-*	278**	3018	172
Stora Bommen 5	960	76	106	1142	69
Kv Köpmannen	434	68	7	509	116
Kungsängen 5:13	916	58	39	1013	161

- \* Varmvattenmätarna nedtagna för service
- \*\* Kortare eldningssäsong ökar sommarförbrukningen
- \*\*\* Inklusive varmvatten

Tabell 7.4 Köpt energi för respektive fastighet  
efter genomförda åtgärder





R27:1987

**ENERGISPARPOTENTIALEN I LOKALER**

Energieffektivisering av fem kontorsbyggnader genom energiteknisk upprustning

Lars Sundbom  
Anders Nilson  
Karl Munther

Denna rapport hänförs till forskningsanslag  
821377-0 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Windborne Projekt AB, Stockholm

## REFERAT

Statens råd för byggnadsforskning (BFR) har under senare år satsat stora resurser på att initiera och genomföra olika s.k. experimentbyggnads- och demonstrationsprojekt inom energiområdet. Verksamheten inom lokal-sektorn har bedrivits inom projektpaketet. "Energisparpotentialen i lokaler", vilket har bedrivits under arbetsnamnet "Resurssnåla lokaler". Detta projekt har genomförts i samarbete med ett antal svenska försäkringsbolag, vilka utgör fastigheternas ägare. Genomförda åtgärds paket har i flertalet fall medfört att ganska stora energibesparingar har kunnat uppnås. Energibesparingar på mellan 30 och 50% av energiförbrukningen före åtgärd uttryckt som köpt energi för uppvärmning och varmvattenberedning, har kunnat registreras. Som framgår av rapporten är lönsamheten starkt beroende av den framtida energiprisutvecklingen. Men redan vid en ökningstakt på 0 % realt per år erhålles en mycket god lönsamhet för de åtgärds paket som har genomförts i två av de fem fastigheterna. I samband med den anläggningsgenomgång och de intensivmätningar som gjordes efter slutbesiktning framkom att för anläggningarnas funktion och energieffektivitet väsentliga fel och brister förelåg i många fall. Stora energibesparingar kan emellertid hämtas hem inom lokal-sektorn och detta med oftast mycket god lönsamhet. Detta kräver dock en systematisk genomgång av berörda fastigheter och en väl fungerande organisation för åtgärdernas projektering, upphandling, genomförande och uppföljning ur funktionssynpunkt.

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

R27:1987

ISBN 91-540-4675-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

<u>INNEHÅLL</u>	<u>SID</u>
0. FÖRORD	6
1. SAMMANFATTNING	9
1.1 Allmänt	9
1.2 Ingående fastigheter och genomförda åtgärder	9
1.3 Projektarbetet	10
1.4 Uppmätta energibesparingar m m	11
1.5 Jämförelse mellan uppmätta och teoretiskt beräknade energibehov	12
1.6 Ekonomisk lönsamhet	13
1.7 Funktionsuppföljning	15
1.8 Slutsatser	16
2. FASTIGHETSBESKRIVNING	18
2.1 Allmänt	18
2.2 Köpmannen, Eslöv (Valand)	18
2.3 Kastellholm 16, Göteborg (Folksam)	19
2.4 Stora Bommen 5, Göteborg (Trygg-Hansa)	20
2.5 Guldfisken 8, Linköping (SPP)	22
2.6 Kungsängen 5:13, Uppsala (Ansvar)	23
2.7 Sammanfattande fastighetsdata	24
3. DEMONSTRATIONSPROJEKTETS GENOMFÖRANDE	26
3.1 Skedesindelning	26
3.11 Föranalysskede	27
3.12 Lönsamma alternativ	27
3.121 Seminarier	29
3.13 Val av tekniska lösningar och entreprenadform	29
3.131 Upphandlingsarbete	30
3.132 Sammanfattande synpunkter från anbuds-lämnare på upphandlingsmodellen	31
3.14 Upprustningsskede	33
3.15 Utvärdering och intrimning	34
3.2 Organisation	34
3.3 Tidplan	36

4	PLANERADE OCH UPPHANDLADE ÅTGÄRDER	37
4.1	Allmänt	37
4.2	Åtgärder på värmesystemet	37
4.3	Åtgärder på ventilationssystemet	38
4.4	Åtgärder på styr- och reglersystemet	38
4.5	Åtgärder på kall- och varmvattensystemet	39
4.6	Byggnadstekniska åtgärder	39
4.7	Översiktlig sammanställning av genomförda åtgärder	39
5.	UTVÄRDERINGSSTRATEGI	41
5.1	Allmänt	41
5.2	Utvärderingsmodell	42
6.	MÄTPROGRAM OCH MÄTUTRUSTNING	44
6.1	Allmänt	44
7.	MÄTRESULTAT	46
7.1	Allmänt	46
7.2	Tappvattenförbrukningar	47
7.3	Sommarförbrukning	51
7.4	Temperaturer	53
7.5	Elenergiförbrukning	54
7.6	Energi för uppvärmning	54
7.7	Köpt energi före respektive efter åtgärd	57
8.	TEORETISKA BERÄKNINGAR AV ÅRSENERGIBEHOV	60
8.1	Bakgrund	60
8.2	Datorprogram för energibehovsberäkningar	60
8.3	Exempel på energibehovsberäkningar	61
8.4	Jämförelse mellan beräknade och uppmätta värden	63
8.5	Med facit i handen	64
8.6	Sammanställning av beräknade och uppmätta energibehov före och efter åtgärder	64
9.	FUNKTIONSUPPFÖLJNING	66
9.1	Allmänt	66
9.2	Brister och fel i samband med funktionsuppföljning av respektive fastighet	66

10.	KOSTNADER OCH LÖNSAMHET	70
10,1	Allmänt	70
10.2	Fastighetsvisa kostnader	71
10.3	Kalkylförutsättningar	71
10.4	Resultat av nuvärdesberäkningar	72
11.	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	74
11.1	Projektets genomförande	74
11.2	Energibesparingar och funktion	75
12.	REFERENSER	78
13.	BILAGOR	
	Bilaga 1 - Fastighetsvis sammanställning av genomförda åtgärder	80
	Bilaga 2 - Objektspecifika mätprogram (exempel)	91
	Bilaga 3 - Mätdata	99
	Bilaga 4 - Energiberäkningar före respektive efter åtgärd	135

## 0 FÖRORD

Under den senaste 10-årsperioden har vi kunnat uppleva stora växlingar i såväl tillgång som efterfrågan på energi. Samtidigt har en övergång från olja till framförallt el men även fasta bränslen ägt rum. Prissänkningen 1986 på olja har inneburit att detta energislag åter förbättrat sitt konkurrensläge.

Samtidigt pågår en intensiv debatt om olika energikällors miljöpåverkan. Osäkerheten är i dagsläget stor om framtidens energiutbud vad gäller energislag, mängd och pris.

I denna situation har energianvändarna inom bostads- och lokalsektorn två handlingsstrategier att välja på för att ekonomisera sin energianvändning:

- effektivisering av energisystemet och dess drift inom ramen för vad som är långsiktigt lönsamt
- ut- och omformning av byggnadernas installations-system för så stor flexibilitet som möjligt vad gäller framtida energikällor.

Mot denna bakgrund har inom Windborne Projekt AB i samarbete med Bengt Dahlgren AB och Karl Munther Energiforskning AB sedan våren 1983 bedrivits Byggnadsforskningsrådets demonstrationsprojekt inom lokalsektorn.

Projektet har genomförts inom försäkringsbranschen som förvaltar en betydande byggnadsvolym.

Förvaltad byggnadsvolym 1982 fördelad på bostäder och lokaler samt totalvolym 1986 (tusentals m<sup>3</sup>) framgår av följande tabell:

Bolag	Bostäder	Lokaler	Total volym	
			1982	1986
Allmänna Brand	19	125	144	210
Ansvar	48	22	70	291
Folksam	117	893	1.010	1.525
Länsförsäkringsbolagen AB	268	97	365	380
Skandia	915	2.385	3.300	5.085
SPP	1.954	1.700	3.654	4.500
Trygg Hansa	828	1.062	1.890	3.225
Valand	278	540	818	1.087
SUMMA	4.427	6.824	11.251	16.303

Anm. Uppgift från Vegete saknas.

Projektet har bedrivits i byggnader ägda av försäkringsbolagen Ansvar, Folksam, SPP, Trygg Hansa och Valand som på ett mycket aktivt sätt stött projektet.

Förutom nämnda bolag har Länsförsäkringar, Skandia och Vegete deltagit i ledningsgruppen. Ulf Winberg SPP, har på ett engagerat sätt skött ordförandeskapet i styrgruppen. Utan denna samlande funktion hade projektet ej varit genomförbart.

Vi vill tacka alla medarbetare för det omfattande arbete som nedlagts i projektet.

Ett särskilt tack vill vi framföra till Hjalmar Olson som initiativtagare till föreliggande arbete och ständig inspirationskälla inom ledningsgruppen.

Alla frågor för ledningsgruppen har beretts inom en referensgrupp under ledning av professor Enno Abel, CTH, vilken vi är ett stort tack skyldig för alla goda råd om arbetets inriktning.

Mätprogram, datainsamling, databearbetningar samt felsökning är exempel på verksamheter som i denna projekttyp kräver teknisk insikt och fantasi. Vi har haft förmånen att samarbeta med Per Levin, Anita Olsson och Anders Walter som givit oss ett fint stöd i detta arbete.

Det är vår förhoppning att våra erfarenheter av demonstrationsprojektet, skall stimulera en fortsatt praktisk omvandling av energisystemet.

Stockholm 1986-12-19

Lars Sundbom  
Projektledare



## 1. SAMMANFATTNING

### 1.1 Allmänt

Statens råd för byggnadsforskning (BFR) har under senare år satsat stora resurser på att initiera och genomföra olika s k experimentbyggnads- och demonstrationsprojekt inom energiområdet.

Vid Byggeforskningsrådets planering för insatser inom energihushållningsområdet har tre byggnadstyper bedömts vara av speciellt intresse, nämligen flerbostadshus, skolor samt kontor och övriga kommersiella lokaler. Dessa tre byggnadstyper representerar en byggnadsmassa med en betydande energibesparingspotential, men en splittrad ägarbild, vilket försvårat samlade insatser.

Avsikten med demonstrationsprojekten har varit att i full skala genomföra olika åtgärder, utvärdera deras besparingseffekter med hjälp av bl a fältmätningar samt analysera det ekonomiska utfallet. Andra väsentliga delar är att studera olika hinder för genomförandet samt att sprida kunskap om utfallet till olika berörda parter i byggprocessen. Demonstrationsaspekten är således av väsentlig betydelse för projektplaneringen.

Verksamheten inom flerbostadshussektorn har bedrivits inom projektpaketet "Energisparkvarter" (1).

Motsvarande projekt inom lokalsektorn är föreliggande projektpaket "Energisparpotentialen i lokaler", vilket har bedrivits under arbetsnamnet "Resurssnåla lokaler".

Detta projekt har genomförts i samarbete med ett antal svenska försäkringsbolag, vilka utgör fastigheternas ägare.

### 1.2 Ingående fastigheter och genomförda åtgärder

De fastigheter, som ingår i detta projekt, är fem till antalet och representerar olika ägare, klimatbetingelser, ålder, energiteknisk status före åtgärd och delvis olika verksamheter, äver om den huvudsakliga verksamheten i de flesta fall utgörs av kontor. Andra verksamheter kan vara butiker, hotell och restauranger.

Fastigheterna är belägna på fyra olika orter, nämligen i Eslöv, Göteborg, Linköping och Uppsala.

De genomförda åtgärdernas typ och karaktär varierar med de enskilda fastigheternas speciella förutsättningar. Huvuddelen av åtgärderna berör dock fastigheternas installationer och då främst luftbehandlingssystemen.

De byggnadstekniska åtgärder, som har genomförts, har i huvudsak varit knutna till åtgärderna på installationssidan men också i vissa fall varit föranledda av tekniska brister, som lett till dålig komfort eller teknisk funktion hos installationerna. Genomförda installationstekniska åtgärder, har varit av såväl enklare slag (injustering av värme- och ventilationssystem, drifttidsstyrning av fläktar m m) som av mer omfattande slag (värmeåtervinning, värmepump).

Den strategi, som har tillämpats vid åtgärdernas genomförande, har varit att sammanföra dem till ett åtgärdspaket med inslag också av åtgärder av renoveringskaraktär o dyl.

Detta har bl a medfört att man i ett av projekten i Göteborg (Kastellholm 16), också har genomfört omfattande byggnadstekniska åtgärder, nämligen tilläggsisolering och tätning av fasad samt byte till 3-glasfönster. Anledningen var här en mycket otät fasad med komfortproblem som följt samt problem att erhålla en korrekt luftbalans i byggnaden.

### 1.3 Projektarbetet

Projektarbetet har genomförts enligt följande modell med fem huvudskeden, nämligen:

- Föranalys
- Framställan av lönsamma alternativ
- Val av tekniska lösningar samt entreprenadform
- Upprustning
- Utvärdering och intrimning

Projektarbetet har bedrivits på såväl central som lokal nivå. Exempelvis har samtliga mätningar administrerats centralt medan projekteringsarbetet har utförts av lokala konsulter, vilka har engagerats av respektive försäkringsbolag.

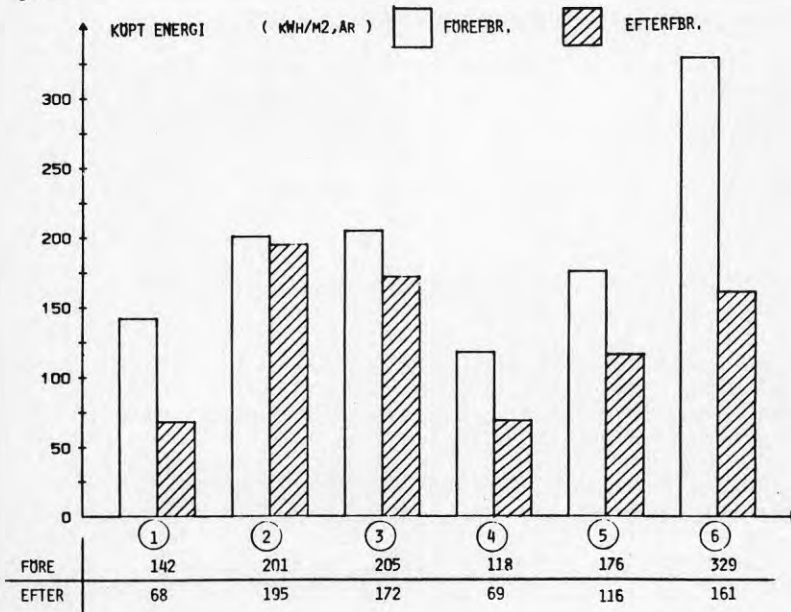
Upphandlingen av entreprenörer skedde genom en anbudsävlan mellan speciellt inbjudna bygg- och installationsentreprenörer. Stor vikt skulle enligt förutsättningarna läggas vid om entreprenörerna inkom med egna förslag. Antalet förslag och dessas omfattning var dock ringa.

Energispargarantier diskuterades i projektets inledande skede. Viss osäkerhet inför detta rådde dock bland ägarkretsen, varför dessa i slutskedet mer blev av moralisk än av ekonomisk karaktär.

Genomförda åtgärders besparingseffekt har utvärderats på åtgärdsnivå och har skett genom relativt omfattande mätningar av temperatur, energi, vattenförbrukning m m såväl före som efter genomförandet. Mätutrustningen har baserats på datorteknik.

#### 1.4 Uppmätta energibesparingar m m

Genomförda åtgärds paket har i flertalet fall medfört att ganska stora energibesparingar har kunnat uppnås. Energibesparingar på mellan 30 och 50 % av energiförbrukningen före åtgärd, uttryckt som köpt energi för uppvärmning och varmvattenberedning, har kunnat registreras för fyra av de fem ingående objekten. För ett av objekten, där vi av mättekniska skäl har måst dela upp fastigheten, har energibesparingen endast uppgått till mellan 3 och 15 %.



Figur 1.1 Köpt energi för uppvärmning och varmvattenberedning före respektive efter genomförda åtgärder

(1=Kastellholm 16, 2=Guldfisken 8, UC1, 3=Guldfisken 8, UC2, 4=Bommen 5, 5=Köpmannen, 6=Kungsängen 5:13)

I denna figur redovisas utfallet för samtliga ingående fastigheter genom en presentation av köpt energi för uppvärmning och varmvattenberedning såväl före som efter genomförda åtgärder.

För frånluftsvärmepumpanläggningen i fastigheten Köpmannen, Eslöv, har en separat utvärdering genomförts. Den ger att värmepumpen totalt har levererat 161 MWh under ett års drift under 1985-1986 medan erforderlig elenergi för drift av kompressorer och pumpar m m har uppgått till 57 MWh under motsvarande tid.

Detta ger en nettoleverans från värmepumpen på 24 kWh/m<sup>2</sup>,år och en årsmedelvärmefaktor för värmepump med tillhörande hjälpmaskineri på 2,8.

Försök att analysera elenergiförbrukningen efter genomförda åtgärder har gjorts, dock med magert resultat. Stora svårigheter har förelegat att er hålla relevanta sådana uppgifter från såväl berörda energiverk som ägare. Orsakerna till detta har varit många, bl a svårigheter att urskilja vad som varit orsakat av genomförda åtgärder och annan allmän standardhöjning vad avser belysning m m

I en av fastigheterna, Köpmannen, där en frånluftsvärmepump har installerats, har en ökad elenergiförbrukning, direkt orsakad av genomförda åtgärder, självklart kunnat observeras.

För övriga fastigheter bedöms ökningen vara marginal, åtminstone den som orsakats av åtgärderna.

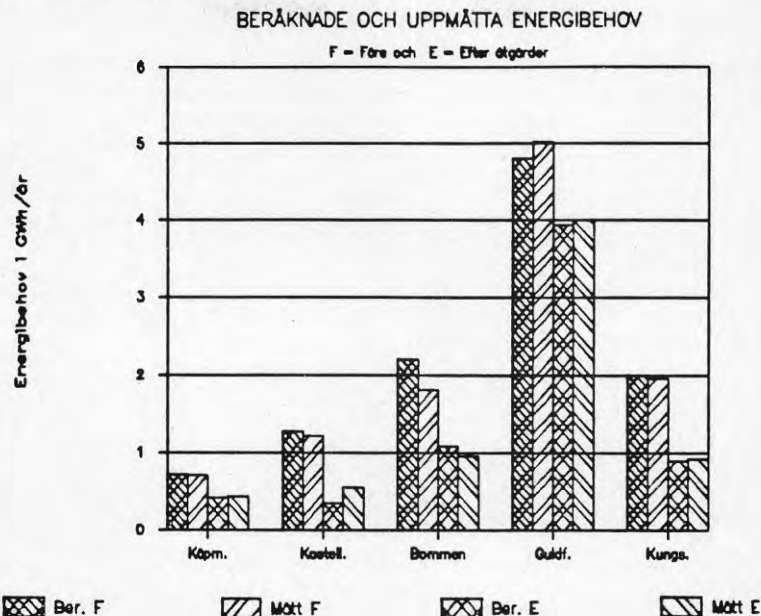
#### 1.5 Jämförelse mellan uppmätta och teoretiskt beräknade energibehov

Under hela projektets löptid har analyserna av uppmätta data kombinerats med alltmer förfinade databeräkningar av förväntade energiförbrukningsnivåer efter åtgärd.

Avsikten har varit att i datormodellen utnyttja uppmätta indata och med detta som bas teoretiskt beräkna förväntad slutförbrukning och härigenom kunna undersöka modellens tillförlitlighet

En kombination av mätningar, analysmetoder för mätdata och teoretiska beräkningar utgör nämligen ett effektivt hjälpmedel att spåra eventuella fel i en anläggning eller i en fastighets drift. Tillsammans utgör de en slags "väckarklocka".

I figur 1.2 nedan redovisas en sammanställning av uppmätta och teoretiskt beräknade energiförbrukningsnivåer före och efter genomförda åtgärder. Här avses energibehovet för uppvärmning.



Figur 1.2 Energibehov för uppvärmning före och efter genomförda åtgärder enligt mätningar och teoretiska beräkningar

En analys av ovanstående figur ger att avvikelserna ligger inom ca +15 %, vilket får anses vara ett gott resultat. Liknande resultat har erhållits i andra liknande projekt (5, 6).

Teoretiskt beräknad årsmedelvärmefaktor för frånluftsvärmepumpenläggningen i fastigheten Köpmannen är ca 2,5 medan den uppmätta är ca 2,8, dvs en skillnad på 0,3 enheter. Detta ger en avvikelse på 10 % i förhållande till den uppmätta.

#### 1.6 Ekonomisk lönsamhet

För varje fastighet har lönsamheten för genomförda åtgärdspaket analyserats med hjälp av nuvärdesmetoden och med av ägarkretsen gemensamt uppställda kalkylförutsättningar.

Nuvärdeskalkylerna baseras på uppmätta energibesparingar faktiska åtgärds-kostnader inkl projekteringskostnader. Kalkylperioden har valts till 30 år med en brukstid på 15 år för installationstekniska åtgärder och reinvestering därefter. För byggnadstekniska åtgärder har brukstiden satts till 30 år.

Ägarkretsens avkastningskrav är satt till 4 % reallt och finansieringen har skett med kontanta medel. Kalkylerna har genomförts med fasta priser.

Dagens energipris varierar för de olika fastigheterna och ligger i intervallet 0,25 - 0,28 kr/kWh. Två alternativa energiprisutvecklingar har studerats, nämligen en ökningstakt på 0 % respektive 4 % reallt per år.

Med dessa förutsättningar har ekonomiska utfall enligt tabell 1.1 erhållits.

Som framgår av tabell 1.1 nedan är lönsamheten starkt beroende av den framtida energiprisutvecklingen. En ökningstakt på 4 % reallt per år i stället för 0 % ger att genomförda åtgärds-paket i samtliga fastigheter blir lönsamma och denna blir i flertalet fall dessutom mycket god.

Objekt	Nuvärde för alternativa energiprisutvecklingar (kkr)	
	0 %/år (reallt)	4 %/år (reallt)
Kastellholm 16	-530	1.550
Guldfisken 8	220	2.145
Bommen 5	1.448	4.018
Köpmannen	-290	537
Kungsängen 5:13	2.560	5.940

Tabell 1.1 Ekonomiskt utfall av genomförda åtgärds-paket vid ett avkastningskrav på 4 % reallt

Men redan vid en ökningstakt på 0 % realt per år erhålles en mycket god lönsamhet för de åtgärds paket som har genomförts i fastigheterna Bommen 5 och Kungsängen 5:13. Att lönsamheten för fastigheten Guldfisken 8 är så relativt låg kan i huvudsak tillskrivas det faktum att man där inte kunnat hämta hem full besparingseffekt av genomförda åtgärder på grund av en i vissa fall olämplig systemutformning. En annan orsak är att man ännu inte har åtgärdat de otäta entreportarna i fastighetens köpcentrum, varför man tvingas att kompensera det kraftiga luftläckaget med en förhöjd tilluftstemperatur för att personalen ej skall klaga.

Att lönsamheten, vid en ökningstakt på 0 % realt per år, är lägre i fastigheten Kastellholm 16 än i övriga, beror på att man där även har genomfört omfattande åtgärder på byggnadens fasader och fönster. Vid en mer sannolik energiprisökningstakt på 2 % realt per år torde även här genomfört åtgärds paket kunna uppvisa lönsamhet.

Att så är möjligt beror på att man där har integrerat energihushållningsåtgärder med åtgärder av renoveringskaraktär. Om dessa inte hade genomförts skulle man inte heller fortsättningsvis kunnat erhålla en korrekt luftbalans i byggnaden eller uppnått acceptabel komfort.

### 1.7 Funktionsuppföljning

Fastigheterna har löpande följts upp med hjälp av uppmätta data, vilka ingående har analyserats genom utnyttjande av bl a fastigheternas energisignaturer före respektive efter åtgärd. Genomförda teoretiska beräkningar har härvid var ett värdefullt hjälpmedel när det gällt att hitta sannolika förklaringar till eventuella avvikelser mellan uppmätta och förväntade energibesparingar.

Här redovisade energibesparingar är en följd av att sådana analyser löpande utförts och att "larm" gavs att anläggningarna i vissa fall inte fungerade på avsett sätt. En "felfinnarnas rundtur" organiserades därför hösten 1985 till samtliga objekt. I samband med den anläggningsgenomgång och de intensivmätningar som då gjordes, framkom att för anläggningarna funktion och energieffektivitet väsentliga fel och brister förelåg i många fall. Dessa kunde till stora delar förklara de avvikelser, som förelåg vid vår preliminära utvärdering försommaren 1985, mellan uppmätt och förväntad energibesparing.

Efter denna funktionsuppföljning har sannolikt flertalet av de konstaterade och till respektive fastighetsägare meddelade felen och bristerna åtgärdats. Under 1986 har sedan en slututvärdering genomförts med här presenterade resultat som följd.

### 1.8 Slutsatser

En rad olika intressanta resultat och erfarenheter har framkommit under de snart fyra år, som detta projekt har pågått.

Stora energibesparingar kan hämtas hem inom lokal-sektorn och detta med oftast mycket god lönsamhet. Detta kräver dock en systematisk genomgång av berörda fastigheter och en väl fungerande organisation för åtgärdernas projektering, upphandling, genomförande och uppföljning ur funktionssynpunkt.

Vid genomförandet av energihushållningsåtgärder måste en helhetssyn läggas på fastighetens energisituation så att rätt åtgärder genomföres ur såväl värmeenergisympunkt som elenergisympunkt. En stor besparing av värmeenergi får inte ske till priset av en kraftigt ökad elenergiförbrukning, vilket idag är än mer väsentligt än tidigare på grund av den nödvändiga omställningen av Sveriges energisystem i framtiden.

En introduktion av mer komplex installationsteknisk utrustning av typen värmeåtervinning, värmepumpar, datoriserad styr- och övervakning m m ställer helt andra krav på berörd driftspersonal är tidigare. Utbildningsbehovet ökar liksom kravet på att drifts- och skötselinstruktioner utarbetas och verkligen följs samt att ett ökat funktionsansvar tas av berörda parter i byggprocessen. En förutsättning för detta är att tid ges för en utökad och förbättrad funktionssamordning än vad som ofta är fallet idag och att detta också måste få kosta pengar.

I vissa fall har allvarliga fel och brister kunnat konstateras också efter genomförd slutbesiktning och godkänd anläggning. Först efter intensivmätningar i fält har vissa av dessa kunnat avslöjas. Liknande erfarenheter föreligger också från motsvarande parallellprojekt inom flerbostadshussektorn, kallat "Energisparkvarter".

Noggranna mätningar bör göras efter åtgärd och koncentreras till väsentliga anläggningsdelar, såsom värme- och ventilationssystem. Motsvarande mätningar före åtgärd bedömer vi endast erfordras i de fall tyngre åtgärder av typen tilläggsisolering



av fasad m m planeras. Detta förutsätter dock att god kännedom om fastighetens energiförbrukning föreligger före åtgärd och att denna avser den del av fastigheten, som berörs av åtgärden.

Det förfaller vara lämpligt att sådan mätutrustning byggs in redan i samband med genomförandet och att kostnaderna härför således ingår i entreprenaden.

Några krav på att mätutrustningen måste vara daterad finns självklart inte, även om vi anser det i de flesta fall vara en fördel om den är det. Kostnaderna för sådan utrustning är idag förhållandevis låga, varför det av ekonomiska skäl inte längre finns något motiv att avhålla sig från en sådan användning.

## 2 FASTIGHETSBEKRIVNING

### 2.1 Allmänt

Bland ett stort antal fastigheter som fanns tillgängliga vid projektets inledande skede valdes fem stycken ut för vidare studier. Valet skedde på basis av fastighetstyp, representativitet, mätbarhet, geografisk placering m m.

De utvalda fastigheterna redovisas här översiktligt i syfte att ge en översikt över de typer av objekt som representeras i projektet.

### 2.2 Köpmannen, Eslöv (Valand)

Kv Köpmannen är beläget vid Stora Torget i centrala Eslöv. Fastigheten består av fyra våningar, källarvåning och vindsvåning för fläktrum m m. Verksamheten innefattar i huvudsak affärslokaler i bottentplan, hotell och restaurangverksamhet i plan 1-3. Källarlokalerna innehåller garage. Fastighetens totala primära bruksarea är 4.387 m<sup>2</sup> och motsvarande volym 12.290 m<sup>3</sup>.

Konstruktionen består av ett platsbyggt pelardäcksystem av betong med hisschakt av betong och lätta utfackningsväggar. Fasadens ytskikt är grå plåtkassetter. Fasaden är elementbyggd, varför problem med passning mellan element och stomme har resulterat i otätheter. Otätheterna är mest besvärande kring fönster. Fastigheten var färdig för inflyttning 1965.

Uppvärmningssystemet bestod ursprungligen av två oljepannor från mitten av 1960-talet med ca fem år gamla brännare. Anläggningen kompletterades vid projektets början med en elpanna då en av oljepannornas värmeöverföringsyta spruckit. Systemet producerade också varmvatten till en ackumulatortank för varmvattendistribution. Under våren 1986 anslöts hela anläggningen till kommunens fjärrvärmnät.

Byggnadens ventilationsaggregat är till stora delar koncentrerade till fläktrum på vindsvåningen. Ventilationssystemet är av FT-typ i butikslokaler och restaurang medan hotelldelen enbart har frånluft.



Figur 2.1 Foto över kv Köpmannen, Eslöv

### 2.3 Kastellholm 16, Göteborg (Folksam)

Fastigheten Kastellholm 16 är granne med den gamla exercisplatsen "Heden" i centrala Göteborg. Huset har nio våningar ovan mark och två källarplan. Gatuplanet innehåller butiker, resebyråer och Folksams kundservice. Övriga våningar utgör kontor. Källarvåningarna innehåller garage, lager, rekreationsrum m m. Fastighetens totala primära bruksarea är 8.879 m<sup>2</sup> och motsvarande volym 23.054 m<sup>3</sup>.

Konstruktionen är av typen pelardäck med hiss-och installationsschakt gjutna av betong. Innerväggarna är av lätt konstruktion. Fasadens ytskikt är av plåt. Fasadens termograferades och visade sig innehålla stora köldbryggor med åtföljande dragproblem som hyresgäster klagat på. Fastighetens täthet bedömdes som mycket låg efter de tryckprovsmätningar som genomfördes. Fasadens bestod också till ca 60-65 % av fönster. Huset stod inflyttningsklart 1957.

Fastigheten är ansluten till Göteborgs kommuns fjärrvärmenät och distribuerar med ett tvårörssystem värme till konventionella radiatorer.

Ventilationssystemet är huvudsakligen av typen FT-system. Aggregatrummen är koncentrerade till vindsvåningarna och har vertikal kanaldragning i centrala schakt med avstick för varje våning. Kontorsrummen har luftinblåsning bakom radiatorer under fönstren.

Ingen form av värmeåtervinning förekom tidigare i fastighetens luftbehandlingssystem.



Figur 2.2 Foto över fastigheten Kastellholm 16, Göteborg

#### 2.4 Stora Bommen 5, Göteborg (Trygg-Hansa)

Fastigheten Stora Bommen 5 ligger inom Vallgraven på den östra kajkanten i Göteborgs hamn. Husets läge innebär stor exponering för västkustklimatet. Fastigheten består av åtta våningar med kontor, bottenplan med garage och vindsvåning med i huvudsak fläktrum. Den norra fasaden är sammanbyggd med grannfastigheten. Fastighetens totala primära bruksarea är  $16.500 \text{ m}^2$  och motsvarande volym  $44.030 \text{ m}^3$ .

Konstruktionen är av typen pelardäck med gjutna hiss- och installationsschakt. Innerväggarna är av lätt konstruktion medan utfackningsväggarna är av sandwichtyp med betong och mineralull (70 mm) och med natursten som fasadbeklädnad. Fasaden har köldbryggor där pelarna i stomkonstruktionen är placerade. Fasaden har stora fönsterytor. Fastigheten är byggd i två etapper och var inflyttningsklar mellan 1965-67.

Fastigheten är ansluten till Göteborgs kommuns fjärrvärmenät och värme distribueras med ett tvårörssystem till fönsterapparater av konventionell typ i de senare etapperna medan den första etappen (byggnaden närmast hamnen) har varmluftsspridare under fönstren.

Anläggningens ventilationsaggregat är koncentrerade till fyra stora fläktrum på vindsvåningen. Systemet är uppbyggt som ett FT-system med vertikalt distributionssystem i centrala schakt med avstick i ingjutna kanaler till respektive vånings fönsterapparater.



Figur 2.3 Foto över fastigheten Stora Bommen 5, Göteborg

## 2.5 Guldfisken 8, Linköping (SPP)

Fastigheten Guldfisken 8 består av en höghusdel samt ett köpcentrum och är beläget i området Skäggetorp strax utanför Linköping. Höghusdelen är sju våningar hög och innehåller butiker, bibliotek och serviceutrymmen i gatuplan och hotell samt kontor i övriga våningsplan. Affärsdelen är uppbyggd på pelare ett plan ovanför gatuplanet, som är parkeringsyta. Fastighetens totala primära bruksarea är 26.130 m<sup>2</sup> varav 8.630 m<sup>2</sup> i höghusdelen. Motsvarande totala volym är 70.000 m<sup>3</sup>.

Fastigheten har platsbyggnaden betongstomme med utfackningsväggar av sandwichelement med lättbetong, mineralull och betong som byggmaterial för höghusdelen. Affärscentrat har ytterväggar av lättbetong och fasadtegel. Fastigheten var inflyttningsklar 1971.

Anläggningen är ansluten till kommunens fjärrvärmenät via undercentralen i höghusdelen (UC1) och med en "slavcentral" (UC2) för försörjningen av köpcentrat. Höghusdelen har ett konventionellt tvårörssystem för värmedistribution till fönsterapparater medan köpcentrat har luftburen värme med lokal reglering genom eftervärmningsbatterier.

Ventilationssystemet består av totalt fem större fläktrum varav två för höghusdelen samt 22 mindre evakueringsfläktar. Samtliga fläktar och aggregatrum är belägna på takplan. Systemet är huvudsakligen av typ FT-system.



Figur 2.4 Foto över fastigheten Guldfisken 8, Linköping

## 2.6 Kungsängen 5:13, Uppsala (Ansvar)

Fastigheten Kungsängen 5:13 är ett halvkvartershus med kontor, butiker och publika lokaler som teater och samlingssalar. Huset är sammanbyggt med en grannfastighet på en sida. Husets höjd varierar från två till fem våningar. Fastigheten har en total primär bruksarea på 6.280 m<sup>2</sup> varav ca hälften är publika utrymmen, samt en motsvarande volym på 20.680 m<sup>3</sup>.

Stommen är platsgjuten av typ pelardäck med gjutna ytterväggar, hiss- och installationsschakt. Innerväggarna är lätta konstruktioner. Fasaden är murad i halvstenstegel med isolering av ca 50 mm mineralull. Huset var inflyttningsklart 1970.

Fastigheten är ansluten till Uppsala kommuns fjärrvärmenät och värmen distribueras efter värmväxlare ut via ett tvårörssystem till radiatorer och fönsterapparater.

Ventilationssystemet är huvudsakligen av typen FT-system. Systemet är uppdelat på två stora aggregatrum placerade på takplan för luftdistribution via vertikala schakt till de olika våningarna.



Figur 2.5 Foto över fastigheten Kungsängen 5:13,  
Uppsala

## 2.7 Sammanfattande fastighetsdata

Nedan är översiktliga byggnadsdata före åtgärder sammanställda i en tablå för att belysa "spridningen" i valet av fastighetstyp för projektet.



FASTIGHET ÄGARE ORT BESKRIVNING	KASTELL- HOLM 16 FOLKSAM GÖTEBORG	GULDFISK- EN 8 SPP LINKÖPING	BOMMEN 5 TRYGG- HANSA GÖTEBORG	KÖPMANNEN VALAND ESLÖV	KUNGS- ÅNGEN 513 ANSVAR UPPSALA
BYGGNADSÅR	1957	1971	1965-67	1965	1970
HUSTYP/ANTAL VÄN ÖVAN MARK	SAMMAN- BYGGD PÅ 2 SIDOR 9	FRILIG- GANDE 7	SAMMAN- BYGGD PÅ 2 SIDOR 8	SAMMAN- BYGGD PÅ EN SIDA 4	SAMMAN- BYGGD PÅ EN SIDA 5
BRUKSAREA/VOLYM KVM/KBM	8879/ 23054	26130/ 70000	16500/ 44030	4387/ 12290	6280/ 20680
TYP AV VERKSAMHET	KONTOR BUTIKER BOSTÄDER GARAGE MOTIONS- LOKAL	KONTOR AFFÄRS- CENTRUM HOTELL RESTAUR. GARAGE	KONTOR GARAGE	KONTOR BUTIKER HOTELL RESTAUR. GARAGE	KONTOR BUTIKER TEATER RESTAUR. SAHLLOK.
YTTERVÄGGAR (HUVUDSAKL.)	UTFACKN. VÄGGAR TRÄREGEL MINULL	SANDWICH- ELEMENT LÄTT-BTG	SANDWICH- ELEMENT	UTFACKN. VÄGGAR BTG OCH LÄTTBTG	BETONG+ MINULL.
KONSTRUKTION YTSKIKT TÄTHET	BETONG PLÅT DÄLIG	BETONG TEGEL	BETONG KONSTSTEN	BETONG PLÅT DÄLIG	BETONG TEGEL
VÄRMEPRODUKTION (PRIM) VÄRMEDISTRUB. (SEK)	FJV RAD 2-RÖR	FJV RAD 2-RÖR FÖNSTER- APP	FJV RAD 2-RÖR FÖNSTER- APP	OLJA (-82) FJV (-86)	FJV RAD 2-RÖR FÖNSTER- APP
VENTILATIONSSYSTEM ÅTERLUFT VÄRMEÅTERVINNING BEFUKTNING KYLA	FT  X	FT X  X	FT  X	FT X	FT   EJ I DRIFT
SPECIFIK ENERGI- FÖRBRUKNING FÖRE ÅTG. VÄRME/EL (KWH/KVM pBRA)	142/58	203/42	118/41	176/135	329/48
SPECIFIK VATTEN- FÖRBRUKNING FÖRE TOT/ VÄRMV. KBM/KVM pBRA	0.338/0.071	0.758/0.188	0.46/0.061	1.30/0.22	1.19/0.17

Figur 2.6 Sammanfattande fastighetsdata före  
åtgärd.

### 3. DEMONSTRATIONSPROJEKTETS GENOMFÖRANDE

Det övergripande syftet var att inom ett begränsat antal byggnader (ca fem stycken) genomföra så stora energibesparingar som möjligt enbart styrda av det ekonomiska lönsamhetstänkande som tillämpas vid investeringar inom bolagskretsen. Detta mål måste i viss mån modifieras då några av bolagen hade behov av att genomföra andra åtgärder inom sina fastigheter, inom redan fastställda investeringsramar. Detta har inneburit att mindre lönsamma åtgärder som skulle kunnat genomföras i ett totalekonomiskt perspektiv för hela "åtgärdspaketet" har fått utgå. Detta har i sin tur inneburit att de avkastningskrav som uppsatts i de flesta fall vida överträffats.

Detta till trots har i en fastighet med det totala energibehovet av ca 120 kWh/m<sup>2</sup> och år före åtgärd kunnat minskas energianvändningen till ca 70 kWh/m<sup>2</sup> och år genom i huvudsak installationstekniska åtgärder. I ett annat fall har energianvändningen minskat från ca 145 kWh/m<sup>2</sup> och år till ca 70 kWh/m<sup>2</sup> och år genom ett omfattande byggnads- och installationstekniskt ingrepp.

För att förbereda så vitt skiftande insatser har krävts ett omfattande utrednings- och projekteringsarbete. Byggforskningsrådet har finansierat projektsamordningen, mättnings- och utvärderingsarbetet. Försäkringsbolagen har finansierat projektering och alla åtgärder i fastigheterna.

#### 3.1 Skedesindelning

Arbetet har genomförts enligt en modell med fem huvudskeden

- Föranalys
- Framställan av lönsamma alternativ
- Val av tekniska lösningar samt entreprenadform
- Upprustning
- Utvärdering och intrimning

### 3.11 Föranalysskede

Syftet med detta skede var att komma fram till intressanta kombinationer av tekniska åtgärder s k åtgärds paket passande för den aktuella fastigheten. Utmärkande för detta projekt var den omfattande valproceduren beträffande fastigheter för att täcka in demonstrationsaspekten.

Efter en första inventering inom försäkringsbolagen ställdes ett 40-tal byggnader till förfogande. Ett tjugotal byggnader besöktes och besiktigades. Bland dessa gjordes ett urval av sju stycken.

Urvalet skedde på grundval av tillgång till årsrelaterade förbrukningsdata, önskemål om spridning av demonstrationsprojekt inom ägarekretsen, olika fastighetstyper, geografisk belägenhet, projektorganisatoriska förhållanden samt den besparingspotential som bedömdes föreligga.

De slutligen valda fastigheterna beskrivs närmare i kapitel 2, Fastighetsbeskrivning.

Efter valet av fastigheter följde ett relativt omfattande detektivarbete för att spåra fastighetens ursprungliga byggnads- och installationshandlingar. Denna information kompletterades med besiktningar för att konstatera eventuella ombyggnader i fastigheten samt intervjuer med fastighetsförvaltaren för kompletterande information om redan genomförda åtgärder, byggnad och installationer.

En första överslagsmässig analys gjordes av den preliminärt beräknade energibesparingspotentialen samt av kostnaderna för diskuterade åtgärdsförslag. Denna kalkyl upprättades innan ett mer omfattande kartläggnings- och mätarbete påbörjades.

### 3.12 Framställan av lönsamma alternativ

Efter att den överslagsmässiga analysen indikerat att ett mer omfattande arbete skulle genomföras påbörjades arbetet med att kartlägga byggnaden mer ingående.

För utvalda byggnader inom demonstrationsprojektet har en noggrann besiktning genomförts för upprättande av en detaljerad beskrivning. Objektspecifika mätprogram har upprättats för alla fastigheter.

Förmätningar har genomförts av såväl energi, temperatur som varm- och kallvattenförbrukningar. Befintliga energimätare för fjärrvärme har kalibrerats av respektive energiverk innan mätdata insamlats. Rutiner för insamling och återrapportering av bearbetade mätdata har utarbetats. Bearbetade data föreligger från föremättningsperioden våren 1983 - årsskiftet 1983/84 samt för eftermättningsperioden våren 1985 - våren 1986.

Luftflödesmätningar har genomförts i samtliga byggnader med fläktstyrd ventilation. I två byggnader, Skäggetorps Centrum (Guldfisken 8) samt Folksams kontorsfastighet i Göteborg (Kastellholm 16), har dessutom mätningar genomförts av luftinfiltration genom klimatskalet.

För samtliga byggnader har bl a:

- befintliga ritningar och övriga handlingar för byggnader och installationer sammanställts och kompletterats.
- data insamlats till de tekniska beräkningsprogrammen samt beräkningar av de olika byggnadernas energisignatur före respektive efter åtgärd genomförts.
- erforderliga relationsritningar över ventilations- och värmesystem upprättats.
- ett tekniskt basförslag till energisparåtgärder utarbetats och analyserats.

Brister i dokumentationen av en byggnads aktuella konstruktion och installationssystem, aktuella drifttider etc innebär att kostnadskrävande insatser måste göras i detta skede.

Inom projektet efterlystes vid denna tidpunkt mer systematiserade rutiner för dokumentation av byggnadernas ursprungliga konstruktion och genomförda förändringar.

De olika försäkringsbolagen finansierade sina egna konsultinsatser samt de åtgärder som genomfördes. Detta innebär att varje projekt levde ett "dubbel-liv" - ett inom respektive bolag och ett kompletterande inom demonstrationsprojektet.

### 3.121 Seminarier

För att samordna arbetet inom projektet arrangerades ett antal konsultseminarier där praktiska frågor som t ex informationsflödet inom projektet löstes. Gemensamma redovisningar och diskussioner om energisparförslagen ägde här rum. Genom konsultseminarierna samordnades beräkningsarbetet inom projektet. Vidare utarbetades en gemensam mall för utformningen av anbudshandlingarna.

Involverade fastighetsägare informerades vid interna seminarier om de tekniska och ekonomiska beräkningsmodeller som använts.

Fastighetsägarna enades om följande avskrivningstider, realräntor samt energiprisökningar som sedan användes i lönsamhetsberäkningarna.

Ränta:	4 % (realt)
Energipris:	lokalt varierad men ca 0,25-0,28 kr/kWh
Energiprisökning	0 % alt 4 % (realt)
Avskrivningstid byggåtgärd:	30 år
Avskrivningstid installationsåtgärd:	15 år

Dessa uppgifter blev senare styrande för godkännande av de tekniska ramförslagen i anbudsförfrågan och styrande för utvärderingen av alternativa egna förslag från installations- och byggentreprenörerna.

### 3.13 Val av tekniska lösningar och entreprenadform

Arbetet under skede 3 "Val av tekniska lösningar och entreprenadform" innebar bl a att ta fram ett komplett förfrågningsunderlag för en totalentreprenad. Handlingarna innehöll, av de olika konsulterna i samarbete med projektgruppen, upprättade tekniska ramförslag grundade på genomförda mätningar och beräkningar. Dessutom redovisades för varje byggnad en teknisk beskrivning, systembeskrivningar av VVS och EL samt administrativa föreskrifter för entreprenaden.

En preliminär lönsamhetsbedömning för samtliga ramförslag genomfördes innan handlingarna godkändes. Upphandlingsförfarandet diskuterades ingående inom försäkringsbolagskretsen, bl a för att uppnå ett gemensamt synsätt, vad gäller entreprenörens ansvar för byggnadens funktion efter åtgärder.

I de flesta fall valde man en totalentreprenad, grundad på ett relativt utförligt tekniskt åtgärdsprogram, med ett funktionsansvar för den åtgärdade byggnaden för entreprenören.

Den entreprenör som vann entreprenadtävlan skulle svara för driften under 2 år. Krav ställdes på att entreprenaden även skulle innefatta redovisning av utbildningsprogram för den driftpersonal som skulle ta över anläggningen när projektet slutförts.

### 3.131 Upphandlingsarbetet

Upphandlingsmodellen bygger på energiteknisk upprustning i form av samordnade bygg- och installationstekniska åtgärder. De ventilationstekniska åtgärderna bedöms ge den största besparingen i denna typ av objekt.

Upphandlingsmodellen bygger vidare på beräkningar av energisparintäkter samt kostnader för åtgärderna sammanvägda i en lönsamhetsmodell, den s k nuvärdesmetoden.

För att förbereda anbudsarbetet informerades åtta installations- och byggföretag om att ett energiprojekt inom lokalsektorn, av typ totalentreprenad, var under förberedelse. Beroende på utgången av anbudstävlingen skulle antingen ett bygg- eller installationsföretag ansvara för hela upprustningen, dvs såväl de byggnadstekniska som installationstekniska åtgärderna skulle genomföras med en huvudman. Avsikten var att överlämna ett totalansvar där eventuella avvikelser från förväntat besparingsresultat inte skulle resultera i gränsdragningstvister mellan olika entreprenadåtaganden. Entreprenören kunde välja mellan att lämna pris på inom projektet utarbetat förslag samt överta ansvaret för att besparingseffekterna verkligen nåddes eller lämna eget förslag med bättre lönsamhet.

Då anbudsvärderingen byggde på ett lönsamhetstänkande där kostnader vägdes mot intäkter kände bolagskretsen en viss osäkerhet inför vad som skulle inträffa vid avvikelser från besparingsberäkningen. Därför formulerades lönsamhetskravet mer som ett moraliskt åtagande att det var "viktigt att utlova de besparingsresultat kunde hållas" då resultatet skulle bli "vägledande för bolagens framtida agerande".

Endast ett fåtal egna förslag lämnades från entreprenörerna. I inget fall angavs att dessa skulle ge ett bättre besparingsresultat än det i handlingarna angivna. Själva utvärderingen kunde därför begränsas till att jämföra inlämnade anbud vad gäller anbudssummor, ev reservationer samt andra olikheter i anbudet.

### 3.132 Sammanfattande synpunkter från anbudslämnare på upphandlingsmodellen

För fyra projekt har upphandlingsförfarandet studerats, två i Göteborg och ett vardera i Eslöv och Uppsala. Sammanlagt har åtta företag erhållit förfrågan om att lämna anbud, fyra traditionella byggentreprenörer och fyra VVS-företag, huvudakligen inom ventilationsområdet. I genomsnitt har sex företag tillfrågats per projekt. Företagen tillhörde de största i landet inom sina områden. Två av de stora byggentreprenörerna avlämnade endast ett anbud vardera (det ena genom ett dotterbolag), fastän de var tillfrågade på alla fyra projekten. Ventilationsföretagen lämnade i större utsträckning anbud, även där omfattande byggnadstekniska åtgärder ingick.

#### Företagens agerande som totalentreprenörer

De stora traditionella byggföretagen har, eller håller på att bygga upp, en kompetens inom energiområdet. Samtliga tillfrågade byggentreprenörer och ventilationsföretag, har en särskild person eller grupp av människor som speciellt ägnar sig åt totalentreprenader för energibesparing. Denna specialkompetens anses viktig för att effektivt kunna "sälja sig" som totalentreprenörer, vilket de flesta önskar.

Ett av ventilationsföretagen tar på sig totalentreprenader, men överlåter samordningsansvaret på byggnadsentreprenören.

#### Upphandlingsförfarandet

De flesta tillfrågade entreprenörerna var nöjda med det sätt på vilket upphandlingen genomfördes.

Sammansättningen av totalentreprenaden är emellertid av betydelse beroende på hur väl den passar olika typer av företag, renodlade ventilationsentreprenörer eller byggare. En ventilationsentreprenör ansåg att byggdelen inte får överstiga 70 % av anbudssumman för att projektet skall vara intressant för företaget. Enstaka moment, som fönsterbyte eller liknande, kan emellertid hanteras över denna gräns.

En byggare som inte har ventilationskompetens var missnöjd över att man inte hade separerat byggdelen från installationsentreprenaden i projektet. Genom att ventilationsåtgärder var dominerande i projektet menade han att man "slog ut" byggarna på förhand. Med projektets utgångspunkt att undvika suboptimerade lösningar ansågs dock detta förfarande av projektledningen långsiktigt marknadsutvecklande.

Om samordnade bygg- och installationstekniska lösningar skall komma till stånd, måste byggare och installatörer bättre lära sig hur man skall agera för att möta beställarens önskemål.

#### Energisparmodeller för beräkning av energisparutfall

Endast ett företag, en installationsentreprenör, har en egen modell för beräkning av energisparutfall. Övriga företag köper beräkningstjänster på marknaden.

#### Hinder för egna förslag

Två typer av hinder framfördes för att lämna egna förslag. Anbudstiden var för kort för att lämna egna förslag, enligt flera företag. Anbudstiden styrdes emellertid av önskemålet att ha fastigheterna åtgärdade innan nästa uppvärmnings- och mät-säsong.

Flera ansåg att de energisparkrav som framtagits var så höga, att man inte vågade föreslå egna lösningar och man trodde att även givna lösningar knappt skulle komma att fylla kraven.

Flera påtalade de höga kostnaderna vid en anbuds-räkning av denna typ, i relation till entreprenadens omfattning. Den största entreprenaden har också givit de flesta egna förslagen från anbuds-lämnaren.

Detta talar för en fortsatt samordning mot större entreprenader eller alternativt att en förhandlingsentreprenad tillämpas, när beställaren har en uppfattning om åtgärdernas kostnader innan upphandlingen.



### Energisparansvar och garantiåtaganden

I förfrågningsunderlaget betonades vikten av att de beräknade energibesparingarna kunde nås. Efterkontroll skulle äga rum under utvärderingsperioden. Skillnaden mellan nuvärdet av intäkterna och kostnaderna skulle, enligt anbudsfrågan, vara vägläggande för valet av entreprenör. Ingen reserverade sig mot den besparingspotential som redovisats i förfrågningsunderlaget.

Flera anbudsgivare har inte uppfattat att man påtagit sig något energisparansvar. Det förefaller vara frågor som många faktiskt tar ställning till först när man kommer i förhandlingsposition.

Då ingen entreprenör angav andra värden på besparingar än de i handlingarna angivna, blev anbudspriserna helt utslagsgivande.

### Utlämnade handlingar

De flesta anser att det är en fördel om man kan hitta en modell med speciella, ekonomiska incitament för anbudsgivaren. Inget företag har emellertid övervägt att föreslå en sådan modell inom projektet.

### Övrigt

Intresset för projektet var extra stort hos de flesta anbudsgivare. Det ansågs vara ett bra referensobjekt. Den publicitet som kunde bli följden ansågs positiv.

#### 3.14 Upprustningsskedet

Skede 4, Upprustning har i huvudsak varit en affär mellan engagerad entreprenör och respektive försäkringsbolag. Projektgruppens engagemang har begränsats till granskning och rådgivning beträffande inlämnade anbud. En värderingsgrupp tillsattes med uppgift att granska och utvärdera samtliga inkomna förslag samt lämna rekommendation angående lämpliga åtgärdsförslag.

Seminarier genomfördes med samtliga förvaltare samt fyra företag specialiserade på olika modeller för driftsinstruktioner. Modellerna skiljer sig främst vad gäller krav på förkunskaper hos den person som skulle använda instruktionerna.

### 3.15 Utvärdering och intrimning

Under skede 5, Utvärdering och intrimning, genomfördes mätningar enligt samma modell som föremätningarna. Insamlade data används i första hand för att utvärdera uppnådda sparresultat och relatera dem till de förväntade. Lönsamhetsberäkningar har genomförts för somliga. Förvaltarens kontroll av det ekonomiska utfallet har i ett fall inneburit att han fått en del av entreprenadsumman åter.

Efter att upprustningsarbetet genomförts företogs en rundresa till samtliga objekt för att kontrollera anläggningarna samt söka förklaringar till avvikelser mellan prognos och utfall. Denna resa gav vid handen att ett antal tekniska åtgärder blivit fel utförda, medan andra hade utelämnats.

En slutsats inom projektet är att den allt mer komplicerade tekniken, som byggs in i våra hus, kräver en kontrollstrategi från beställarens sida, dels vid överlämnandet av anläggningen och dels under driftskedet. Krav skulle kanske ställas på "funktionsbevis" innan anläggningen får lämnas. Detta skulle upprättas efter i handlingarna specificerade mätningar. Många felaktigheter är tydligen svårupptäckta, utan en uppmätt indikation på att allt inte står rätt till.

### 3.2 Organisation

Arbetet har genomförts inom ramen för följande organisation.

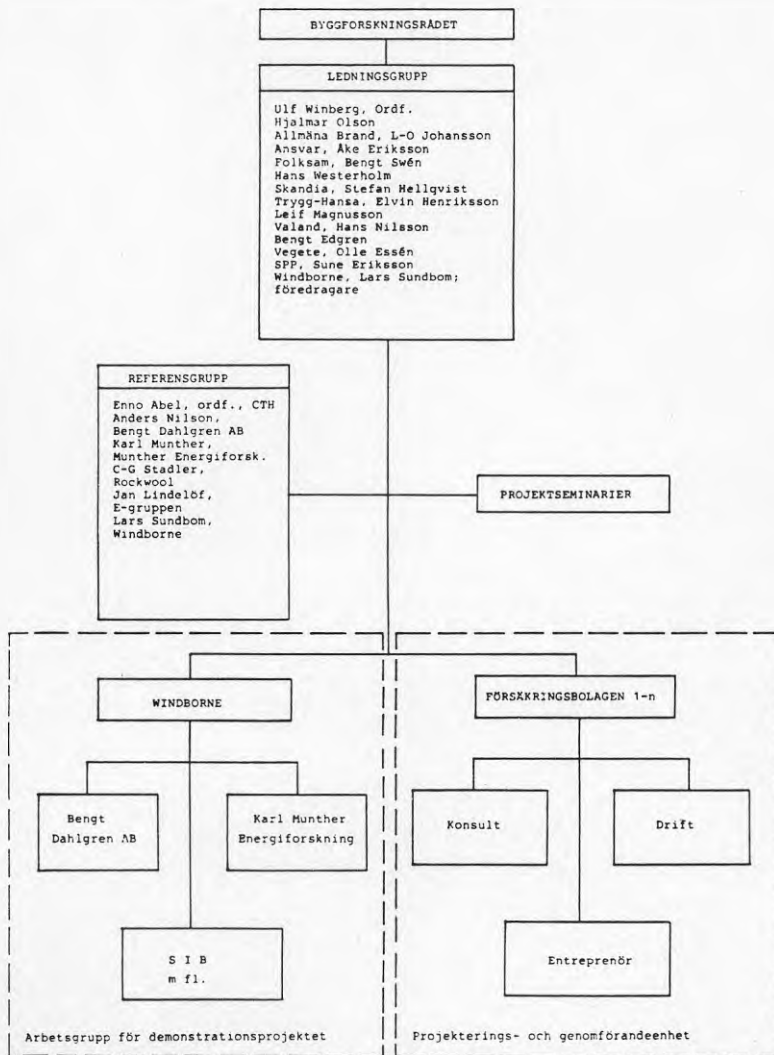
Alla frågor angående gemensam policy har diskuterats inom den för bolagen gemensamma s k Ledningsgruppen. Inom Ledningsgruppen har om bolagens engagemang i projektet diskuterats. Beslut om kalkylmodeller, lönsamhetskriterier etc har tagits inom denna grupp. Val av upphandlingsmodeller är exempel på en annan fråga som behandlats. En kontinuerlig redovisning av projektets fortskridande och resultat har ägt rum i ledningsgruppen. I anslutning till ledningsgruppens sammanträden har föreläsningar anordnats med för inom projektet aktuella teman, t ex drifterfarenheter av värmepumpar.

Windborne Projekt AB har haft ansvaret för projektets genomförande. Bengt Dahlgren AB har ansvarat för insamling, analys och bearbetning av alla mätdata samt för huvuddelen av slutrapporteringen. Karl Munther Energiforskning AB har utfört datorberäkningar och jämfört dessa med uppmätta värden.

Samtliga ärenden till ledningsgruppen har beretts inom referensgruppen, där en kontinuerlig diskussion av aktuella frågor ägt rum.

Genom ett antal seminarier har resultaten av projektgruppens mätningar och beräkningar förts vidare till de olika projekteringsenheterna.

Samtliga tekniska åtgärder liksom projekteringsarbetet har finansierats av respektive försäkringsbolag. Byggforskningsrådet har finansierat mätningar och utvärdering samt det övergripande arbetet med samordning inom projektet.



Figur 3.1 Organisationsplan

### 3.3 Tidplan

Arbetet initierades hösten 1982 med en ansökan till Byggforskningsrådet. Mätningarna påbörjades våren 1983. På grund av den ovanligt varma senvintern måste föremätningarna förlängas även till uppvärmningssäsongen 1983/84.

Upprustningen av fastigheterna genomfördes under 1984 och början av 1985, varefter eftermätningarna genomfördes under uppvärmningssäsongen 1985/86. Intrimning av anläggningarna var inte helt avslutade när eftermätningarna påbörjades i januari 1986. I vissa fall återstår ännu en del arbeten att genomföra.

## 4 PLANERADE OCH UPPHANDLADE ÅTGÄRDER

### 4.1 Allmänt

Försäkringsbolagen har själva engagerat de konsulter, som genomförts besiktningar och upprättat åtgärdsförslag med tillhörande förfrågningshandlingar.

Förfrågningsunderlagen har varit av ramkaraktär, med något varierande detaljeringsgrad. Genom förfrågningsunderlagens utformning och genom att väsentliga mätdata bifogats för respektive fastighet, tillsammans med en preliminär beräkning av föreslaget åtgärdspaketets energibesparing, förväntades entreprenörerna komma med egna förslag till åtgärder och lösningar. Ett krav var dock att entreprenörernas förslag skulle ge minst samma energibesparing som de av konsulterna föreslagna åtgärds-paketen.

Egna förslag av större omfattning förekom dock endast i ett fall. Enligt uppgift berodde detta på att man ansåg anbudstiden för kort för att kunna utarbeta egna förslag, som väsentligt skilde sig från konsulternas.

Detaljerad information om vilka åtgärder, som har genomförts i respektive fastighet ges i bilaga 1. Nedan redovisas endast översiktligt typen av åtgärder. Dessa har grupperats på följande sätt:

- Åtgärder på värmesystemet
- Åtgärder på ventilationssystemet
- Åtgärder på styr- och reglersystemet
- Åtgärder på kall- och varmvattensystemet
- Byggnadstekniska åtgärder

### 4.2 Åtgärder på värmesystemet

Åtgärderna på värmesystemet har varit av traditionell karaktär och syftat till en hydraulisk balansering (injustering) av värmesystemet samt att begränsa övertemperaturer på grund av interna värmemetillskott m m.

Byte eller nyinstallation av stamregleringsventiler och termostatventiler har i allmänhet skett.

I ett fall byttes också värmeväxlaren för fjärrvärme av åldersskäl samt för att erhålla en bättre anpassning till nya reducerade effekt- och energibehov (Kastellholm 16). I andra fall byttes shuntgrupper och cirkulationspumpar (Kastellholm 16, Köpmannen).

#### 4.3 Åtgärder på ventilationssystemet

För de aktuella byggnaderna föreligger en betydande energisparpotential på ventilationssidan. Det har därför varit naturligt att fastigheterna generellt varit föremål för studier i syfte att minska ventilationsförlusterna. Ingen av fastigheterna har tidigare varit utrustad med värmeåtervinning eller liknande. I en av fastigheterna hade man dock under lång tid arbetat med såväl drifttidsstyrning som varvtalsreglering av fläktarna (Bommen 5).

I samtliga fastigheter installerades någon form av värmeåtervinningsutrustning. I fastigheten Kastellholm 16 valdes exempelvis roterande värmeväxlare, i Bommen 5 batteriväxlare samt i Köpmannen frånluftsvarmepump för varmvattenberedning och förvärmning av tilluft.

I samband med installation av värmeåtervinningsutrustning och återluftsföring injusterades respektive anläggning och luftmängderna reducerades. Drifttidsstyrning har också införts, i vilken grad har styrts av verksamheten (kontor, teater, hotell respektive garage m fl).

#### 4.4 Åtgärder på styr- och regler-systemet

I och med att omfattande åtgärder har genomförts på respektive fastighets ventilationssystem, har också tillhörande styr- och reglerutrustning åtgärdats.

Utrustningen har anpassats till gällande driftstrategier eller bytts ut. I de flesta fall har någon typ av programmerbart tidur installerats och i ett fall har hela styranläggningen försetts med datoriserad övervakning (Kastellholm 16).

Ett väsentligt krav för att sådan utrustning skall kunna utnyttjas är dock att en väl avvägd kravspecifikation utarbetas före upphandling och att utbildning av driftspersonalen sker samt att lättfattliga instruktioner finns. Här har det brustit i vissa fall.

#### 4.5 Åtgärder på kall- och varmvattensystemet

Energiförbrukningen för varmvattenberedning är av relativt marginell betydelse i den typ av fastigheter, som har ingått i projektet. Några mer omfattande åtgärder på tappvattensystemet har därför ej vidtagits.

Flödesbegränsning genomfördes i en av fastigheterna, som innehöll hotell (Köpmannen), och en vattenkyld kondensator ersattes med en luftkyld i en annan (Kungsängen 5:13). I det senare fallet var orsaken främst allt mer ökande vattenkostnader.

#### 4.6 Byggnadstekniska åtgärder

De byggnadstekniska åtgärder, som har vidtagits, har i de flesta fall varit en följd av omfattande åtgärder på ventilationssystemen. I andra fall har de varit nödvändiga av komfort- och underhållsskäl.

Exempel på åtgärder som har genomförts av det senare skälet är tätning av fönster och punktvisa fönsterbyten samt fasadrenovering med tilläggsisolering (Kastellholm 16).

I fastigheten Kastellholm 16 har fasaden under många år varit otät, med åtföljande komfortproblem och problem att erhålla en korrekt balansering av ventilationen. Detta bekräftades också av de täthetsmätningar som Statens institut för byggnadsforskning (SIB) genomförde inom projektets ram. I samband med den tilläggsisolering och fasadtätning som vidtogs, byttes också befintliga tvåglasfönster ut mot treglasfönster för att förbättra den operativa temperaturen i rummen.

Då de byggnadstekniska åtgärderna härigenom blev mycket omfattande beslöt fastighetsägaren att samtidigt också förbättra takläggningen. Strategin var att genom ett samtidigt genomförande erhålla samordningsvinster.

#### 4.7 Översiktlig sammanställning av genomförda åtgärder

Nedan redovisas en översiktlig sammanställning av genomförda åtgärder för respektive fastighet i form av en åtgärdstabla.

Som tidigare nämnts hänvisas till bilaga 1 för en detaljerad sammanställning, fastighet för fastighet.

FASTIGHET ÄGARE ORT ÅTGÄRD	KASTELLHOLM 16 FOLKSAM GÖTEBORG	GULDFISKEN 8 SPP LINKÖPING	BOMMEN 5 TRYGG-HANSA GÖTEBORG	KÖPMANNEN VALAND ESLÖV	KUNGSÅNGEN 503 ANSVAR UPPSALA
VÄRMESYSTEM	Byte av VVK och pumpar Storreglervent Injustering	Injustering	Injustering	Termostatvent. Injustering av stammar	Termostatvent. Ny primärmotor- ventil Ny shuntgrupp
VENTILATIONS- SYSTEM	Återluft till garage Värmeåterv. Ny kylanl.	Värmeåterv. Återluft Avfuktning i pool Injustering	Minskning av luftoms. i garage Värmeåterv. Injustering	Frånluftsvärme- pump Varvtalsregl. Reducering av luftmängder	Reducering av luftflöde Återluft Värmeåterv.
STYR- OCH REGLER	Datoriserad styrans. Ny automatik- utrustning för värme Nya drifttider	Ändrad drift årsprogrammer- bart årsur Utbyte av reglerutr.	Översyn och anpassning till nya driftförh. Mikrodatorstyr- ning och regler- ing Drifttidsstyrning	Översyn av all befintlig ut- rustning	Nattsänkning Drifttidsstyr.
BYGGTEKNISKA	Tilläggsisol. och tätning av fasad Byte till 3-glas Ombyggnad av fläktrum			Tätning och byte av fönster Isolering av vindsbjälklag	Ombyggnad av entrébart Nya tätningss- listor
ÖVRIGA	Flödesbegr. av vatten		Temp.sänkning i garage Sänkning av vv-temp.	Flödesbegr. av duschar i hotell	Byte av kylkon- densor Översyn av armaturer mm

Figur 4.1 Översiktlig åtgärdsstabla för i projektet  
inåående fastigheter

Av ovannämnda åtgärdsstabla framgår klart dominansen  
av installationstekniska åtgärder, något som är  
tämigen generellt i här aktuell typ av byggnad.



## 5 UTVÄRDERINGSSTRATEGI

### 5.1 Allmänt

Vid genomförande av FoU-inriktade fullskaleförsök för utvärdering av olika energisparåtgärders besparingseffekter måste man vara medveten om att sådana försök har vissa karakteristiska drag.

Några sådana är:

- Komplexa försöksbetingelser (samverkande delenergisystem, varierande klimatpåverkan, brukarbeteende m fl)
- Många felkällor (felaktig drift, störningar i mätdatainsamling m fl)
- Resurskrävande, ekonomiskt och personellt
- Långa försöksperioder

Vid uppläggning av fältförsök krävs därför en relativt noggrann försöksplanering. Basen för denna utgörs dels av ingående kunskaper om vad som måste mätas, hur det skall göras och vilken mätutrustning som bör användas.

Användandet av en beräkningsmodell redan i planeringsstadiet underlättar en sådan planering och medför att allvarliga misstag kan undvikas.

För utvärdering av besparingseffekter finns i princip tre olika huvudmetoder, nämligen:

- a. Före-/eftermätningmetoden
- b. Referenshusmetoden
- c. On/Off-metoden

Dessa tre metoder är inte generellt användbara. Exempelvis kräver metod c, att åtgärden till sin karaktär är sådan, att den kan kopplas in eller ur (drifttidsstyrning, återluftskörning m fl).

Den säkraste metoden är metod a, som ytterligare kan förbättras genom att den kompletteras med metod b.

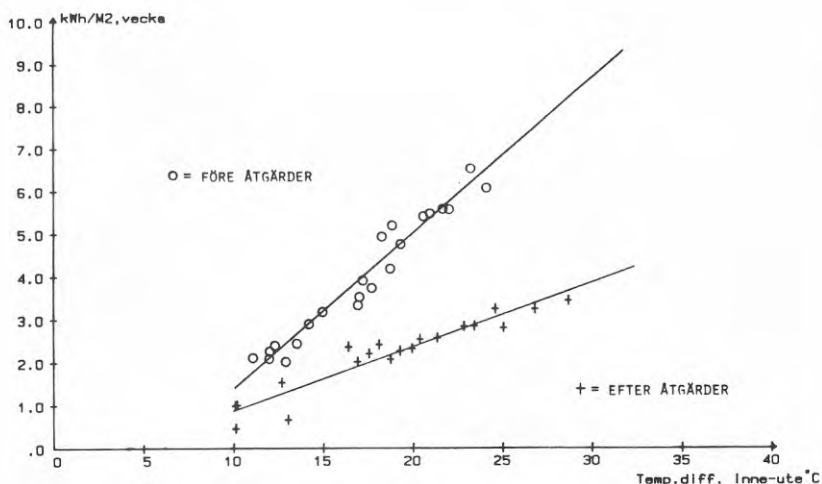
I det aktuella projektet valdes metod a, som utvärderingsstrategi. Några referenshus har inte funnits att tillgå.

## 5.2 Utvärderingsmodell

En rad olika modeller kan användas för att med mätdata som bas, utvärdera en åtgärds eller åtgärds-kombinations besparingseffekt.

Vi har valt att arbeta med den s k energisignaturen. Denna modell har under senare år kommit till ökad användning för sådana ändamål, både i Sverige och utomlands (3, 4, 5).

Energisignaturen för en byggnad kan i sin enklaste form sägas vara ett samband, som beskriver en byggnads energibehov per tidsenhet (medeleffektbehov) som funktion av utomhustemperaturen eller skillnaden mellan inomhus- och utomhustemperaturen.



Figur 5.1 Exempel på energisignaturer före och efter genomförda åtgärder

I denna sin enklaste form kan energisignaturen karaktäriseras som en modell med två variabler.

Genom analys av mätdata kan en regressionslinje beräknas för varje enskild byggnad såväl före som efter åtgärd.

Ansatsen att ekvationen för signaturen är linjär, är i realiteten en approximation. I verkligheten påverkas energiförbrukningen av många olika faktorer som inte är temperaturberoende t ex vind, sol, brukarvanor m m. Dessa är dessutom mycket svåra att förutsäga.

Genom att använda tillräckligt långa mätperioder, utan att för den skull utsträcka dessa till hela år, och samtidigt försöka att beakta brukarinflytandet vid energisignaturens bestämning, kan modellen ändå fungera på det sätt som avses.

En av fördelarna med energisignaturstekniken är just att man kan använda kortare mätperioder. Vid fastställandet av energisignaturen bör mätresultat från både vår- och höstperioder tas med, speciellt om mätningar genomförs under perioder med betydande solstrålning.

I detta projekt har energisignaturen utnyttjats för att skatta energiförbrukningen för uppvärmning. Övriga delposter har uppmätts separat.

När energisignaturen används för beräkning av normalårsförbrukningar måste normalmånadsmedeltemperaturerna för området vara kända. Dessa erhålles genom att jämföra uppmätta temperaturer med de som gäller för SMHI:s närmast belägna klimatstation, vilka därefter korrigeras för mätta avvikelser. Avvikelserna kan bero på lokala värmeöar i t ex en innerstadsbebyggelse eller lokala kallsänkor.

## 6 MÄTPROGRAM OCH MÄTUTRUSTNING

### 6.1 Allmänt

Vid genomförandet av projekt av det här slaget är det ett önskemål att kunna fastställa en byggnads energibalans genom mätningar.

Ett mätprogram, som ger en fullständig information om de ingående delposternas storlek blir mycket omfattande och därmed också mycket resurskrävande.

Projektets målsättning har därför varit att utnyttja ett mätprogram som, med rimliga insatser, ger tillräcklig information för att, med uppmätta data som bas kunna utvärdera uppnådda energibesparingar.

Självklart spelar byggnadens användningsområde stor roll härvidlag (bostäder, kontor butiker m m). I de aktuella objekten (kontor m m) inverkar speciellt ventilationsgraden mycket på energibalansens delposter, medan exempelvis energibehovet för varmvattenberedning spelar en tämligen marginell roll.

Trots detta har mätningar genomförts av energibehovet för varmvattenberedning, då ett fåtal sådana studier finns utförda tidigare för denna typ av byggnader.

Mätprogrammet har anpassats, dels till befintlig utrustning i form av värmemängdsmätare och elmätare, dels till på marknaden befintlig och beprövad mätutrustning i form av datorer.

Generellt har följande mätts i de olika objekten:

- Total tillförd värmeenergi till fastigheten
- Total varmvattenförbrukning för fastigheten.
- Total kallvattenförbrukning för fastigheten.
- Fram- och returledningstemperaturer på sekundärsidan (radiatorer och luftvärmare).
- Inomhustemperaturer på strategiskt valda platser i byggnaden för att erhålla representativa medeltemperaturer.
- Från- och tilluftstemperaturer vid representativa aggregat och don.
- Utomhustemperaturer.
- Luftflöden för beräkning av luftomsättningar.

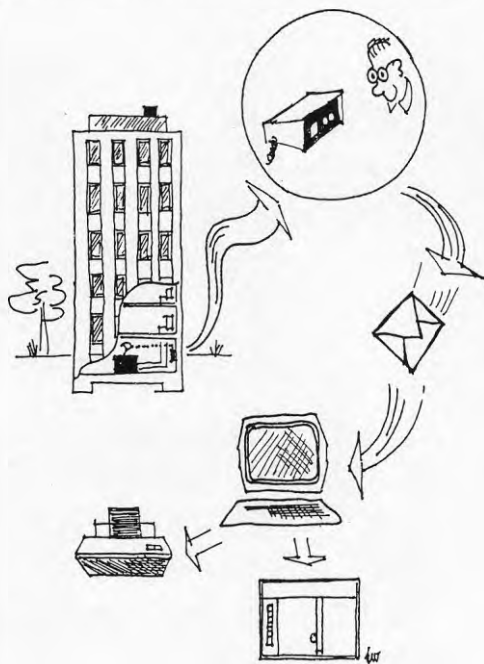
Mätningar av temperaturer, energi- och vattenförbrukningar har skett kontinuerligt, medan luftflödena mätts vid olika tidpunkter under projektets löptid (före och efter åtgärd). Luftmängdsmätningarna har före åtgärd skett genom Statens institut för byggnadsforskning (SIB) försorg i samarbete med Fläkt AB. De har skett genom spårgasmätning. Efter åtgärd gjordes nya mätningar med samma metod, kompletterade med mätningar över don i samband med justeringsarbetet.

I samband med att åtgärderna följdes upp i senare delen av projektet, genomfördes dessutom intensivmätningar av bl a värmeåtervinningsutrustningarnas funktion.

All befintlig mätutrustning har kalibrerats innan projektet startade.

Med detta generella mätprogram som bas har objektanpassade mätprogram upprättats. Uppsättning av temperaturgivare m m har skett enligt anvisningar från projektgruppen. I bilaga 2 redovisas ett exempel på ett av de upprättade mätprogrammen.

I nedanstående figur redovisas principiellt hur insamling och bearbetning av uppmätta data har utförts.



Figur 6.1 Översikt över system för mätdatainsamling och bearbetning

## 7. MÄTRESULTAT

### 7.1 Allmänt

I detta avsnitt redovisas en sammanställning av de viktigaste mät- och utvärderingsresultaten från drygt tre års mätningar.

I bilaga 3 redovisas mätdata mer i detalj, något bearbetade av bl a läsbarhetsskäl. Dessa mätdata baseras på veckovisa avläsningar av installerad mätutrustning för energi- och vattenförbrukning samt veckovisa medelvärden för inom- och utomhus-temperaturer, erhållna från installerad datorutrustning för registrering.

Utvärderingen baseras på energi- och vattenförbrukningar för helår, medan temperaturerna avser medelvärden under uppvärmningsperioden.

Varje fastighet är unik, med sina egna förutsättningar såväl före som efter genomförda åtgärder. Det måste därför varnas för en okritisk generalisering till andra fastigheter av liknande typ, om inte de lokala förutsättningarna noga kontrolleras och liknar dem, som gäller i detta speciella projekt.

I parallellprojektet "Energisparkvarter" (1), också delvis finansierat med BFR-medel men genomfört i flerbostadshusbeståndet, har insamlingen av mätdata skett av lokala projektgrupper, i de flesta fall med full insyn i genomförande- och uppföljningsskedena. Detta har inneburit att en god kännedom har kunnat erhållas om eventuella utförandeproblem m m, som kan ha påverkat mätningarna.

I det här aktuella projektet, som mer är ett demonstrationsprojekt än ett renodlat FoU-projekt, valdes en annorlunda projektuppläggning, inte minst av kostnadsskäl. Mätdatainsamlingen har här skett centraliserat, utan en koppling till genomförande- och uppföljningsskedena.

Detta har i vissa fall orsakat problem med att erhålla detaljinformation om vilka åtgärder som slutligen blev genomförda, samtidigt som eventuella funktionsfel endast kunde upptäckas genom analys av mätdata, utan en samtidig genomgång av anläggningen på plats.

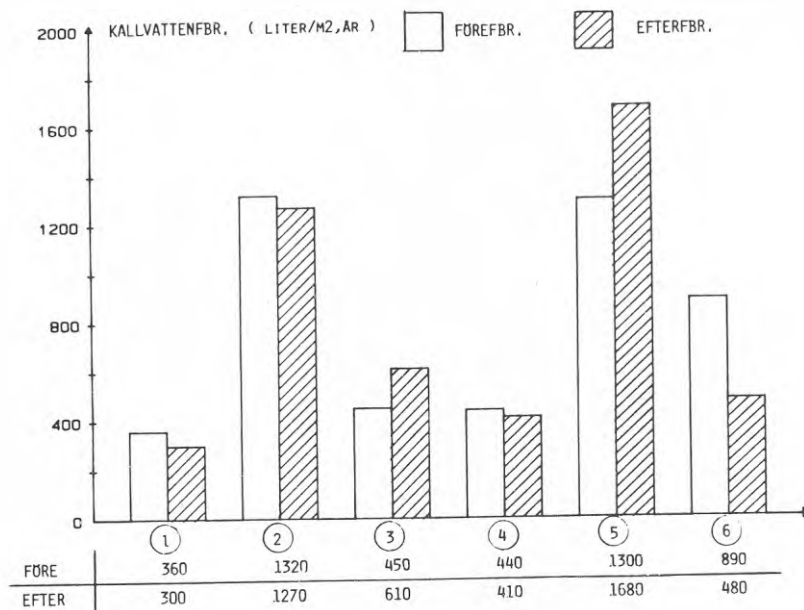
För att om möjligt råda bot på detta förhållande lät arbetsgruppen genomföra en rundresa till samtliga fastigheter under senhösten 1985. Syftet var att genom en genomgång med berörd driftspersonal och anlitate entreprenörer samt vissa intensivmätningar på viktiga anläggningsdelar öka kunskaperna om eventuella problem inför den slutliga utvärderingen. Erfarenheterna från denna rundresa framgår av bilaga 1 samt sammanfattat i avsnitt 9.

I det följande kommer mät- och utvärderingsresultatet att sammanfattas och översiktligt analyseras under ett antal delrubriker, som delvis speglar fastigheternas energibalans.

## 7.2 Tappvattenförbrukning

Med tappvattenförbrukning avses här direkt uppmätt kall- och varmvattenförbrukning för respektive period. Dessa redovisas såväl före som efter genomförda åtgärder.

Energiförbrukningen för varmvattenberedning har beräknats utgående ifrån uppmätt varmvattenförbrukning och uppmätta temperaturer på inkommande kallvatten respektive utgående varmvatten till fastigheten under aktuell mätperiod.



Figur 7.1 Kallvattenförbrukning för respektive fastighet före respektive efter genomförda åtgärder

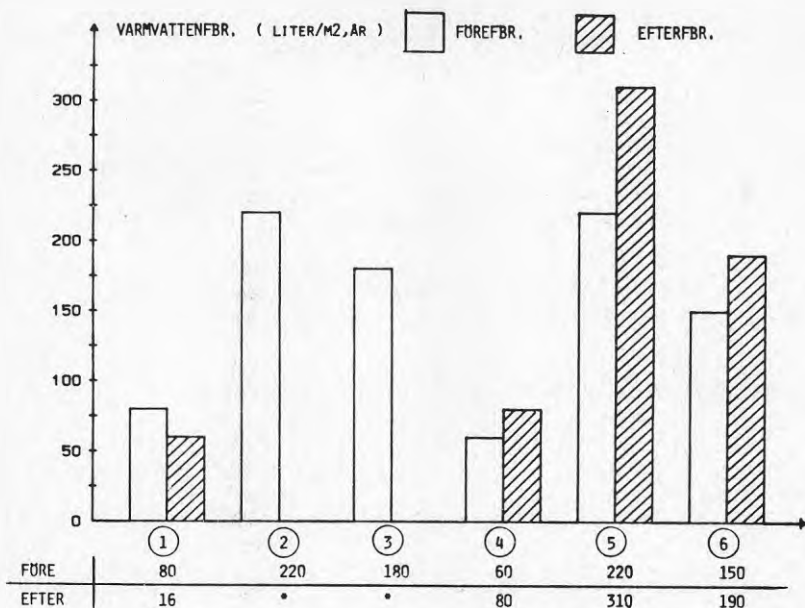
(1=Kastellholm 16, 2=Guldfisken 8, UC1,  
3= Guldfisken 8, UC2, 4=Bommen 5,  
5=Köpmannen, 6=Kungsängen 5:13)

Det framgår att kallvattenförbrukningen huvudsakligen har förändrats i fastigheterna Guldfisken 8, Köpmannen samt Kungsängen 5:13. I det senare fallet har den nästan halverats, vilket beror på att kylanläggningens stadsvattenkylda kondensator byttes ut mot en luftkyld.

I de bägge andra fastigheterna har kallvattenförbrukningen istället ökat kraftigt efter åtgärd. En ökad beläggning i Köpmannens hotelldel är den sannolika orsaken, vilket också har bekräftats av fastighetsägaren.

Vad avser varmvattenförbrukningen före respektive efter åtgärd har följande förändringar erhållits.





\*) VARMVATTENMÄTARNA NEDTAGNA FÖR SERVICE (TROTS UPPREPADE PAPEKANDEN - OFÖRKLARLIGT LÅNG SERVICETID)

Figur 7.2 Varmvattenförbrukning för respektive fastighet före respektive efter genomförda åtgärder

(1=Kastellholm 16, 2=Guldfisken 8, UC1, 3=Guldfisken 8, UC2, 4=Bommen 5, 5=Köpmannen, 6=Kungsängen 5:13)

Det framgår att en ökad varmvattenförbrukning har erhållits i de flesta fall, där mätutrustningen har fungerat under eftermättningsperioden. I fastigheten Köpmannen kan detta förklaras av den tidigare nämnda ökade hotellbeläggningen, medan övriga ökningar är svårare att förklara.

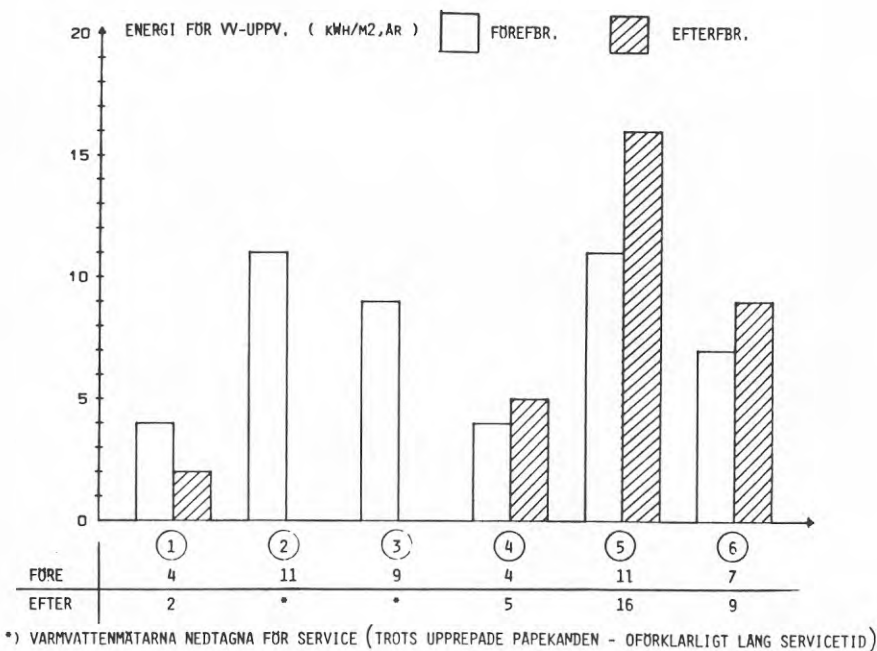
En jämförelse av figurerna 7.1 och 7.2 visar att andelen varmvatten av total kallvattenförbrukning i genomsnitt har legat på ca 20 % i samtliga fastigheter, såväl före som efter åtgärd, utom i fastigheten Kungsängen 5:13 där motsvarande siffra efter åtgärd är nästan 30 %.

Dessa värden får anses vara relativt höga i förhållande till motsvarande andel för flerbostadshus, som brukar ligga på ca 35-40 %.

En förklaring till den höga andelen kan vara dels den lokala verksamheten (hotell, fotolaboratorium, restaurangkök m m) dels att en sänkt varmvattentemperatur kan ge upphov till ett ökat varmvattenuttag.

Kall- och varmvattenförbrukningens årstidsvariation framgår av bilaga 3. För en korrekt dimensionering av exempelvis en frånluftsvärmepump avsedd för varmvattenberedning är detta en väsentlig sak att beakta.

Slutligen har beräknad energiförbrukning för varmvattenberedning sammanställts i figur 7.3 nedan.



Figur 7.3 Energiförbrukning för varmvattenberedning för respektive fastighet före respektive efter genomförda åtgärder

(1=Kastellholm 16, 2=Guldfisken 8, UC1, 3=Guldfisken 8, UC2, 4=Bommen 5, 5=Köpmannen, 6=Kungsängen 5:13)

För de fastigheter där mätutrustningen har fungerat under både före- och eftermättningsperioden, fås samma tendenser som för varmvattenförbrukningens variation. Detta är inte självklart, då en sänkt varmvattentemperatur kan motverka en ökad varmvattenförbrukning.

För två av fastigheterna, som är de mest renodlade kontorslokalerna, Kastellholm 16 och Bommen 5, ligger energibehovet för varmvattenberedning på mellan 2 och 5 kWh/m<sup>2</sup>, år. Detta motsvarar ca 4-7 % av det totala energibehovet för uppvärmning och varmvattenberedning.

För fastigheter med hotellverksamhet styrs energibehovet för varmvattenberedning i hög grad av beläggningen och därmed brukarnas vanor. I exempelvis fastigheten Köpmannen är energibehovet för varmvattenberedning ca 16 kWh/m<sup>2</sup>, år, vilket motsvarar ca 11 % av det totala energibehovet för uppvärmning och varmvattenberedning.

Av detta kan man dra slutsatsen att energibehovet för varmvattenberedning endast har marginell betydelse för energibalansen för kontorslokaler. För lokaler med inslag av varmvattenförbrukande verksamheter, som restaurangkök och hotell spelar det större roll, dock fortfarande mindre än i exempelvis flerbostadshus.

### 7.3 Sommarförbrukning

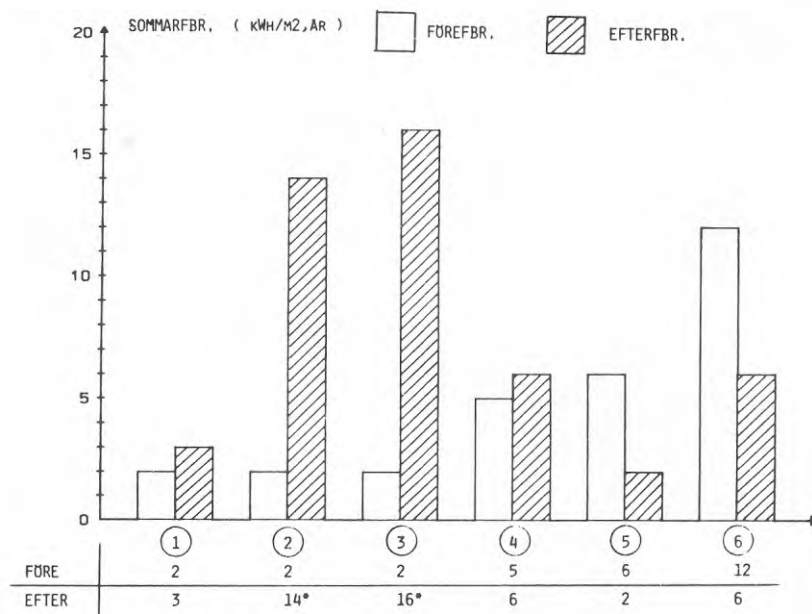
Begreppet "sommarförbrukning" avser här den energiförbrukning som fastigheten har, utöver energiförbrukningen för varmvattenberedning, under icke uppvärmningssäsong. Denna energiförbrukning kan vara energiförluster på grund av läckande reglerventiler, "onödig" uppvärmning m m.

Denna energiförbrukning erhålles ej med energisignaturen utan erhålles genom direkt avläsning på värmemängsmätningstrustningen under specificerad period.

För samtliga fastigheter, utom Guldfisken 8, infaller uppvärmningssäsongen efter åtgärd under månaderna september t o m maj. I den senare fastigheten utgöres uppvärmningssäsongen av månaderna oktober t o m april.

Anledningen till detta är, dels stora interna värmebelastningar i form av belysning m m (affärscentrum bl a), dels genomförd värmeåtervinning. Det bör påpekas att definitionen av uppvärmd säsong i detta avsnitt kan skilja sig åt mot beräkningarna, då dessa ej till fullo kan anses spegla verkligheten i alla delar (solinstrålning, belysning m m).

Den uppvärmda säsongen i detta avsnitt ger gränsen för energisignaturens "arbetsområde" vid beräkningen av energibehovet för uppvärmning med hjälp av denna. Totalt sett fås samma resultat, skillnaden är fördelningen mellan energibehov för uppvärmning och "sommarförbrukning".



\*) KORTARE ELDNINGSSÄSONG ÖKAR SOMMARFBR.

Figur 7.4 Sommarförbrukning för respektive fastighet före respektive efter åtgärd

(1=Kastellholm 16, 2=Guldfisken 8, UC1, 3=Guldfisken 8, UC2, 4=Bommen 5, 5=Köpmannen, 6=Kungsängen 5:13)

Sommarförbrukningen i fastigheterna Köpmannen och Kungsängen 5:13 har minskat, vilket torde bero på att läckande ventiler m m har åtgärdats, samtidigt som förvaltningarna i allmänhet torde ha blivit mer energimedvetna.

I övriga fastigheter har sommarförbrukningen ökat. I de bägge undercentralerna i fastigheten Guldfisken 8 har ökningen varit mycket kraftig. Trots att beräkningen med energisignaturen för dessa har föranlett bedömningen att september månad och maj månad ej ingår i uppvärmd säsong, har sannolikt en viss uppvärmning ändå skett under dessa månader. Större delen av sommarförbrukningens ökning torde kunna hänföras till definitionen av uppvärmd säsong i detta fall.

Även om sommarförbrukningen totalt sett kan synas vara hög utgör den ändå en marginell del av energibehovet över året.

#### 7.4 Temperaturer

Här redovisas uppmätta inomhus- och utomhustemperaturer i respektive fastighet under uppvärmningssäsongen medan motsvarande veckovisa temperaturer redovisas i bilaga 3.

Enligt vad som tidigare har nämnts i avsnitt 5 är skillnaden mellan fastighetens inomhustemperatur och utomhustemperatur för respektive månad en av parametrarna i energisignaturmodellen.

Uppmätta utomhustemperaturer jämförs med dem, som erhålles från SMHI, från närmast belägna klimatstation, för att erhålla ett underlag för korrigering av normalmånadens utomhustemperatur.

Här redovisas endast medeltemperaturerna för uppvärmd säsong.

Fastighet	Medeltemp. inomhus, °C		Normalårstemp. utomhus °C	Avvikelse från närmaste klimatstation °C
	Före åtgärd	Efter åtgärd		
Kastellholm 16	21,8	20,9	9,0	+1,1
Guldfisken 8, UC1	22,2	22,3	8,1	+1,3
Guldfisken 8, UC2	19,4	19,4	8,1	+1,3
Stora Bommen 5	21,9	20,6	8,6	+0,7
Kv Köpmannen	20,7	20,8	7,8	-0,2
Kungshägen 5:13	21,3	21,0	7,2	+1,5

Tabell 7.1 Inomhustemperaturen före respektive efter åtgärd för respektive fastighet

Det framgår att medeltemperaturen inomhus sänkts, tämligen marginellt i de flesta fall. Störst sänkning har skett i fastigheterna Kastellholm 16 (ca 0,9°C) och Bommen 5 (ca 1,3°C). Denna sänkning har kunnat ske genom tilläggsisolering av fasad och byte till 3-glasfönster i Kastellholm 16 och en förbättrad luftbalans i Bommen 5.

Resultaten tyder på att temperatursänkningar endast svarar för ca 5-7 % av den uppnådda energibesparingen. Övriga energibesparingar ligger således på åtgärder i olika delsystem.

Av figuren framgår också att samtliga fastigheter utom en (Köpmannen) har en högre utomhustemperatur än den som gäller vid klimatstationen i fråga. Denna tendens stämmer, med tanke på berörda fastigheters läge i innerstadsbebyggelse, i de flesta fall.

### 7.5 Elenergiförbrukning

I projektets inledande skede undersöktes möjligheterna att erhålla uppgifter om fastigheternas elförbrukning från Energiverken på respektive ort. Detta visade sig dock vara svårt, då varje hyresgäst hade sin egen elmätare och antalet mätare i de flesta fall var stort.

Vi begärde då uppgifter om elförbrukning från respektive fastighetsägare istället, något som inte heller det var lätt. Vår vädjan har upprepats vid minst två tillfällen, utan påtagligt resultat, utom för fastigheten Kastellholm 16.

Vi har gjort den bedömningen att elenergiförbrukningen ej har förändrats på grund av åtgärderna i någon större utsträckning, utom i fastigheten Köpmannen. Där har en frånluftsvärmepump installerats med åtföljd separatmätning av drivelen till denna.

Med en alltmer ökande användning av dataterminaler o dyl kan en ökad elanvändning förväntas inom lokalsektorn i framtiden. Denna ökade interna värmebelastning kan ge lägre energibehov och därmed kortare eldningssäsong, medan kylbehovet kan komma att öka istället.

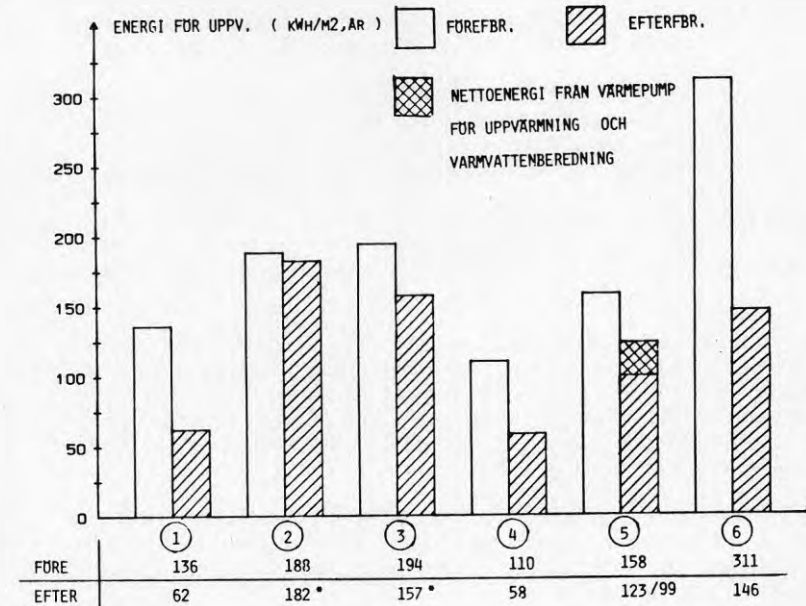
### 7.6 Energibehov för uppvärmning

För att på ett korrekt sätt kunna utvärdera effekterna av ett åtgärds paket som påverkar en byggnads transmissions- och ventilationsförluster måste man ta hänsyn till effekter av eventuella förändringar i brukarvanor m m.

Mätningar har visat att exempelvis energiförbrukningen för varmvattenberedning genomgått förändringar mellan projektets före- respektive eftermätningssperiod. Även om dessa förändringar till sitt absolutbelopp är små, kan de ändå ge upphov till felaktiga slutsatser vid mindre energibesparingar.

Vi har därför valt att redovisa såväl energibehovet för uppvärmning som köpt energi.

Energibehovet för uppvärmning har erhållits genom ett utnyttjande av energisignaturen för respektive fastighet.



\*) INKLUSIVE VÄRMVATTEN

Figur 7.5 Energibehov för uppvärmning för respektive fastighet före och efter genomförda åtgärder

(1=Kastellholm 16, 2=Guldfisken 8, UC1, 3= Guldfisken 8, UC2, 4=Bommen 5, 5=Köpmannen, 6=Kungsängen 5:13)

Det bör noteras att vi för fastigheten Köpmannen redovisar såväl energibehov för uppvärmning som värmepumpens nettobesparing.

Då frånluftsvärmepumpen arbetar på såväl uppvärmnings- som varmvattensidan och vi här redovisar energiförbrukning för uppvärmning skulle i realiteten endast värmepumpens nettobesparing för varmvatten ha redovisats. Någon separatmätning av fördelningen mellan delsystemen förekommer dock inte. Vi har därför valt att här redovisa hela nettobesparingen för värmepumpen. I realiteten torde energiförbrukningen för uppvärmning efter åtgärd ligga på i storleksordningen ca 110 kWh/m<sup>2</sup>, år istället för ca 123 kWh/m<sup>2</sup>, år.

Av figuren framgår att relativt stora energibesparingar har kunnat uppmätas i vissa av fastigheterna. Detta beror på åtgärdspaketens omfattning.

Besparingar på upp till ca 55 % har kunnat registreras i två av fastigheterna (Kastellholm 16 och Kungsängen 5:13) och på ca 48 % i en annan (Bommen 5).

Att sådana energibesparingar kan uppnås i fastigheter med hög energiförbrukning före åtgärd (Kungsängen 5:13) är inte ovanligt. Men att detta också kan uppnås i fastigheter med så lågt energibehov för uppvärmning som runt 110-130 kWh/m<sup>2</sup>, år, är kanske mindre känt.

För att kunna uppnå sådana besparingar krävs dock ett åtgärdspaket med en noggrann anpassning till fastighetens speciella förutsättningar som genomförs på ett korrekt sätt.

För Köpmannen har en separat utvärdering kunnat göras av den installerade frånluftsvärmepumpanläggningen. I tabell 7.2 nedan har sammanställts de viktigaste mätdata för denna anläggning för perioden 1985-05-20 - 1986-05-19, dvs under ett års drift. Det bör observeras att denna period innehåller intrimningsperioder för anläggningen. Dessa har i detta fall varit relativt långa.



Levererad energi <u>från</u> värmepumpen	161 MWh/år
Tillförd el <u>till</u> värmepumpssystemet	57 MWh/år
Nettoenergileverans <u>från</u> värmepumpen	104 MWh/år
Specifik nettoleverans <u>från</u> värmepumpen	24 kWh/m <sup>2</sup> , år
Årsmedelvärmefaktor för värmepumpssystemet (inkl. hjälpmaskineri m m)	2,8

Tabell 7.2 Utvärdering av frånluftsvärmepump i Köpmannen, Eslöv

Då, som tidigare nämnts, vissa driftsstörningar förekommit under utvärderingsperioden bedöms driftsresultatet kunna bli bättre på sikt.

Värmepumpen täcker ca 20 % av energibehovet för uppvärmning.

#### 7.7 Köpt energi före respektive efter genomförda åtgärder

En sammanställning av de olika delposterna, före respektive efter genomförda åtgärder, ger reduktionen av på värmemängdsmätarna avlästa energiförbrukningen, d v s av köpt energi.

För undvikande av missförstånd med benämningarna bör det påpekas att i begreppet "köpt energi" inte ingår någon elförbrukning för brukare eller fastighetsdrift, utom i Köpmannen där nettovärden för värmepumpen har använts.

Behov av köpt energi har sammanställts i tabellerna 7.3 och 7.4 nedan.

Fastighet	Uppv MWh/år	VV MWh/år	Sommarfbr. MWh/år	TOTALT	
				MWh/år	kWh/m <sup>2</sup> , år
Kastellholm 16	1212	33	18	1263	142
Guldfisken 8, UC1	1623	92	17	1732	201
Guldfisken 8, UC2	3388	158	37	3583	205
Stora Bommen 5	1808	61	82	1951	118
Kv Köpmannen	695	49	28	772	176
Kungsängen 5:13	1951	43	74	2068	329

Tabell 7.3 Köpt energi för respektive fastighet  
före genomförda åtgärder

Fastighet	Uppv MWh/år	VV MWh/år	Sommarfbr. MWh/år	TOTALT	
				MWh/år	kWh/m <sup>2</sup> , år
Kastellholm 16	551	22	28	601	68
Guldfisken 8, UC1	1567***	-*	124**	1691	195
Guldfisken 8, UC2	2740***	-*	278**	3018	172
Stora Bommen 5	960	76	106	1142	69
Kv Köpmannen	434	68	7	509	116
Kungsängen 5:13	916	58	39	1013	161

\* Varmvattenmätarna nedtagna för service

\*\* Kortare eldningssäsong ökar sommarförbrukningen

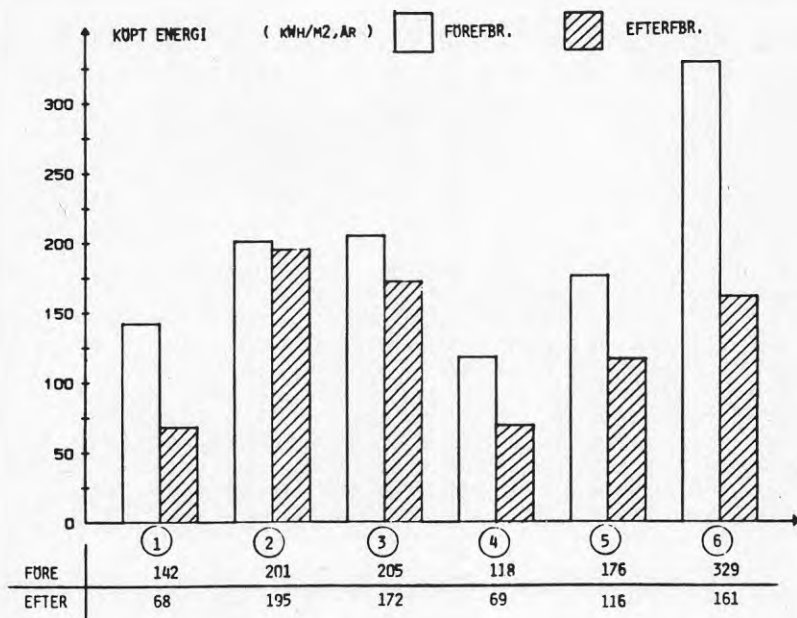
\*\*\* Inklusive varmvatten

Tabell 7.4 Köpt energi för respektive fastighet  
efter genomförda åtgärder

Reduceringar på mellan 40-50 % har uppnåtts i fastigheterna Kastellholm 16, Bommen 5 och Kungsängen 5:13. I Köpmannen har reduktionen blivit ca 35 % medan den i Guldfisken 8 varierar mellan ca 3-15 %.

Det bör påpekas att besparingarna i fastigheten Guldfisken 8 sannolikt kan bli högre, när aktuella driftsproblem har avhjälpats.

Slutresultatet kan också sammanställas i form av ett stapeldiagram på liknande sätt som tidigare.



Figur 7.6 Köpt energi för respektive fastighet före och efter genomförda åtgärder

(1=Kastellholm 16, 2=Guldfisken 8, UC1, 3= Guldfisken 8, UC2, 4=Bommen 5, 5=Köpmannen, 6=Kungsängen 5:13)

## 8. TEORETISKA BERÄKNINGAR AV ARSENERGIBEHOV.

### 8.1 Bakgrund.

Som framgår av tidigare avsnitt genomfördes föremätningarna på så sätt att byggnadens totala behov av köpt uppvärmningsenergi i kWh per m<sup>2</sup> och vecka mättes och relaterades till den genomsnittliga temperaturdifferensen inne/ute under samma vecka.

Ett önskemål var att på ett så tidigt stadium som möjligt söka förutsäga energibehovet under ett kalenderår och upprätta en rimlig energibalans som underlag för bedömning av olika energisparåtgärders effekter. Ett av hjälpmedlen i detta arbete var att genomföra energibalansberäkningar och jämföra de beräknade värdena med de verkligt uppmätta.

Med denna metod gavs möjlighet att uppskatta inverkan av vissa faktorer som inte var möjliga att fastställa på annat sätt med rimliga insatser, men som har en sådan betydelse för byggnadernas energibehov att de inte kan försummas. Här avses i första hand inverkan av solenergitillskott liksom nyttiggjord värmeenergi från processer inom byggnaden, som personvärme, elenergi för belysning och apparater mm.

Metoden gjorde det också möjligt att jämföra byggnadernas teoretiskt beräknade temperaturberoende värmebehov, dvs teoretisk energisignatur, med verklig utnyttjad medeleffekt under mätveckorna. De flesta av de aktuella energisparåtgärderna påverkar det temperaturberoende värmebehovet. Det är därför av vikt att ha en god uppfattning om den verkliga förlusteffekten. Denna kan vara väsentligt högre än uppmätt värmeeffekt i byggnader med stora tillskott av processenergi, då en del av förlusterna täcks med gratisenergi från sol och processer.

### 8.2 Datorprogram för energibehovsberäkningar

Av ovan nämnda skäl genomfördes, speciellt i inledningsskedet så snart tillräcklig mängd mätdata förelåg, ett stort antal energiberäkningar med datorprogrammet ENORM. Under senare delen av projektet skedde beräkningarna med det nyutvecklade beräknings- och grafikprogrammet NYAENORM.

Det nya programmet skiljer sig från det tidigare använda genom att energibehovet inte beräknas med månadsvärden utan fastställs genom beräkningar för varje dygn under hela året.

Detta gör att varierande drifttider och flöden för fläktar under veckan kan beaktas, liksom variationer vad gäller processenergi, innetemperatur osv. Byggnaden kan dessutom indelas i tre zoner med olika driftförhållande beroende på de aktuella användningssätten.

Beräkningar för värmepumpar sker med fabrikant- eller provningsdata om värmepumpens avgivna effekt och driv-effekt vid aktuella driftförhållanden. För varje dygn fastställs hur mycket pumpen får leverera, hur mycket av detta den kan leverera samt hur stor mängd driv-energi som åtgår.

Indata vid beräkningarna baserades på genomförda besiktningar, temperatur-, luftflödes- och läckagemätningar och värden från analyser av köpt energi under tidigare år. Energiberäkningar med reviderade indata har därefter succesivt genomförts under projektets gång i samband med att säkrare mätdata erhållits och alternativa åtgärds paket föreslagits, analyserats, förändrats och genomförts.

### 8.3 Exempel på energibehovsberäkningar

In- och utdata vid energibalansberäkningar framgår av de exempel på före- och efterberäkningar som redovisas på sidorna 4.1-4.7 i bilaga 4.

Sammanställda data från beräkningar för samtliga objekt redovisas i bilagan. I det följande skall bara kortfattat redogöras för vilka indata som använts vid beräkningarna och vilka utdata som erhållits.

Beräkningarna illustreras och kommenteras först med hjälp av ett exempel från projektets inledningsskede, då energibalansberäkningar för samtliga projekt jämfördes med och kalibrerades mot framtagna energisignaturdiagram. Den aktuella byggnaden är en av dem där energisparåtgärder sedan genomförts och utvärderats: Kungsängen 5:13 i Uppsala.

Energiberäkning för Kungsängen 5:13, före åtgärder.

På sidorna 4.1-4.3 i bilaga 4 redovisas data från energiberäkning för det aktuella objektet i Uppsala.

Som indata har använts vid besiktning uppmätta areor på omslutande byggnadsdelar. k-värden har beräknats med hjälp av arbetsritningar och tekniska beskrivningar. Fönsterareor och deras orientering har bestämts från fasadritningar och situationsplaner. Innetemperaturen baseras på genomförda mätningar. Ventilationsdata har bestämts med ledning av uppmätta luftflöden och drifttider för fläktar. Värden på belysning och varmvatten är "historiska" värden från tidigare år och personvärme har uppskattats utifrån den aktuella verksamheten i byggnaden.

Bland utdata, som återfinns på sidan 4.3, kan noteras att den del av byggnadens beräknade temperaturberoende transmissionsförluster som måste täckas med köpt uppvärmningsenergi är ca 568 MWh/år. Motsvarande värden är 1379 MWh/år för den styrda luftväxlingen och 56 MWh/år för luftläckningen. Enligt beräkningen hänförs sig alltså 72 % av den köpta uppvärmningsenergin till

att värma växlad luft under uppvärmningsperioden.

Ventilationen är därför i detta fall, pga den höga styrda luftomsättningen utan värmeåtervinning, den dominerande posten bland värmeförlusterna.

Utnyttjad gratisenergi från processer (personvärme och elenergi) uppgår till ca 365 MWh/år och ca 74 MWh/år tillgodogörs av tillgänglig instrålad solenergi.

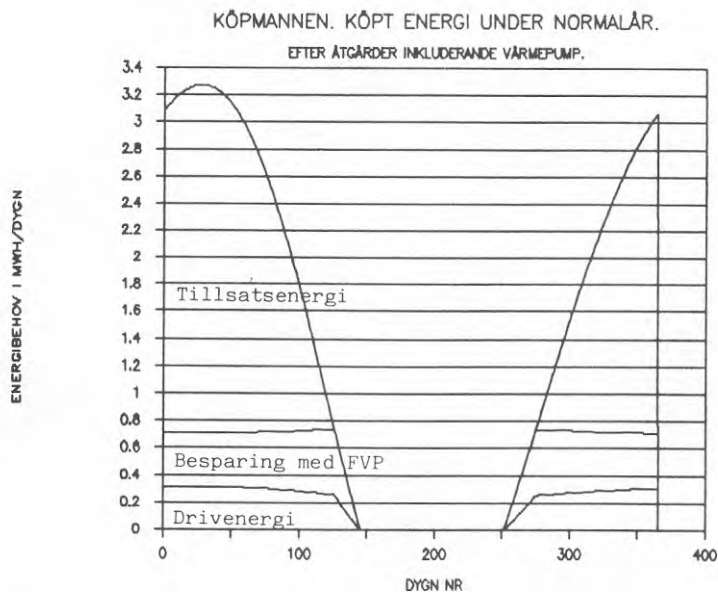
Nettobehovet av köpt uppvärmningsenergi utgör drygt 2000 MWh/år, dvs motsvarande ca 100 elvärmda småhus.

Energiberäkning för Kv Köpmannen, efter åtgärder

På sidorna 4.4-4.7 i bilaga 4 redovisas data från energiberäkning för ett objekt efter åtgärder. I detta fall ingår även en frånluftsvärmepump som producerar uppvärmningsenergi. I figur 8.1 illustreras behovet av köpt energi under ett kalenderår.

Värmepumpens värmefaktor, som varierar under året, är i gynnsamma fall närmare 3 för att i ogynnsamma närma sig 2 - med hänsyn till värmesystemets totala avgivna effekt och driveffekt. Värmepumpen levererar ca 170 MWh/år, med elektrisk drivenergi ca 70 MWh/år. Besparingen blir ca 100 MWh/år.

För Kv Köpmannen illustreras också energi- och effektbehovets variation under året ytterligare i figurerna 4.1-4.3 på sidorna 4.8-4.10 i bilaga 4.



Figur 8.1. Kv Köpmannen. Köpt energi under normalår efter åtgärder

#### 8.4 Jämförelse mellan beräknade och uppmätta värden

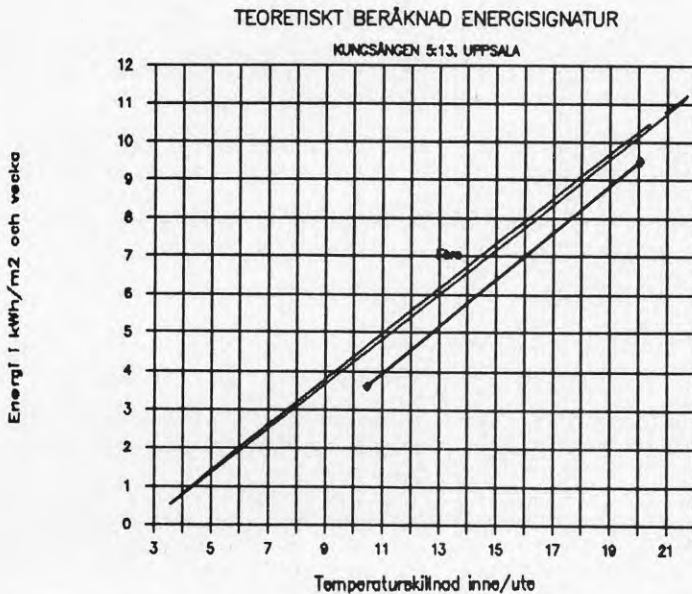
Beräknade värden från energiberäkningarna har kontinuerligt jämförts med uppmätta data för att bedöma om energibalansen kunde anses ge en rimlig bild av förhållandena under ett kalenderår.

För att underlätta jämförelser har rutiner utvecklats för att med datorprogrammet NYA ENORM också beräkna teoretiska energisignaturer och upprätta diagram. Teoretiska signaturer för samtliga objekt återfinns i figurerna 4.4-4.8 på sidorna 4.16-4.20.

I figur 8.2 återfinns ett sådant diagram som illustrerar förhållandena för byggnaden i Kungsängen innan åtgärder vidtagits. Den beräknade energisignaturen får formen av en ellips beroende på att soltillskottet varierar under vår och höst vid samma temperaturskillnad inne/ute. Detta förhållande blir mer markerat för byggnader med stor fönsterprocent t ex Kastellholm 16 i Göteborg.

I figur 8.2 har också införts den uppmätta energisignaturen som en streckat linje. Överensstämmelsen är acceptabel i detta fall.

För samtliga objekt jämfördes de först uppmätta värdena med beräknade. Med den osäkerhet hos mätdata som förelåg när analyser av de inledande mätningarna gjordes bedömdes i allmänhet att det inte fanns skäl att ändra indata utan att överensstämmelserna var godtagbara.



Figur 8.2. Teoretisk energisignatur för Kungsängen före åtgärder.

### 8.5 Med facit i handen

Generellt gäller att de datautskrifter som återges i denna rapport redovisar tex energibehov med en skenbar noggrannhet på 1 kWh. Med hänsyn till noggrannheten hos de indata som ligger till grund för beräkningarna kan detta förefalla stötande för en uppmärksam läsare. Det är alltså viktigt att påpeka att beräkningsnoggrannheten vid datorberäkningarna inte återspeglar säkerheten hos använda indata utan endast - med användande av dessa indata - ger en energibalans som "stämmer" på kilowattimmen när.

Så här i efterhand, när både för- och eftermätningar av energibehov genomförts är det lätt att ändra beräkningsindata så att full överensstämmelse erhålls mellan uppmätta och beräknade värden på effektbehov.

Speciellt i fallet Kastellholm förefaller det sannolikt att transmissionsförlusterna före åtgärder över-skattades när t ex teoretiska k-värden på fönstren valdes till 3.23 W/m<sup>2</sup>, gr C motsvarande ett kA på 4577 W/gr C eller 65 % av hela byggnadens kA. Genom att sänka detta värde och minska andelen utnyttjad processenergi kan även här god överensstämmelse både före och efter åtgärder erhållas.

Eftersom energibalansberäkningarna inom projektet baserats på enkla beräkningar av k-värden, med uppgifter hämtade ur tekniska beskrivningar av skiftande kvalitet, och främst varit avsedda att ge underlag för bedömningar av lämplig strategi för besparingsåtgångningarna väljs här att inte revidera indata, även om de i efterhand bättre kan bedömas. Åtgärderna som genomförts har i allmänhet avsett att minska ventilationsförlusterna. Eftersom luftväxlingen mätts både före och efter har tillfredsställande underlag funnits för att bestämma dessa besparingar.

Inför kommande projekt bör framhållas att det - i de fall byggnadstekniska åtgärder för att minska transmissionsförlusterna är aktuella - krävs en noggrannare analys av byggnadens verkliga praktiska k-värden genom förberedande mätningar i fält. Sådana mätningar har inte rymts inom detta projekt.

### 8.6 Sammanställning av beräknade och uppmätta energi-behov före och efter åtgärder.

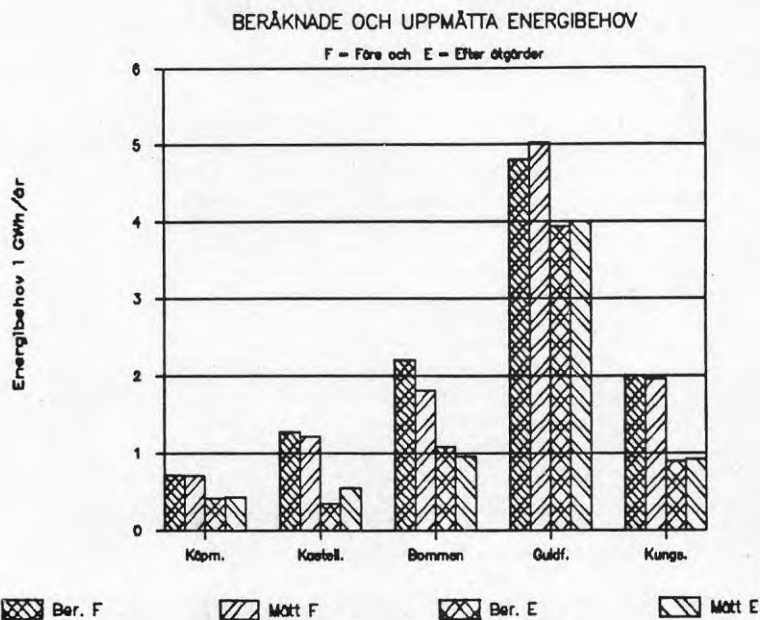
Sammanfattande resultat från energibalansberäkningar före och efter åtgärder med senaste indata återfinns i tabellerna 4.1-4.5 på sidorna 4.11-4.15.

Uppmätta energibehov redovisas i kapitel 7. I tabell 4.6 på sidan 4.22 har beräknade och uppmätta behov före och efter samt beräknade och uppnådda besparingar sammanställts.

Beräknade och uppmätta värden kan också jämföras med varandra i stapeldiagrammet i figur 8.3.



Den sammanlagda nettobesparingen motsvarar energibehovet i 200 direktelvärmda småhus med energibehovet 19000 kWh/år. Med hänsyn till förluster för fjärrvärme och olja är bruttobesparingen av energi ännu större.



Figur 8.3. Beräknade och uppmätta energibehov före och efter åtgärder.

## 9. FUNKTIONSUPPFÖLJNING

### 9.1 Allmänt

I samband med att en första preliminär utvärdering av uppmätta besparingsresultat genomfördes under försommaren 1985, framkom att dessa i vissa fall avvek från de, som teoretiskt kalkylerats.

Orsakerna till dessa avvikelser bedömdes i detta skede framförallt vara föranledda av avsteg från de åtgärder, som projekterats och upphandlats och av felaktigheter i utförandet av olika slag. I något fall blev genomförandet också mer utdraget, vilket medförde att föreskrivna injusteringsåtgärder sannolikt inte hade hunnit bli genomförda.

Projektgruppen beslöt därför hösten 1985 att genomföra en rundresa till samtliga objekt, i syfte att medelst intensivmätningar och en genomgång av fastigheten söka hitta förklaringar till uppkomna avvikelser. I samband med besöken i respektive fastighet arrangerades också sammanträden med såväl entreprenör, konsult som driftansvarig personal.

Efter avslutad rundresa upprättades också protokoll för varje fastighet, där upptäckta brister och fel i utförande dokumenterades tillsammans med avsteg i genomförda åtgärder i förhållande till de ursprungligen upphandlade åtgärderna. Dessa protokoll delgavs såväl entreprenörer som fastighetsägare, vilka härefter vidtog åtgärder i syfte att rätta till dessa fel och brister.

Många av de fel, som upptäcktes i samband med denna genomgång av respektive fastighet, var av den arten att de antingen borde ha upptäckts i samband med den ordinarie kontrollen och slutbesiktningen, medan andra var svårare att upptäcka utan genomförda mätningar.

Andra felaktigheter berodde på att valda lösningar redan från början var olämpliga eller att man inte anlagt en "totalsyn" på fastigheten redan från början.

Exempel på fel och brister, som upptäcktes ges i avsnitt 9.2 nedan.

### 9.2 Brister och fel i samband med funktionsuppföljning av respektive fastighet

Väsentliga brister och fel samt avvikelser i utförandet gentemot projekterade och ursprungligen upphandlade åtgärder har sammanställts fastighetsvis i bilaga 1.

Här görs en sammanfattning av typen av fel m m utan koppling till respektive fastighet:

- Ej genomförd eller bristfällig utförd injustering av värme- och ventilationssystem.
- Önskad temperatursänkning har ej uppnåtts, då en rumstemperatur under ca 21°C upplevs som dålig komfort. I ett fall har orsaken varit att man inte anlagt en "totalsyn" på fastighetens upp- rustning, vilket har resulterat i att mycket otäta entréportar ej åtgärdats med följd att temperaturnivån måste höjas för hela fastigheten för att personalen i dragiga lokaler ej skall uppleva dålig komfort.
- Problem med luft i vätskekopplat värmeåtervin- ningssystem med försämrad verkningsgrad som följd.
- Olämpligt placerade givare för tilluftstempera- tur, med följd att de mäter för låg temperatur än den som i verkligheten gäller.
- Osäkra drifttider för ventilationsanläggningen.
- Otillräcklig tätning av befintliga ventilations- schakt.
- Olämplig inkoppling av kylkretsen efter värme- återvinningsaggregat. Under vår- och höstperio- der kan värmeåtervinningen inte utnyttjas maxi- malt samtidigt som tilluften förvärmes med fjärrvärme.
- Läckande reglerventiler vid ventilationsaggre- gat.
- Halverad verkningsgrad för värmeåtervinningen på grund av felkopplad värmeväxlare. Detta upptäck- tes inte vid slutbesiktning.
- Frånluftsvärmepumpanläggning gav ej utlovad besparing.
- Felaktigt inställda börvärden på luftkvalitets- givare med följd att återluftsfunktionen ej varit i funktion.
- Lägre verkningsgrad på värmeåtervinningen än förväntat och utlovat.
- Undermåliga instruktioner för utrustning för datoriserad styrning.

- Högre k-värde på ny fasad än förväntat.

Här redovisade brister och fel har samtliga påverkat besparingens storlek. Flertalet av dessa fel åtgärdades under eldningssäsongen 1985/86, varför projektets eftermättningsperiod förlängdes en eldningssäsong.

Med hänsyn tagen till uppmätta data från intensivmätningarna i fält i samband med ovan nämnda rundresa, gjordes förnyade beräkningar, i vilka hänsyn togs till förändrade driftsförhållanden för de aktuella anläggningarna.

Det är på dessa förnyade beräkningar, som jämförelsen mellan uppmätta och kalkylerade energibesparingar grundas.

En slutsats som projektgruppen har kunna dra, är att dessa fel och brister i de flesta fall inte hade upptäckts i samband med den normala kontrollen och besiktningen av anläggningarna. Först genom analys av mätdata, funktionskontroll i fält samt en granskning av anläggningarna i syfte att hitta fel, som kunde ge oss sannolika orsaker till bristanden överensstämme med förväntat utfall, kunde dessa upptäckas. Det bör framhållas att denna analys och funktionsuppföljning legat helt utanför respektive entreprenader.

Härav torde man också kunna dra den slutsatsen, att en funktionskontroll med mätningar på väsentliga anläggningsdelar är en nödvändighet för att förväntad funktion skall kunna kontrolleras. Detta kräver också att man redan i projekteringsskedet upprättar provprogram och att detta är genomfört och godkänt innan anläggningen slutbesiktigas. Denna typ av mätningar är idag möjliga att utföra på ett effektivt sätt, genom att utnyttja datortekniken. Det bör här framhållas att sådana funktionskontroller måste genomföras vid återkommande tidpunkter under anläggningarnas livslängd, så att god funktion och energieffektivitet kan upprätthållas.

En jämförelse mellan teoretiskt beräknade och uppmätta energibesparingar ger en överensstämmelse, som ligger inom +15 %. Detta måste betraktas som ett gott resultat, om man beaktar den komplexa verklighet som en relativt enkel teoretisk modell skall beskriva. Denna goda överensstämmelse erhöles dock först efter det att indata kontrollerats ytterligare i samband med funktionsuppföljningen ovan.

Härav kan man dra den slutsatsen att mätningar i kombination med teoretiska beräkningar med lämplig datormodell, rätt utnyttjade kan användas som en väckarklocka för byggprocessens aktörer, då det gäller att hitta och åtgärda fel i en anläggnings funktion.

## 10 KOSTNADER OCH LÖNSAMHET

### 10.1 Allmänt

Som tidigare har nämnts, har målsättningen med detta projekt bl a varit att analysera lönsamheten för de åtgärder, som har genomförts i syfte att energieffektivisera berörda fastigheter.

Projektstrategin har varit att, om möjligt, genomföra dessa åtgärder i form av integrerade åtgärds-paket. Om eventuella åtgärder måste genomföras av andra skäl än ur energibesparingssynpunkt (underhåll, ombyggnad m m), bör dessa samordnas med de senare, för att erhålla samordningsvinster vid genomförandet.

Kalkylmässigt har endast sådana kostnader medtagits, som direkt har varit föranledda av de aktuella energisparåtgärderna. Om en åtgärd primärt har genomförts av exempelvis komfort- eller funktions-skäl (ex. fasadisoleringen i Kastellholm 16) har endast merkostnaden för att uppnå även en energispareffekt av en sådan åtgärd medtagits.

Lönsamhetsberäkningarna har genomförts med en nuvärdeskalkyl, där investeringarna baseras på faktiska entreprenadkostnader exklusive mervärdes-skatt. Intäkterna i kalkylen representeras av de kostnadsminskningar, som erhålles på grund av uppnådda energibesparingar.

Beräkningarna har enligt ägarkretsens änskemål genomförts med reala kalkylförutsättningar, d v s utan hänsyn tagen till inflationstakten.

Resultatet beskrivs antingen som ett intäksöverskott eller ett intäksunderskott sett över en kalkylperiod på 30 år och med ett avkastningskrav på 4 % reallt. Detta innebär att ett nollresultat härvidlag uppfyller kravet på avkastning.

Samtliga kalkyler tar också hänsyn till den ökade underhållskostnad, som komplexa installationstekniska anläggningsdelar torde ge upphov till. Denna underhållskostnad har schablonmässigt satts till 2 % av investeringskostnaden för åtgärden i fråga.

## 10.2 Fastighetsvisa kostnader

Energiåtgärdernas sammanlagda investeringskostnad delas upp på installationsteknisk respektive byggnadsteknisk utrustning. Detta därför att avskrivningstiden är olika i dessa bägge fall, 15 respektive 30 år.

Då kalkylperioden vi studerar är 30 år, förutsättes en reinvestering ske efter 15 år av "uttjänt" installationsteknisk utrustning för att uppnådd energibesparing skall kunna vidmakthållas i ytterligare 15 år. Denna reinvestering har vi förutsatt ske med kontanta medel.

I tabell 10.2 nedan redovisas de totala fastighetsvisa entreprenadkostnaderna inklusive sk extraräkningar på tillkommande arbeten med i övrigt de förutsättningar som har redovisats.

Objekt	Investering (kkr)			
	Totalt	Energi	Bygg	VVS
Kastellholm 16	9.000	2.640	1.600	1.040
Guldfisken 8	1.368	1.368	-	1.368
Bommen 5	1.169	1.169	-	1.169
Köpmannen	1.080	960	328	627
Kungsängen 5:13	1.159	1.159	-	1.159

Tabell 10.1 Investeringskostnader för respektive fastighet.

## 10.3 Kalkylförutsättningar

Samtliga här använda kalkylparametrar är de som överskommit med fastigheternas ägare. Hela finansieringen, såväl grundinvesteringen som reinvesteringar, förutsätts ske med kontanta medel.

Energiprisets framtida kostnadsutveckling är svårt att sia om, varför en känslighetsanalys med avseende på denna parameter är nödvändigt. I denna framställning redovisas resultat från två bedömda ytterlighetsfall nämligen 0 %/år respektive 4 %/år realt.

I lönsamhetskalkylerna med nuvärdesmetoden har följande kalkylförutsättningar använts:

Energiprisutveckling	: 0 resp 4 % (realt)
Real kalkylränta	: 4 % (avkastning)
Energipris, start	: 25-28 öre/kWh
Avskrivning Bygg	: 30 år
Inst	: 15 år
Kalkylperiod	: 30 år
Reinvestering	: efter avskrivningstid
Finansiering	: kontanta medel

#### 10.4 Resultat av nuvärdesberäkningar

Resultatet av nuvärdesberäkningarna redovisas i tabell 10.2 som intäktsöver- respektive underskott i kkr.

Objekt	Nuvärde kkr för energi- prisutveckling realt/år	
	0 %	4 %
Kastellholm 16	- 530	1.550
Guldfisken 8	220	2.145
Bommen 5	1.448	4.018
Köpmannen	- 290	537
Kungsängen 5:13	2.560	5.940

Tabell 10.2 Nuvärde för investeringen av energisparande åtgärder för objekten inom Demonstationsprojektet.

Som framgår av tabell 10.2 nedan är lönsamheten starkt beroende av den framtida energiprisutvecklingen. En ökningstakt på 4 % realt per år i stället för 0 % ger att genomförda åtgärdspaket i samtliga fastigheter blir lönsamma och denna blir i flertalet fall dessutom mycket god.

Men redan vid en ökningstakt på 0 % realt per år erhålles en mycket god lönsamhet för de åtgärdspaket som har genomförts i fastigheterna Bommen 5 och Kungsängen 5:13. Att lönsamheten för fastigheten



Guldfisken 8 är så relativt låg kan i huvudsak tillskrivas det faktum att man där inte kunnat hämta hem full besparingseffekt av genomförda åtgärder på grund av en i vissa fall olämplig systemutformning. En annan orsak är att man ännu inte har åtgärdat de otäta entréportar i fastighetens köpcentrum, varför man tvingas att kompensera tilluftstemperatur för att personalen ej skall klaga.

Att lönsamheten, vid en ökningstakt på 0 % realt per år, är lägre i fastigheten Kastellholm 16 än i övriga, beror på att man där även har genomfört omfattande åtgärder på byggnadens energiprisökningstakt på 2 % realt per år torde även här genomfört åtgärds paket kunna uppvisa lönsamhet.

Att så är möjligt beror på att man där har integrerat energihushållningsåtgärder med åtgärder av renoveringskaraktär. Om dessa inte hade genomförts skulle man inte heller fortsättningsvis kunnat erhålla en korrekt luftbalans i byggnaden eller uppnått acceptabel komfort.

Resultatet visar således att energieffektivisering av lokaler vid rimliga investeringar kan ge en betydande ekonomisk avkastning. Detta även för fastigheter där det redan före åtgärd föreligger en låg specifik energiförbrukning (Bommen 5).

Detta resultat kan ställas mot det beslutsunderlag som förelåg inför genomförandefasen.

Fastighet	Beslutsunderlag 1984-06-08		
	Invest kkr	q = 0 % nuv kkr	q = 4 % nuv kkr
Kastellholm 16	3.380	971	4.386
Guldfisken 8	1.680*	5.307	10.860
Bommen 5	1.940*	2.215	5.590
Köpmannen	1.130*	5	1.156
Kungsängen 5:13	995*	5.030	9.980

\* Totala kostnaden; q = real energiprisökning  
% per år

Tabell 10.3 Ekonomiskt beslutsunderlag före genomförandet av åtgärder

## 11 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

### 11.1 Projektets genomförande

Som tidigare nämnts har detta projekt genomförts genom att entreprenörerna valdes utgående från en anbudstävlan, där stort utrymme gavs åt egna förslag. Någon större omfattning vad avser sådana egna förslag förekom dock inte. Enligt några entreprenörer berodde detta på att man ansåg att anbudstiden var för kort.

En annan tänkbar orsak skulle kunna vara att man också bedömde det som onödigt och kostsamt, då ju förfrågningsunderlagen innehöll såväl data från föremättningsperioden som energiteknsika kalkyler för av konsulterna själva utformade åtgärdsförslag, vilket måste ha uppfattats som om en ingående analys av lämpligaste åtgärder för fastigheten redan var utförd.

Sannolikt stod mängden egna förslag också i ett visst förhållande till anbudssummans storlek. I Kastellholm 16, där de mest omfattande åtgärderna genomfördes, förekom också flest egna förslag.

Inkomna anbud skulle enligt förutsättningarna vara uppdelade på olika åtgärder. Vid en närmare analys av dessa uppdelningar, kunde man ganska lätt konstatera att dessa uppdelningar i många fall mer var ett utslag av strategiskt tänkande än speglade en verklighet. Detta framkom tydligt vid en jämförelse mellan en installatör och en byggare som anbudslämnare för samma åtgärdsförslag. Härigenom försvårades det slutliga valet av åtgärds kombination för upphandling.

Den använda upphandlingsmodellen har i stort sett fungerat väl. Dock tvingas man konstatera att en renodlad byggnadsentreprenör i flertalet fall inte är lämplig som totalentreprenör, då åtgärderna huvudsakligen berör fastighetens installationer. Analogt gäller att en installationsentreprenör oftast är olämplig som totalentreprenör, då åtgärderna huvudsakligen är av byggnadsteknisk karaktär.

Vad avser tillämpning av energispargarantier tycks inte branschen ha varit mogen för detta vid tiden för projektets genomförande. Enligt vår uppfattning bör de juridiska och ekonomiska förhållandena vid energispargarantier studeras ingående innan en bred tillämpning kommer till stånd. Exempelvis måste kontrollstationerna vara helt klarlagda innan projektet startar. Här avses både mättekniska och beräkningstekniska kontroller samt hur den skall ske under anläggningens normala eller förlängda garantitid.

## 11.2 Energibesparingar och funktion

Erfarenheterna från detta demonstrationsprojekt genomfört i fem olika kontorsbyggnader med varierande energiteknisk status före åtgärd, visar att stora energibesparingar kan uppnås med oftast mycket god lönsamhet.

Större delen av dessa energibesparingar har erhållits genom åtgärder på fastigheternas installationssystem. I ett fall har omfattande byggnadstekniska åtgärder på klimatskärmen aktivt bidragit till den uppnådda besparingen.

I de fall där man redan i projekteringskedet vinnlade sig om att anlägga en "totalsyn" på fastigheten har besparingarna varit 30 % eller mer beräknat på energiförbrukningen före åtgärd ("köpt energi för uppvärmning och varmvatten"). När denna syn har varit annorlunda har energibesparingen endast uppnått ca 10-15 %.

I det senare fallet har inom projektet konstaterade energitekniska brister i entréportar ej åtgärdats, med följd att de stora luftläckagen genom dessa har måst kompenseras genom en förhöjd tilluftstemperatur för att personalen ej skall klaga på försämrat komfort.

Även om "totalsynen" förelåg redan i projekteringskedet visade det sig svårt att erhålla full effekt vid entreprenadens slutförande. En rad fel och brister kunde konstateras också efter genomförda slutbesiktningar genom de mätningar och analyser, som löpande har genomförts inom projektet. Dessa mätningar och analyser har tillsammans med genomförd "felfinnarnas rundtur" till samtliga objekt visat på ibland stora avvikelser mellan förväntat och verkligt utfall.

Genom att hänsyn sedermera har tagits till upptäckta och i de flesta fall idag åtgärdade fel och brister i våra efterkalkyler, har vi kunnat konstatera att uppmätta och beräknade energibesparingar i samtliga fall legat inom en avvikelse på  $\pm 15$  %.

Med kännedom om de verkliga förhållandena i här aktuella fastigheter, vill vi rekommendera att större kraft i framtiden läggs ner på driftsskedet än vad som hittills har varit fallet i vissa av fastigheterna. Detta bedömer vi som en nödvändig förutsättning för att uppnådda besparingar skall kunna vidmakthållas.

Som tidigare har nämnts upptäcktes en hel rad fel

och brister i åtgärderna i samband med vår preliminära utvärdering försommaren 1985 och den härav påkallade rundresan till samtliga objekt under hösten 1985. Härav torde man kunna dra den slutsatsen att en ingående funktionskontroll baserad på ett väl genomarbetat provprogram är en nödvändighet för att upphandlad funktion skall kunna kontrolleras och säkerställas. Vår bedömning är att upptäckta fel och brister inte på något avgörande sätt avviker från de som erhålles normalt.

En starkt bidragande orsak till att så är fallet, kvalitetssäkringsresonemang till trots, är, enligt vår uppfattning att byggbranschen fortfarande i många fall måste betraktas som konservativ, där viljan till förändring i många fall är liten.

Samtidigt läggs idag alltför stor vikt vid upphandling till lägsta pris, vilket utgör en fara för suboptimeringar på lång sikt. Detta gäller såväl vid konsult- som entreprenadupphandlinga.

Erfarenheterna från detta och andra större energiombyggnadsprojekt har visat att man genom mätningar har upptäckt fel och brister, vilka inte kunnat upptäckas i samband med normal entreprenadjuridisk kontroll och besiktning. Då åtgärderna för här aktuell byggnadstyp oftast är mycket lönsamma, bedömer vi det som viktigare att sådana mätningar göres efter åtgärd är före. Om även mer omfattande åtgärder genomföres på byggnadens klimatskärm är det dock lika viktigt att mätningar göres före åtgärd som efter. Sådana åtgärder ger ju i normalfallet en sämre lönsamhet och ger därför en större känslighet för fel i utförandet.

Enligt våra erfarenheter, var det just genom en analys av uppmätta och teoretiskt beräknade besparingar som "väckarklockan" ringde och påvisade att något i anläggningarna inte var rätt. Genom utnyttjandet av tekniken med energisignaturer såg vi tidigt vart vi var på väg och om vägen var den rätta.

De fastigheter, som har ingått i detta projekt, representerar ett stort lokalbestånd på nationell nivå. I projektet uppnådda energibesparingar torde därför på intet sätt vara unika för just dessa fastigheter, förutsatt att de åtgärder som här har genomförts inte redan har utförts. Vi har dessutom kunnat visa att energibesparingar på upp till 40 % även kan uppnås i fastigheter med en redan så låg energiförbrukning före åtgärd som 120 kWh/m<sup>2</sup>,år.

För framtiden är det av största vikt att beakta också elenergens roll i byggnadens energibalans. En besparing av värmeenergi får inte resulteras i en kraftig ökning på elenergisidan, något som tyvärr inte är helt ovanligt idag. Då erhålles ju i realiteten ingen besparing, samtidigt som den framtida omställningen av Sveriges energisystem försvåras.

De åtgärder som har genomförts i detta projekt har endast i ett fall (installation av frånluftsvärme-pump) bedömts ge någon större ökning härvidlag.

## 12. REFERENSER

- (1) Anderlind, G., Nilson, A. och Stadler, C-G. Det lönar sig att spara energi i flerbostadshus. Erfarenheter från projektet "Energispar-kvarter". Rapport G9:1986, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1986 (finns även i engelsk version).
- (2) Byggforskningsrådet. ENERGI 85. Energianvändning i bebyggelse. Rapport G26:1984, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1984 (finns även i engelsk version).
- (3) Fracastoro, G.V., Lyberg, M.D. Guiding Principles Concerning Design of Experiments, Instrumentation and Measuring Techniques. IEA Annex III. Document D11: 1983, Swedish Council for Building Research, Stockholm 1983.
- (4) Norlén, U., Asplund I. and Hjalmarsson, Ch. The Energy Signature of a House. Document D21:1982, Energy Audit Workshop, April 13-15, 1981. Swedish Council for Building Research, Stockholm 1981
- (5) Nilson, A., Fischer, M., Nordgren, M. och Walter, A. Guldhedsprojektet. Energispar-kvarter i Göteborg - Energiombyggnad i ett 50-talsområde. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm (under tryckning)
- (6) Nilson, A. and Walter A. The Guldheden Projekt. Evaluation of Energy Conservation Measures in Nine Blocks of Flats by Measurements. Proceedings for the 1986 ACEEE Santa Cruz Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Volume 3 (Large Building Technologies), American Council for an Energy- Efficient Economy, USA

Övrig litteratur

- (A) Anderlind, G., Bankvall, C. och Munther, K. Energibehov i nya byggnader. Rapport R140: 1984. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
- (B) Hansson, T., Nilson, A. och Stadler, C-G. Energisparteknik i befintlig bebyggelse. Rapport R139:1984. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
- (C) Nilson, A. God ekonomi att samordna energisparande och underhåll. Byggindustrin 31.81

- (D) Nilson, A. Upphandling av energihushållnings- och ROT-åtgärder. Metoder och erfarenheter från Byggforskningsrådets projekt "Energisparvarter", VVS & Energi 10/84
- (E) Nilson, A. Guldhedsprojektet. Datoriserad mät- och utvärderingsteknik, VVS & Energi 1/85.
- (F) Fels, M. F. (editor), Measuring Energy Savings, The Scorekeeping Approach, Energy and Buildings, Vol 9, No 1 & 2, February/May 1986. (temanummer)

BILAGA 1. FASTIGHETSVIS SAMMANSTÄLLNING AV  
GENOMFÖRDA ÅTGÄRDER



FASTIGHETSVIS SAMMANSTÄLLNING AV GENOMFÖRDA  
ÅTGÄRDER

Fastighet: Kastellholm 16, Göteborg

Ägare: Folksam

Det förslag som utarbetades av anlitade konsulter beskrivs i fem rubriker nedan.

VÄRMESYSTEM

- Byte av värmeväxlare, pumpar och styrutrustning för kommunens fjärrvärmeväxlare.
- Nya stamregleringsventiler
- Injustering av hela systemet.

VENTILATION

- Frånluft från kontor till garage.
- Värmeåtervinning med roterande värmeväxlare
- Ny kylanläggning av typ fan-coil system.
- Reducering av luftflöden.

VATTEN

- Flödesbegränsning

STYR OCH REGLER

- Datoriserad styr- och övervakningsanläggning med larm
- Ny automatikutrustning för värmegrupper
- Ändrade drifttider.

BYGG

- Tilläggsisolering och tätning av fasader.
- Komplettering med tredje rutan samt treglasfönster.
- Reducerad fönsteryta.
- Tätning av ventilationsschakt.
- Ombyggnad av fläktrum.

Detta omfattande program förändrades endast på två punkter. Dels sattes inga nya stamregleringsventiler in utan samtliga radiatorer försågs istället med termostatventiler och dels genom att inregleringens sänkta framledningstemperatur föranledde vissa kompletteringar med elvärmare på de "svagaste" punkterna.

Under augusti - september 1985 genomfördes den s k "felfinnarnas rundtur".

De problem som framkom under denna resa var för Kastellholm 16 i Göteborg:

1. Verkningsgraden på en av de tre roterande värmeväxlare hade ca 10-15 % lägre verkningsgrad än beräknat.
2. Tätning av schakt än ej tillräcklig då läckluft från övervärmad luft späder ut värmad tilluft.
3. Kylkretsens inkoppling efter värmeväxlarna för kontor påverkar dess rotationshastighet på ett ogynnsamt sätt.
4. Förväntade k-värden på nya fasader är "något" högre än de beräknade.
5. De nya fönstrens tätningslister var av mycket dålig kvalitet och tvingades bytas ut.

Mätningarna startades upp vecka 310. Åtgärderna genomfördes under perioden maj 1984 till februari 1986. Dock kunde inte eftermätningssperioden starta förrän vecka 540 då igångkörningsproblemen var avklarade.

Fastighet: Guldfisken 8, Linköping

Ägare: SPP

Det förslag som utarbetades av anlidade konsulter beskrivs i fem rubriker nedan.

#### VÄRMESYSTEM

- Total injustering

#### VENTILATION

- Värmeåtervinning med roterande värmeväxlare för delar av köpcentrum.
- Återluft för kontor och hotell.
- Injustering av luftflöden (uppvarvning).
- Avfuktningssaggregat för poolanläggning i hotell-del.

#### VATTEN

- Inga åtgärder.

#### STYR OCH REGLER

- Ändrade drifttider.
- Årsprogrammerat styrur.
- Utbyte av diverse reglerutrustning.

#### BYGG

Inga byggåtgärder utöver de för övriga arbeten nödvändiga.

Värmeåtervinning med roterande värmeväxlare genomfördes enbart i ett av de tre fläktrummen för köpcentrat. I åtgärden "injustering av ventilationen" ingick rengöring av samtliga fönsterapparater.

Under augusti - september 1985 genomfördes den s k "felfinnarnas rundtur".

De problem som framkom under denna resa var för Guldfisken 8 i Linköping:

1. Verkningsgraden på den roterande värmeväxlaren är tveksam på grund av systemets uppbyggnad. Anläggningen var vid besökstillfället omöjlig att kontrollera. Funktionen har på grund av ett trasigt reglerspjäll troligen varit bristfälligt ända fram till besöket.
2. Troligtvis har ej önskad temperatursänkning uppnåtts. Klagomål på drag förekommer fortfarande i köpcentrat.
3. Temperaturgivare för tilluftsfläktar visar inte representiva värden med för hög tilluftstemperatur som följd.

Mätningarna startades upp under vecka 311. Åtgärderna genomfördes under perioden februari 1984 till mars 1985. Eftermättningsperioden startade under vecka 514.

Fastighet: Stora Bommen 5, Göteborg

Ägare: Trygg-Hansa

Det förslag som utarbetades av anlitade konsulter beskrivs i fem rubriker nedan.

#### VÄRMESYSTEM

- Injustering av fönsterapparater i ny del.
- Injustering av stammar och slingor i äldre del.

#### VENTILATION

- Sänkning av tilluftstemperatur så att lufttemperatur i garage blir +10°C.
- Reducering av luftflöden i garage.
- Värmeåtervinning av kontorsventilation (batterivärmeväxlare)
- Injustering av kontorsventilationen.

#### VATTEN

- Sänkning av utgående varmvattentemperatur.

#### STYR OCH REGLER

- Översyn och anpassning till nya driftförhållanden
- Drifttidsstyrning av garageventilation.
- Mikrodatorbaserad styr- och regleranläggning.

#### BYGG

Inga byggåtgärder utöver de för övriga arbeten nödvändiga.

Detta program förändrades på två punkter under genomförandetiden. Dels sänktes inte varmvattentemperaturen p g a att ett fotolaboratorium i fastigheten är beroende av 65-gradigt varmvatten för sina processer och att detta laboratorium är den huvudsakliga förbrukaren, dels styrs garageventilationen av CO-mätare istället för tidur. Detta senare har minskat luftomsättningen i garaget ytterligare.

Under augusti - september 1985 genomfördes den s k "felfinnarnas rundtur".

De problem som framkom under denna resa var för Stora Bommen 5 i Göteborg:

1. Problem med Luft i återvinningsanläggningens rörsystem har försenat dennas funktion.
2. Injustering av värmebatterier till ventilationsaggregat har ej givit önskvärd funktion. Detta innebär pendlande inblåsningstemperatur.
3. Lufttemperaturen i garage högre än avsedd.
4. Instruktionerna till det programmerade årsuret var mycket bristfälliga med förklaringar och text på uret på engelska. Vid besiktningstillfället var det ingen inom fastigheten som behärskade uret tillfredsställande.

Mätningar startades upp vecka 311. Åtgärderna genomfördes under perioden december 1984 till maj 1985. Dock kunde inte eftermättningsperioden starta förrän vecka 546 då luftningsproblemen i återvinningsbatterierna var åtgärdade. Enligt uppgifter från fastighetsförvaltaren har inte kylanläggningen behövt använda forcerade luftflöden för att tillgodose kylbehovet under sommaren 1985.

Fastighet: Kv Köpmannen, Eslöv

Ägare: Valand

Det förslag som utarbetades av anlitade konsulter diskuterats med konsulter i samband med anbudsfrågan beskrivs nedan under fem rubriker.

#### VÄRMESYSTEM

- Termostatventiler
- Inreglering av stamventiler

#### VENTILATION

- Reducering av luftflöden
- Motoriserade spjäll styrda av luftkvalitetgivare
- Hel/halvfartsreglering för fläktar i sport- och klädaaffär
- Frånluftvärmepumpar för varmvattenberedning och förvärmning av tilluft

#### VATTEN

- Flödesbegränsning av duschar i hotellrum

#### STYR OCH REGLER

- Pumpstopp
- Komplettering av befintlig styr- och reglerutrustning

#### BYGG

- Nya tätninglistor i fönster
- Tätning mellan fönsterkarm och vägg
- Tilläggsisolering av vindsbjälklag

Den enda komplettering av detta åtgärdsprogram som gjordes under genomförandefasen var installation av springventiler i fönster i hotelldelen, där det enbart finns frånluftsventilation.

Under augusti - september 1985 genomfördes den s k "felfinnarnas rundtur".

De problem som framkom under denna resa var för kv Köpmannen i Eslöv:

1. Värmepumpanläggningen gav inte den besparing som var utlovad och kontrakterad med leverantören. Utlovad värmefaktor var 3.35 men ligger snarare ner mot 2.8.

Orsaken till detta är, enligt uppgift från ESSEF Service i Lund, att värmefaktorn i avtalet ej inkluderade "hjälpmaskineriets" elenergiförbrukning. Entreprenören har därför ersatt beställaren för förlorad energibesparing med 120.000 kronor som engångsbelopp.

2. Felinställd luftkvalitetsgivare medförde att återluftfunktionen för ventilationen i restaurangen ej fungerat.

Mätperioden för föremätning startade vecka 313. Åtgärderna genomfördes under perioden vecka 407-516. Vår "eftermättningsperiod" börjar vecka 516 med det är dock osäkert huruvida denna period fram till och med vecka 605 kan användas som mätperiod då värmepumpen fortfarande hade igångsättning- och driftproblem.



Fastighet: Kungsängen 5:13, Uppsala

Ägare: Ansvar

Det förslag som utarbetades av anlitade konsulter beskrivs i fem rubriker nedan.

#### VÄRMESYSTEM

- Termostatventiler för fönsterapparater och radiatorer.
- Nya motorventiler på primärledningar.
- Nya shuntgrupper.

#### VENTILATION

- Värmeåtervinning med batterivärmeväxlare.
- Återluft
- Reducerade luftmängder.
- Injustering av ventilationssystem.

#### VATTEN

- Översyn av befintliga tappvattenutrustningar och byte till flödesbegränsande utrustning.
- Propning av befintliga befuktningsdelar till ventilationsaggregat.

#### STYR OCH REGLER

- Drifttidsstyrning
- Nattsänkning

#### BYGG

- Inbyggnad av entré.
- Nya tätningslister i fönster.

Ytterligare genomförda åtgärder är:

- Ny styr och reglerutrustning på samtliga till-lufttsaggregat i stället för ombyggd sådan.

Den åtgärden som reducerades var byte av shuntgrupper. Istället för att byta samtliga grupper slogs dessa ihop till en stor med ny primärmotorventil.

Under augusti - september 1985 genomfördes den s k "felfinnarnas rundtur".

De problem och tveksamheter som framkom under denna resa var för Kungsängen 5:13 i Uppsala:

1. Verkningsgraden på värmeåtervinningsaggregat uppmättes till 30 % i stället för förväntade 60% på grund av felkoppling.
2. Injustering av värmesystemet ej utförd.
3. Reglerventiler till ventilationsaggregaten läcker.
4. Osäkra drifttider på ventilationsanläggning.

Mätningarna startades upp vecka 321. Åtgärderna genomfördes under perioden maj 1984 till mars 1985. Eftermätningsperioden startade ursprungligen vecka 507 men det är dock tveksamt om den anses starta förrän vecka 606 då värmeanläggningen ej varit inreglerad.

## BILAGA 2. OBJEKTSPECIFIKA MÄTPROGRAM ( EXEMPEL )

MÄTPROGRAM KUNGSÄNGEN 5:13BANGÅRDSGATAN 13, UPPSALA

Ägare: A-Huset i Uppsala AB

För att möjliggöra en total energibalans såväl före som efter energisparinriktade åtgärder i fastigheten Kungsängen 5:13, Uppsala, bör följande mätare och termometrar avläsas en gång per vecka, om möjligt på måndagar och noteras på de speciella mätprotokollen som framtages av Bengt Dahlgren AB.

- \* Fjärrvärmemätare (integreringsverk) i undercentralen.
- \* Totalt inkommande kallvatten till fastigheten på kallvattenmätare i undercentralen.
- \* De två installerade mätboxarna för temperaturer, totalt 16 temperaturer (speciell bruksanvisning till dessa).
- \* Den nyinstallerade vattenmätaren för kallvatten till varmvattenberedning.
- \* Temperatur på utgående tappvarmvatten.
- \* Utgående värmebärartemperaturer till tilluftsaggregat, radiatorkretsar och trottoaruppvärmning.
- \* Returtemperaturer för ovannämnda värmebärare.

Samtliga mätare och termometrar som skall avläsas finns i undercentralen.

Principskissen över undercentralen visar vad som skall avläsas.

Beträffande mätboxarna se särskild rubrik.

Som engångsavläsning bör alla reglercentralers inställning antecknas. Om någon inställning ändras under mätperioden bör ny inställning samt datum antecknas, lämpligen under "Anmärkningar" i mätprotokollet.

### Åtgärder före mätningarnas början

- \* Givaruppsättning och kabeldragning.
- \* Montering och kalibrering av vattenmätare för mätning av kallvatten till varmvattenberedning
- \* Kalibrering av fjärrvärmemätare.
- \* Kalibrering av kallvattenmätare.
- \* Kontroll och eventuellt utbyte av de befintliga termometrarna som ingår i mätprogrammet.

GivarplaceringarAllmänt

Placeringen av givare bör ske på sådant sätt att yttre störningar i form av radiatorvärme, tilluftsdon, direkt belysning, solbelysning inte kan påverka givarens representation av volymens medeltemperatur.

Samtliga givare skall placeras ca 2 m över golvyta.

PlaceringMärkningKällarplanet:

- |                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 1. På pelare i stolförråd (fig 1) | 2:1 |
|-----------------------------------|-----|

Bottenvåning:

- |   |     |
|---|-----|
| 2. I tom lokal mot Kungsgatan på sydvästsidan av den mellersta pelaren.             | 1:1 |
| 3. I klädbutiken, centralt på innervägg (fig 3).                                    | 1:2 |
| 4. I foajén utanför samlingslokaler, på pelare ovanför befintlig TA-givare (fig 4). | 2:2 |
| 5. Tempelriddarsalen, valfri placering på någon vägg.                               | 2:3 |
| 6. Teatern, valfri central placering.   | 2:4 |
| 7. I restaurangen, centralt på avbalkningen (fig 2).                                | 2:5 |
| 8. I Ord & Form AB, på pelare ovanför befintlig TA-givare.                          | 2:6 |

<u>Placering</u>	<u>Märkning</u>
<u>Våning 1 tr</u>	
9. I NBV:s lokaler, vid vaktmästardörren (fig 5).	2:7
10. I NBV:s lokaler, på pelare i korridor (fig 5).	2:8
<u>Våning 2 tr</u>	
11. I Centrala Byggnadskommitténs lokaler, på vägg i foajén (fig 6).	1:3
12. I Centrala Byggnadskommitténs lokaler, på pelare i sydöstra delen (fig 6).	1:4
13. I trapphuset under taket, mellan hissdörrarna.	1:5
<u>Våning 4 tr</u>	
14. I Televerkets lokaler, vid entrédörren mellan de två toalettdörrarna (fig 7).	1:6
15. I Televerkets lokaler, på pelare i sydöstra delen (fig 7).	1:7
<u>Utomhus</u>	
16. Hörnet Kungsgatan-Bangårdsgatan, på väggen vid TA-givare.	1:8
Givarnas placering kan ses i skiss, bilaga 2 och i fig 1-7, bilaga 3.	

### Placering av mätboxar

Bägge mätboxarna placeras förslagsvis i vaktmästarexpeditionen, 1 trapa.

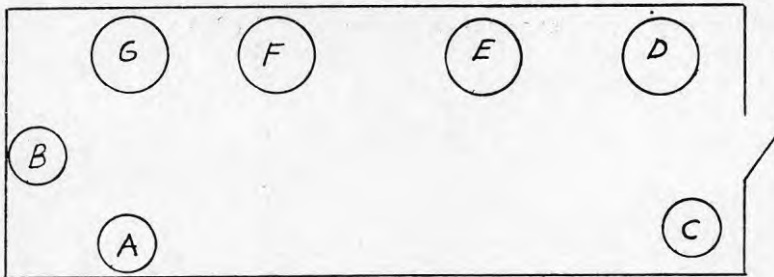
Mätbox 1 anslutes till givare 1:1-1:8.

Mätbox 2 anslutes till givare 2:1-2:8.

Detta är endast förslag till "mätbox"-placeringar. För optimering av kabeldragning kan alternativa placeringar vara nödvändiga, men "boxarna" bör då placeras i ett låsbart skåp eller dylikt så att obehöriga ej har tillträde till utrustningen.

Observera att "boxarna" kräver 220 volts matarspänning och anslutes med vanlig (jordad) stickkontakt.



Skiss över undercentral

- A: Fjärrvärmemätare (på väggen)  
 Avläs \* energimängd (MWh)  
 \* vattenmängd (m<sup>3</sup>)
- B: Kallvattenmätare för totalt inkommande kallvatten  
 Avläs \* vattenmängd (m<sup>3</sup>)
- C: Vattenmätare för kallvatten till VVB (varmvattenberedning)  
 Avläs \* vattenmängd (m<sup>3</sup>)
- D: Tappvarmvatten VVX  
 Avläs \* Temp på utgående VV (°C)
- E: Ventilation VVX  
 Avläs \* Utgående temp till TA (°C)  
 \* Returtemp från TA (°C)

F: Radiator VVX

Avläs \* Utgående temp till radiatorkretsen (°C)

\* Returtemp från radiatorkretsen (°C)

G: Trottoar VVX

Avläs \* Utgående temp till trottoarkretsen (°C)

\* Returtemp från trottoarkretsen (°C)

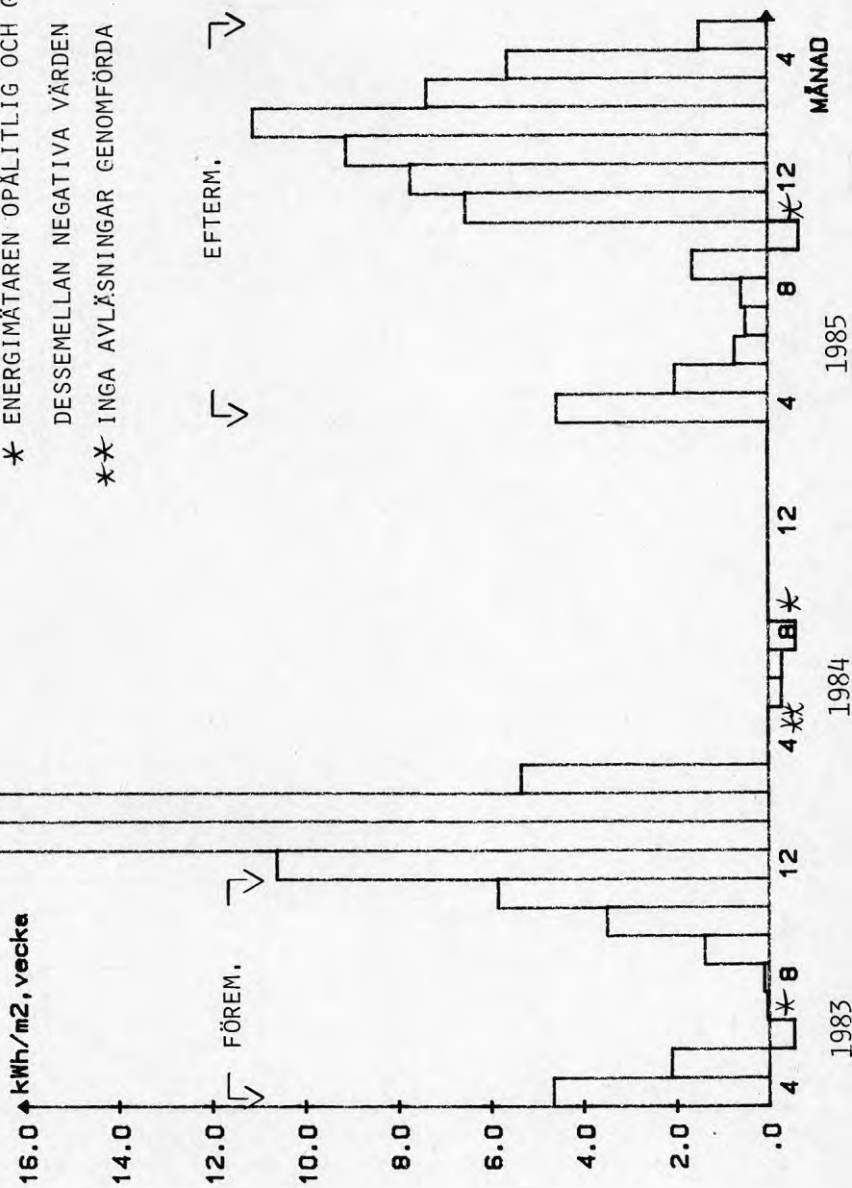
## BILAGA 3. MÄTDATA

- ENERGIFÖRBRUKNING



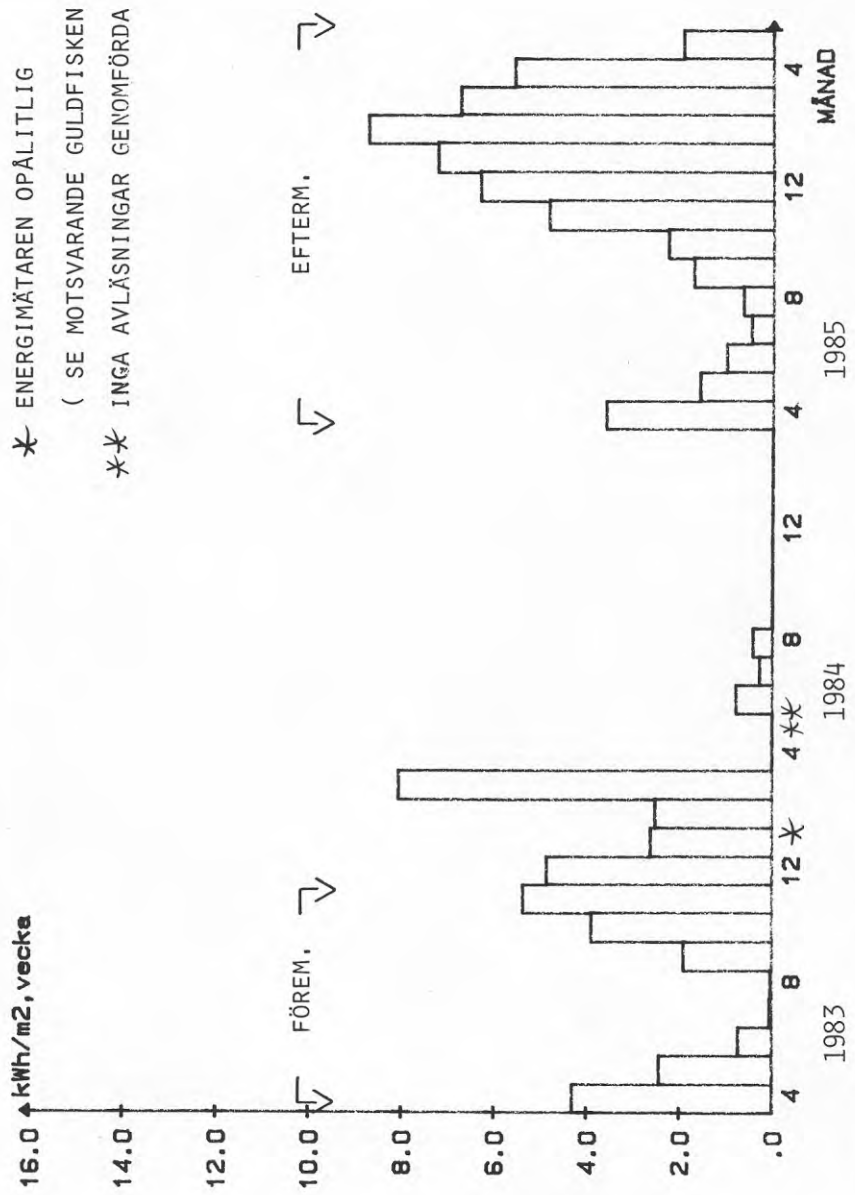
GULDFISKEN 8, UC1, ENERGIFÖRBRUKNINGEN APRIL 1983 - MAJ 1986

- \* ENERGIMÄTAREN OPÅLITLIG OCH GER
- DESSEMELLAN NEGATIVA VÄRDEN
- \*\* INGA AVLÄSNINGAR GENOMFÖRDA

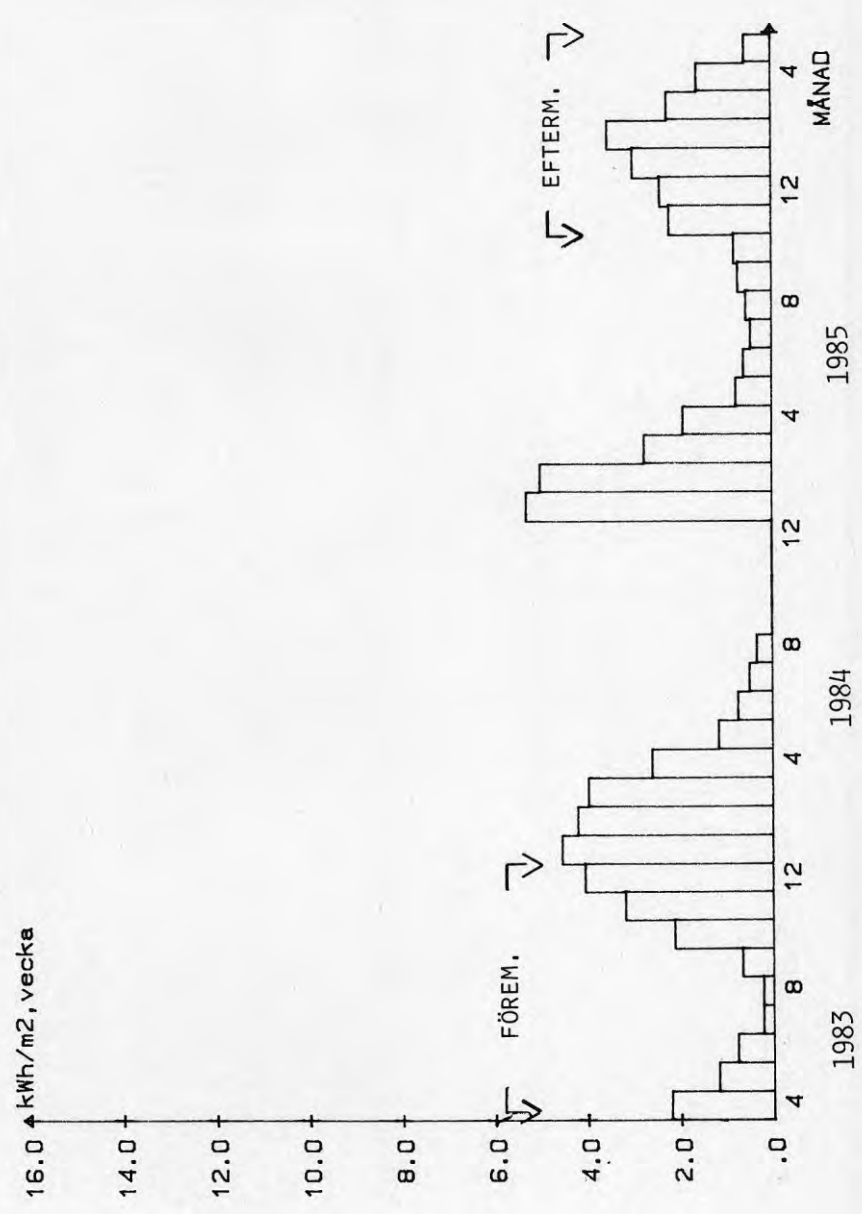


GULDFISKEN 8, UC2, ENERGI FÖRBRUKNINGEN APRIL 1983 - MAJ 1986

- \* ENERGI MÄTAREN OPÄLITTLIG
- ( SE MOTSVARANDE GULDFISKEN 8, UC1 )
- \*\* INGA AVLÄSNINGAR GENOMFÖRDA

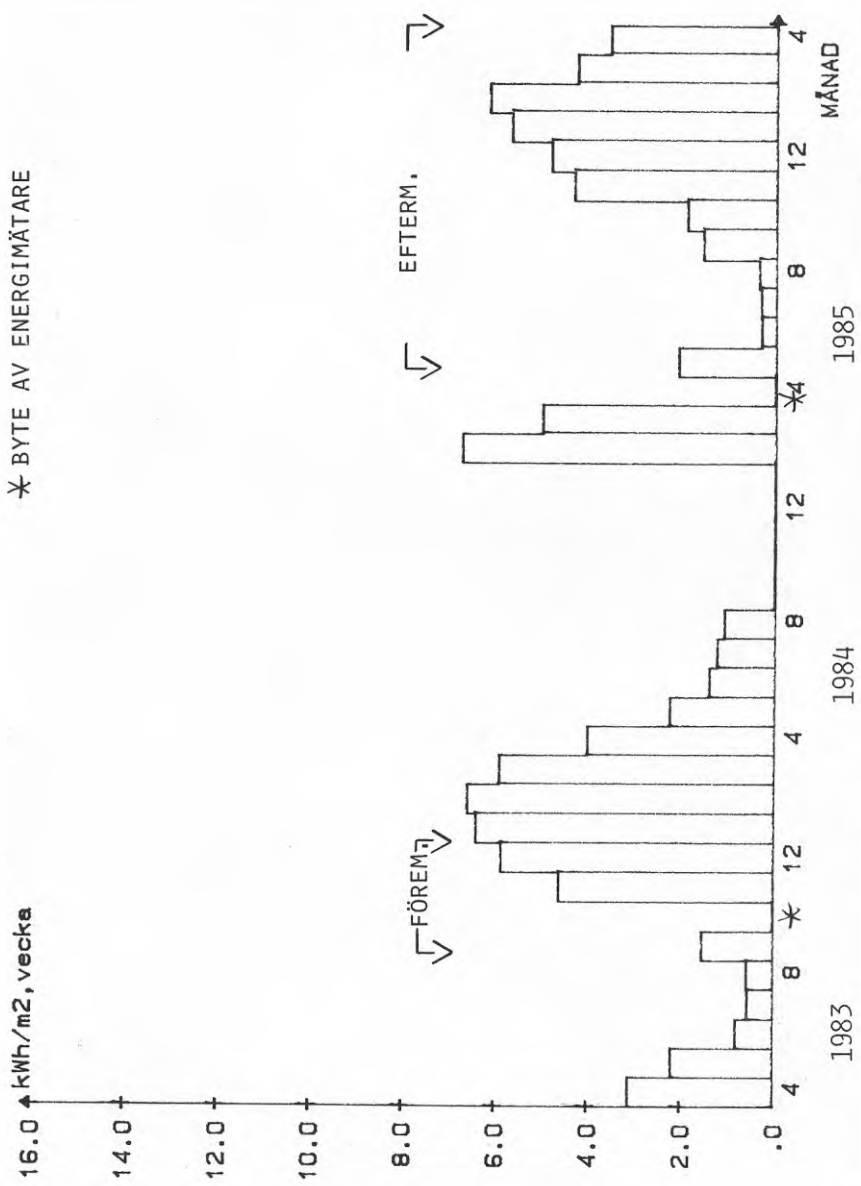


STORA BOMMEN 5, ENERGI FÖRBRUKNINGEN APRIL 1983 - MAJ 1986



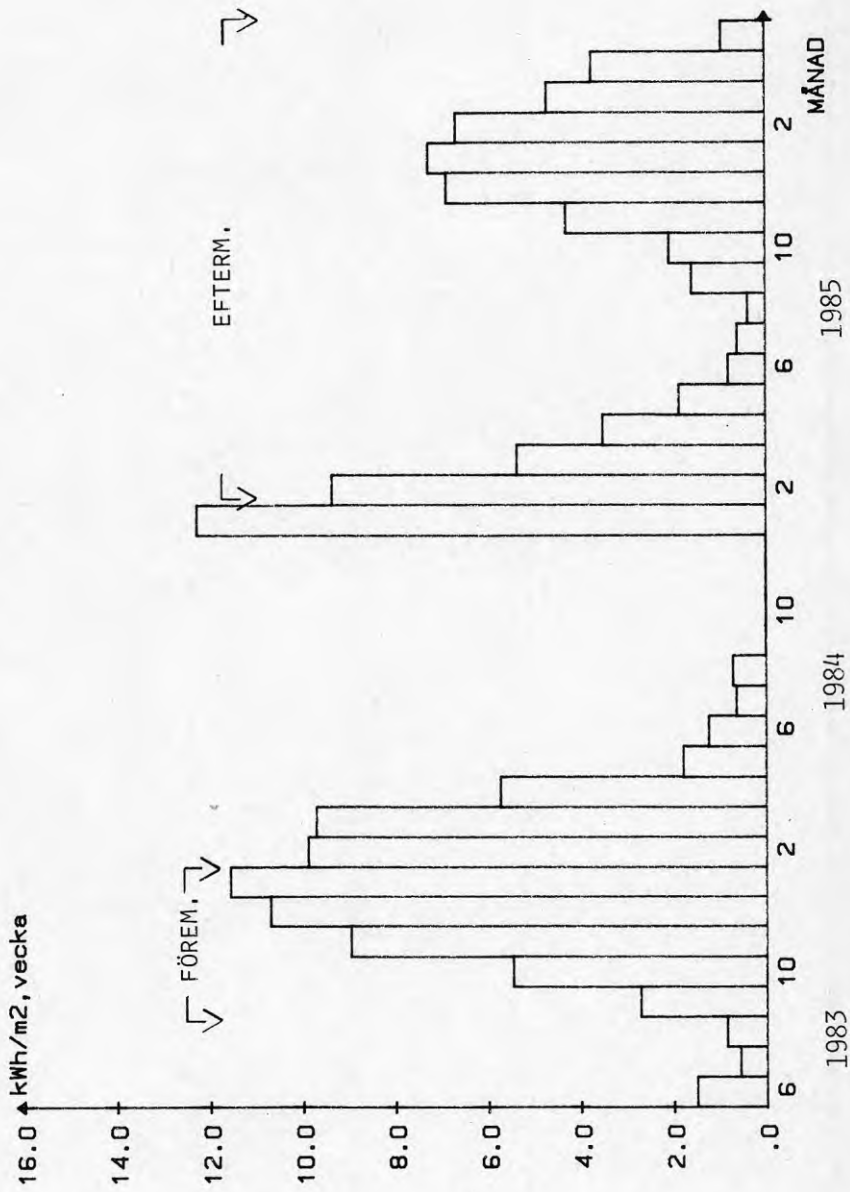
KV KÖPMANNEN, ENERGI FÖRBRUKNINGEN APRIL 1983 - APRIL 1986

\* BYTE AV ENERGIMÄTARE





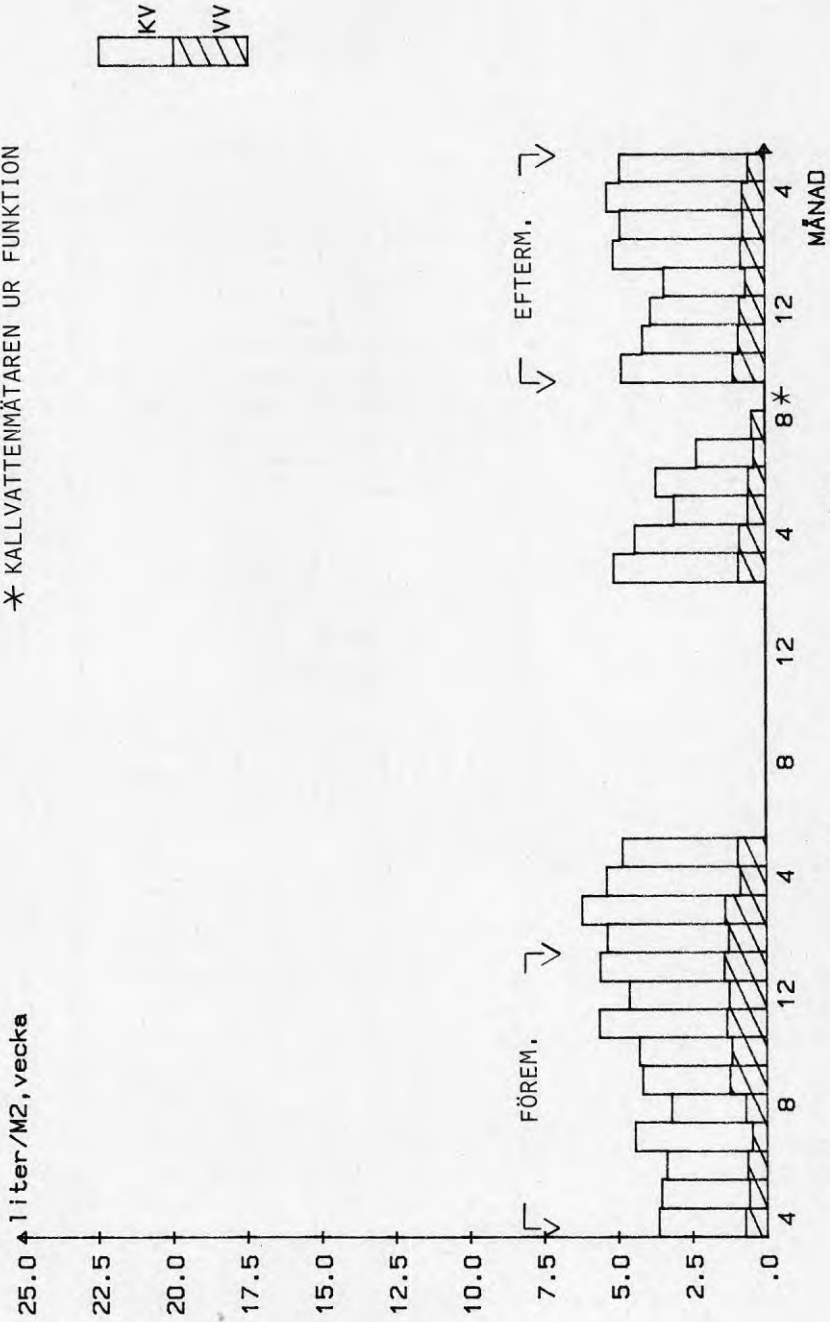
## KUNGSÅNGEN 5:13, ENERGI FÖRBRUKNINGEN JUNI 1983 - MAJ 1986



- VATTENFÖRBRUKNING

KASTELLHOLM 16, VATTENFÖRBRUKNINGEN APRIL 1983 - MAJ 1986

\* KALLVATTENMÄTAREN UR FUNKTION



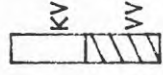
1985

1984

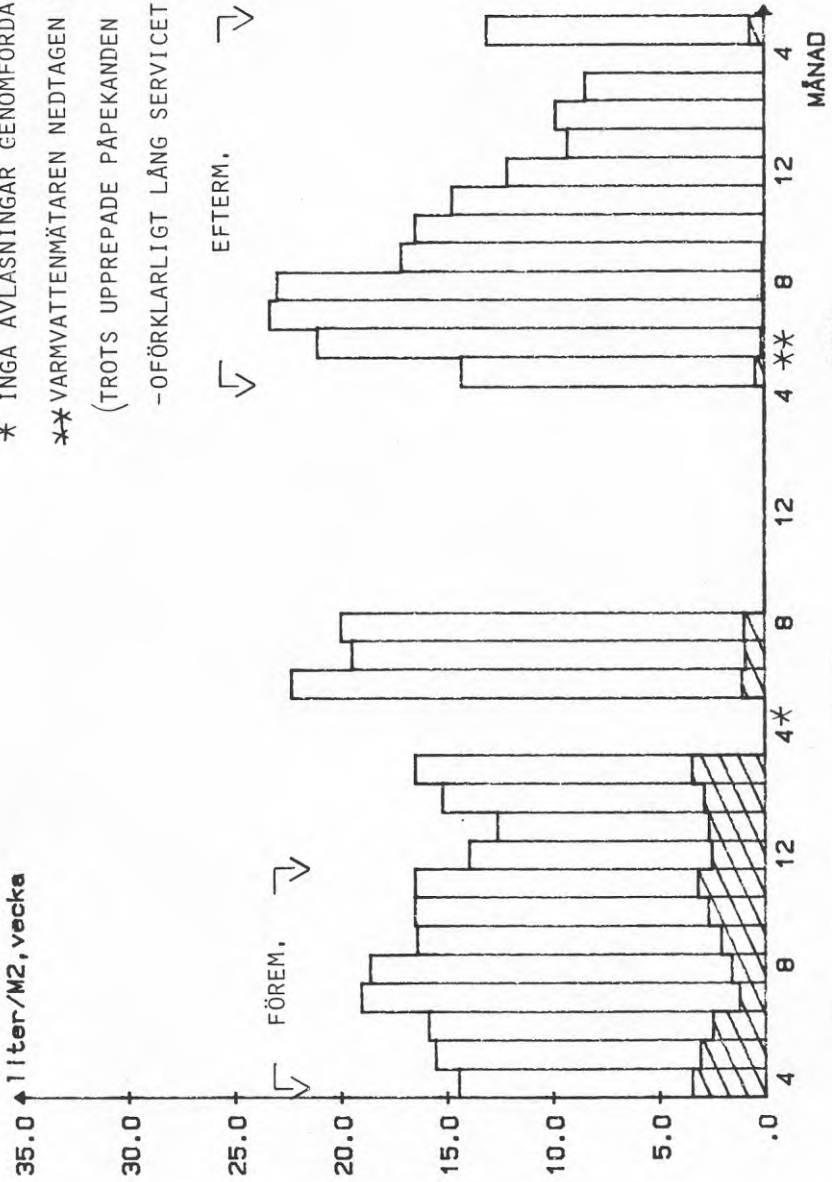
1983

GULDFISKEN 8, UC1, VATTENFÖRBRUKNINGEN APRIL 1983 - MAJ 1986

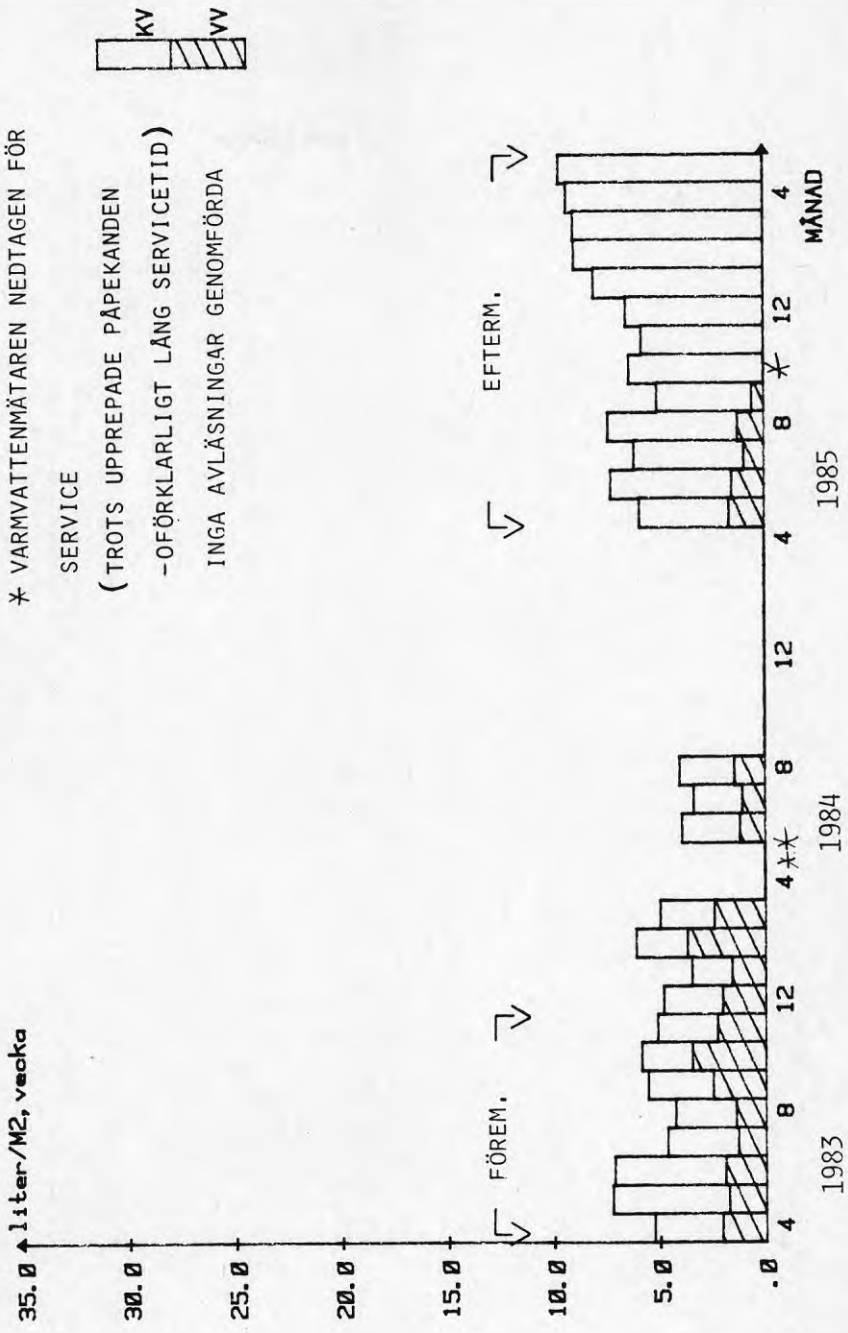
- \* INGA AVLÄSNINGAR GENOMFÖRDA
- \*\* VARMVATTENMÄTAREN NEDTAGEN FÖR SERVICE



(TROTS UPPEPADE PÅPEKANDEN  
-OFÖRKLARLIGT LÅNG SERVICE-TID)

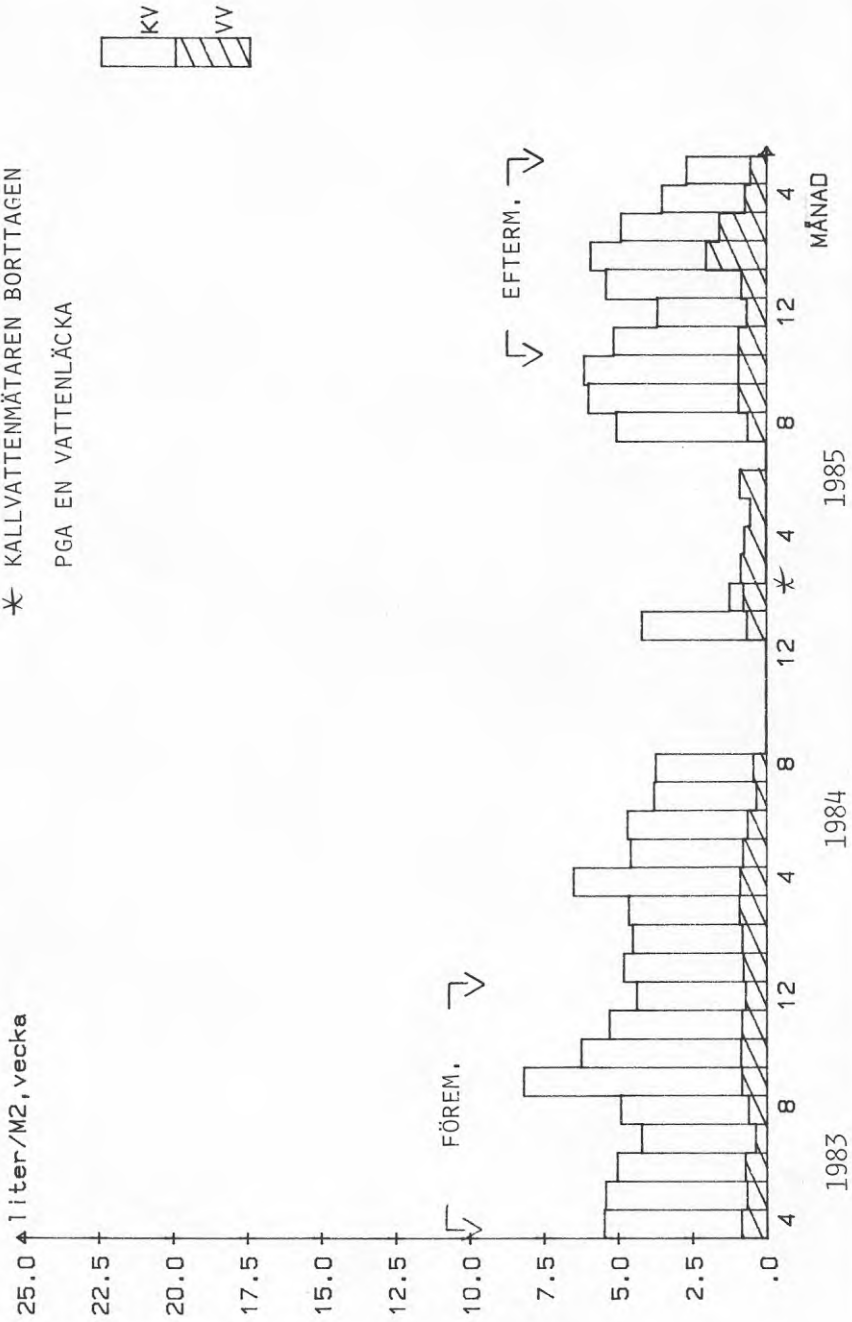


GULDFISKEN 8, UC2, VATTENFÖRBRUKNINGEN APRIL 1983 - MAJ 1986

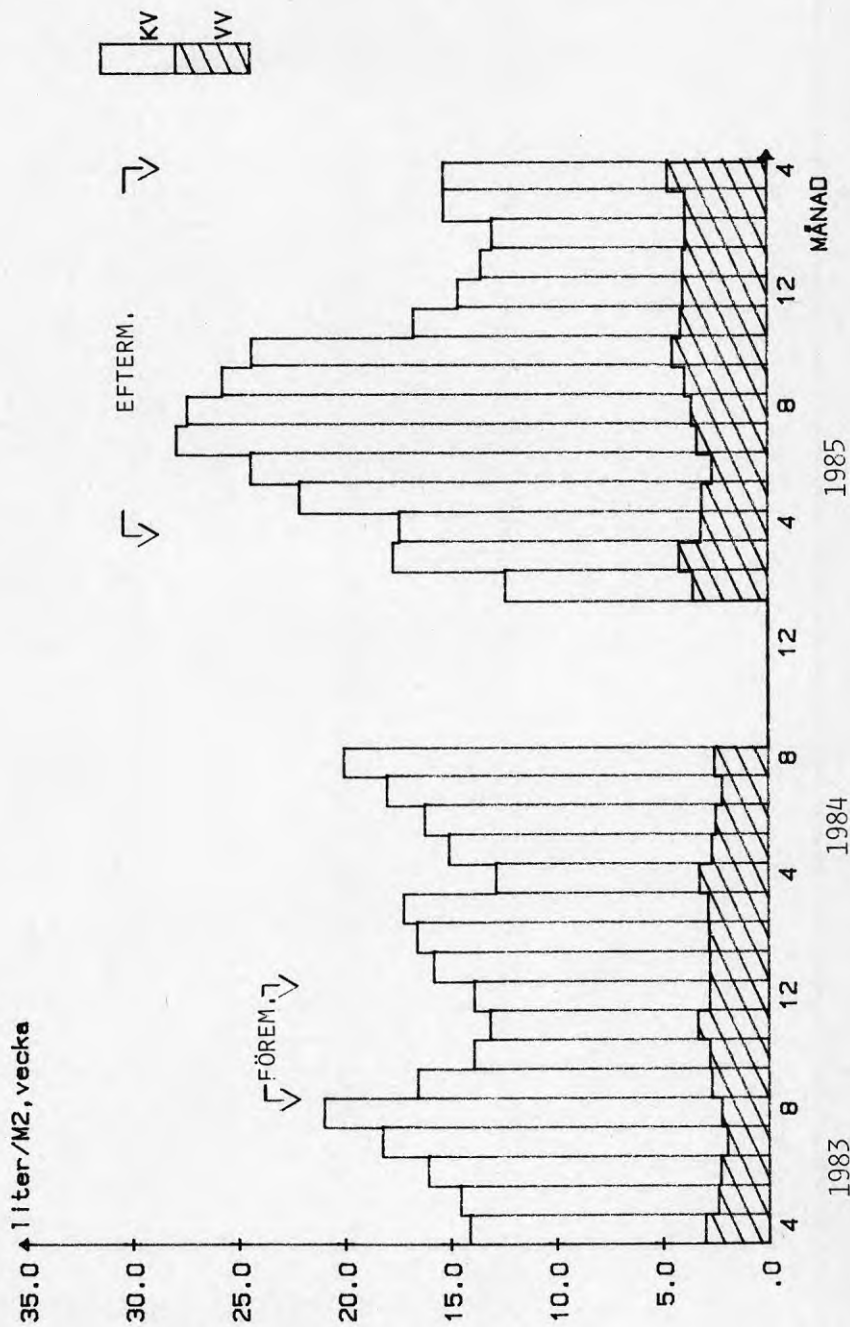


STORA BOMMEN 5, VATTENFÖRBRUKNINGEN APRIL 1983 - MAJ 1986

\* KALLVATTENMÄTAREN BORTTAGEN  
 PGA EN VATTENLÄCKA



KV KÖPMANNEN, VATTENFÖRBRUKNINGEN APRIL 1983 - APRIL 1986



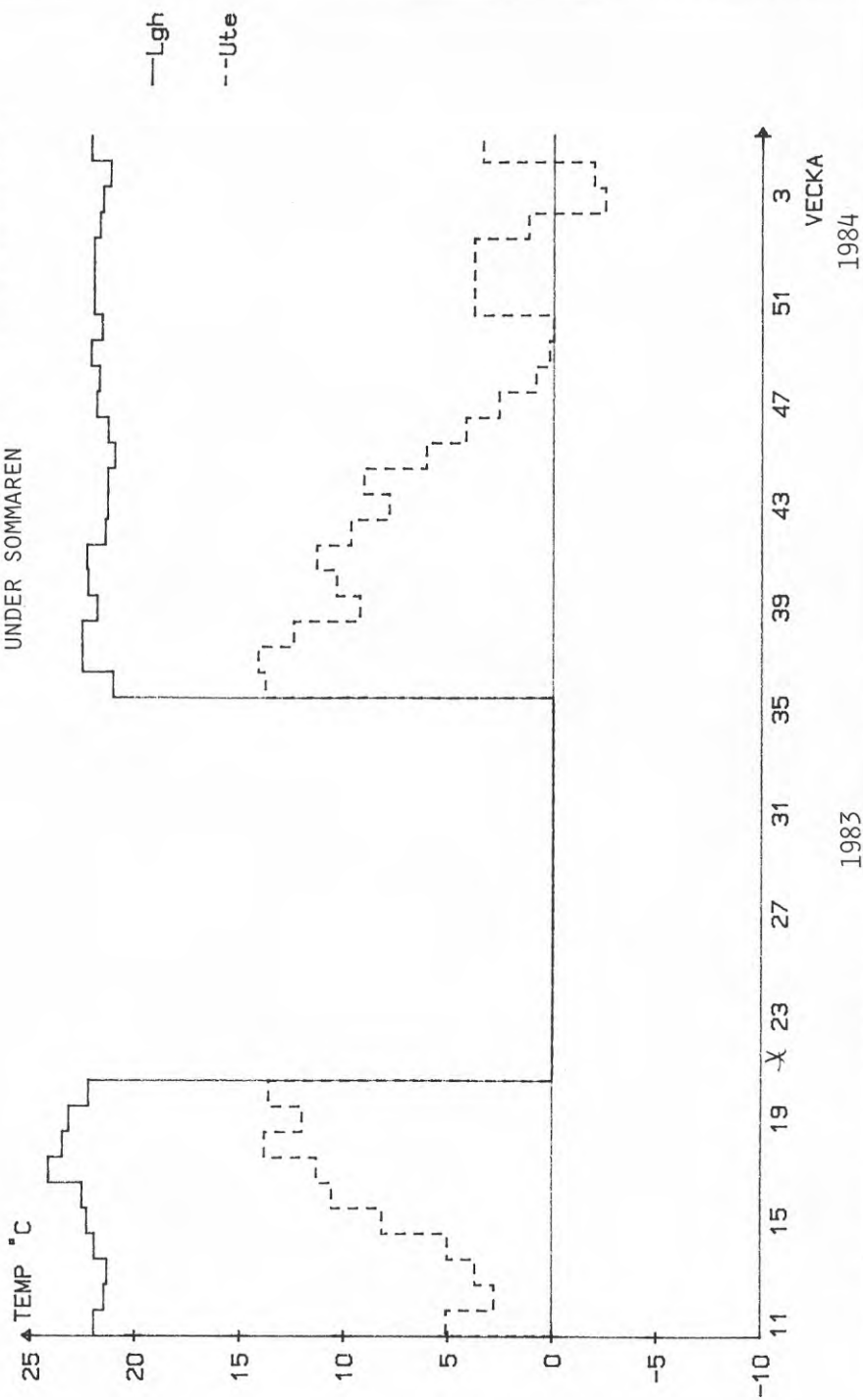




- INOM- OCH UTOMHUSTEMPERATURER

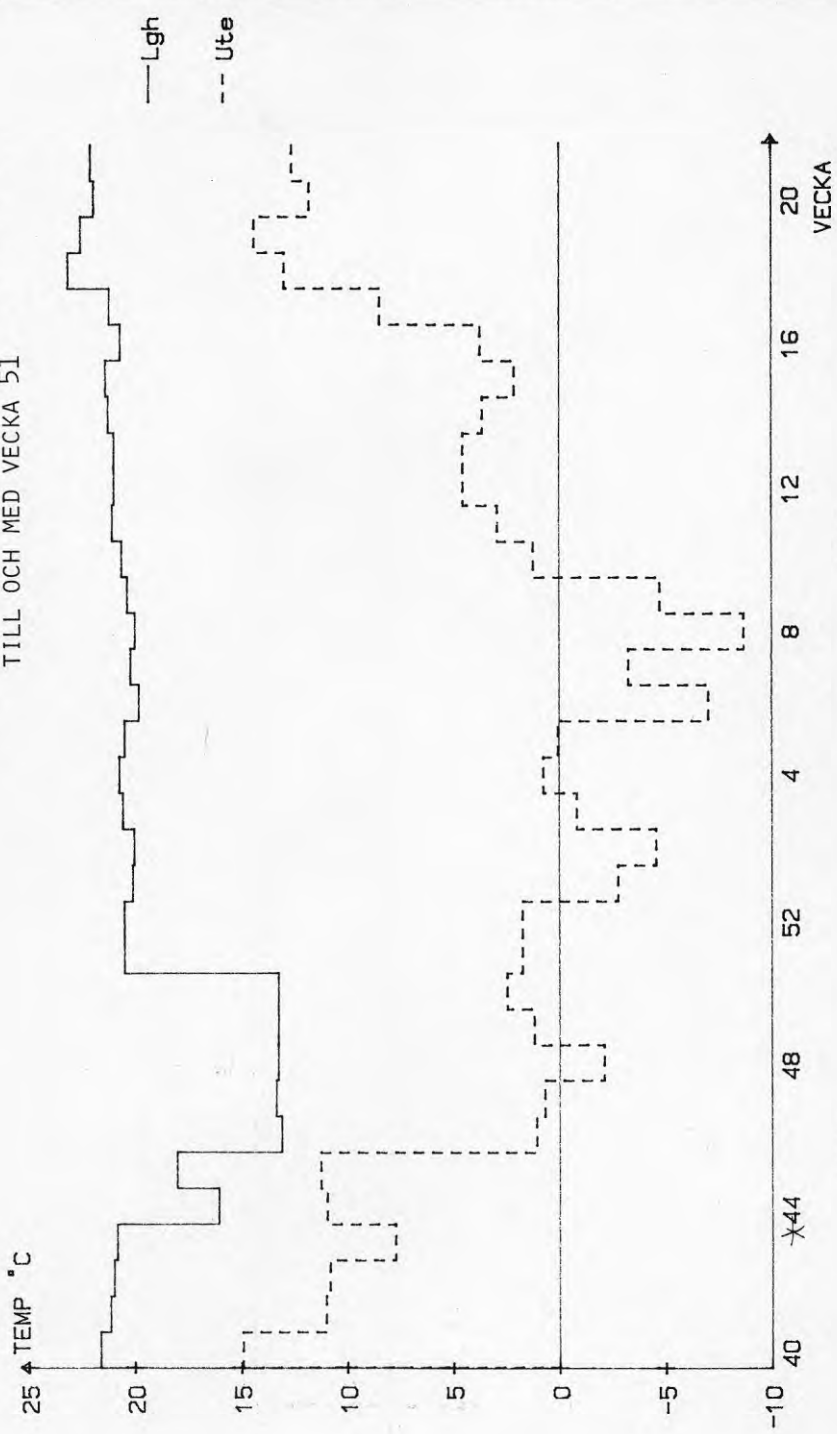
# KASTELLHOLM 16, INOM- OCH UTMOMHUSTEMPERATURER, FÖRE ÅTGÄRDER

\* INGA TEMPERATURAVLÄSNINGAR GENOMFÖRDA UNDER SOMMAREN



KASTELLHOLM 16, INOM- OCH UTMOMHUSTEMPERATURER, EFTER ÅTGÄRDER

\* MÄTBOXAR UR FUNKTION UNDER VECKA 44  
TILL OCH MED VECKA 51

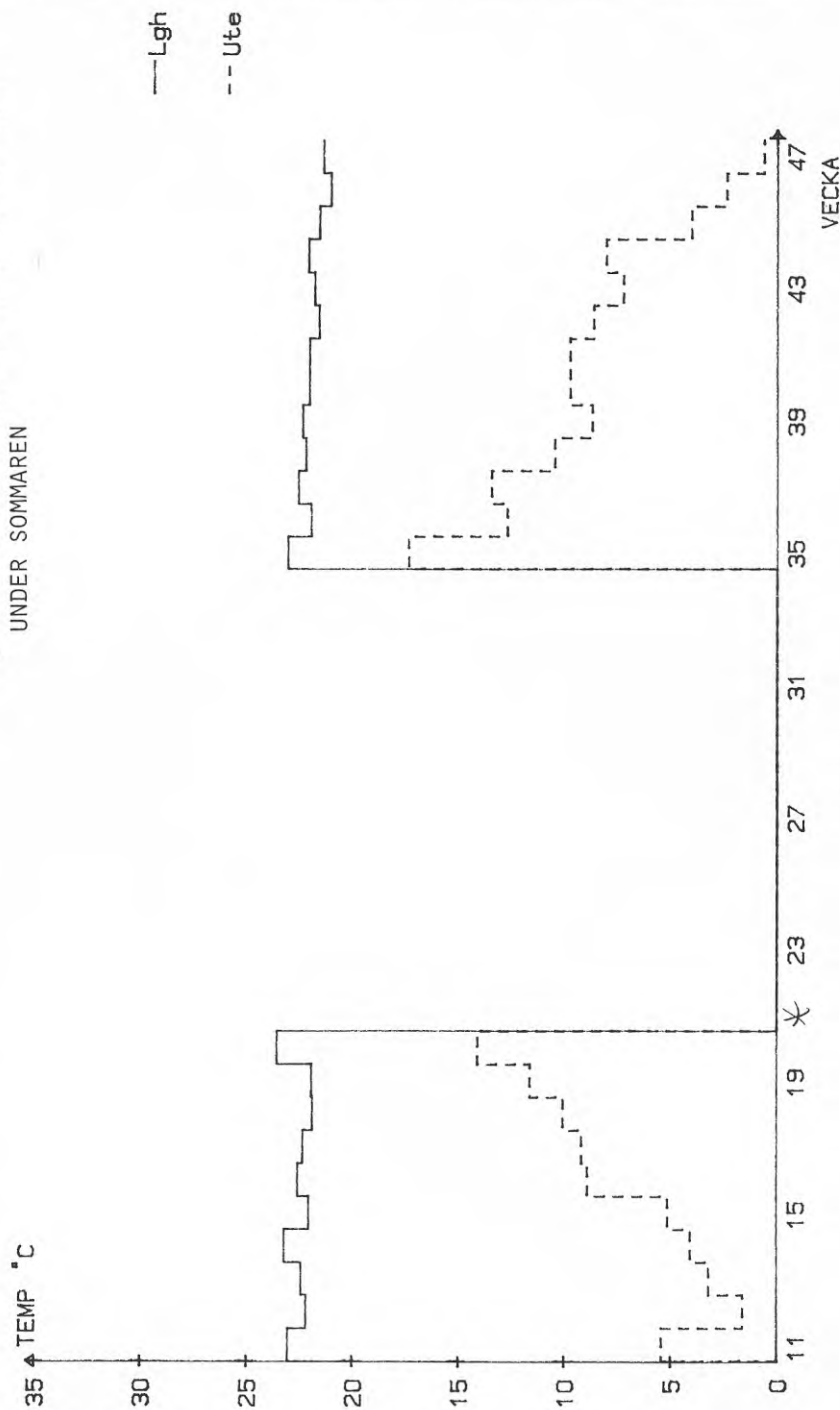


1985

1986

GULDFISKEN 8, UC1, INOM- OCH UTMUHSTEMPERATURER, FÖRE ÅTGÄRDER

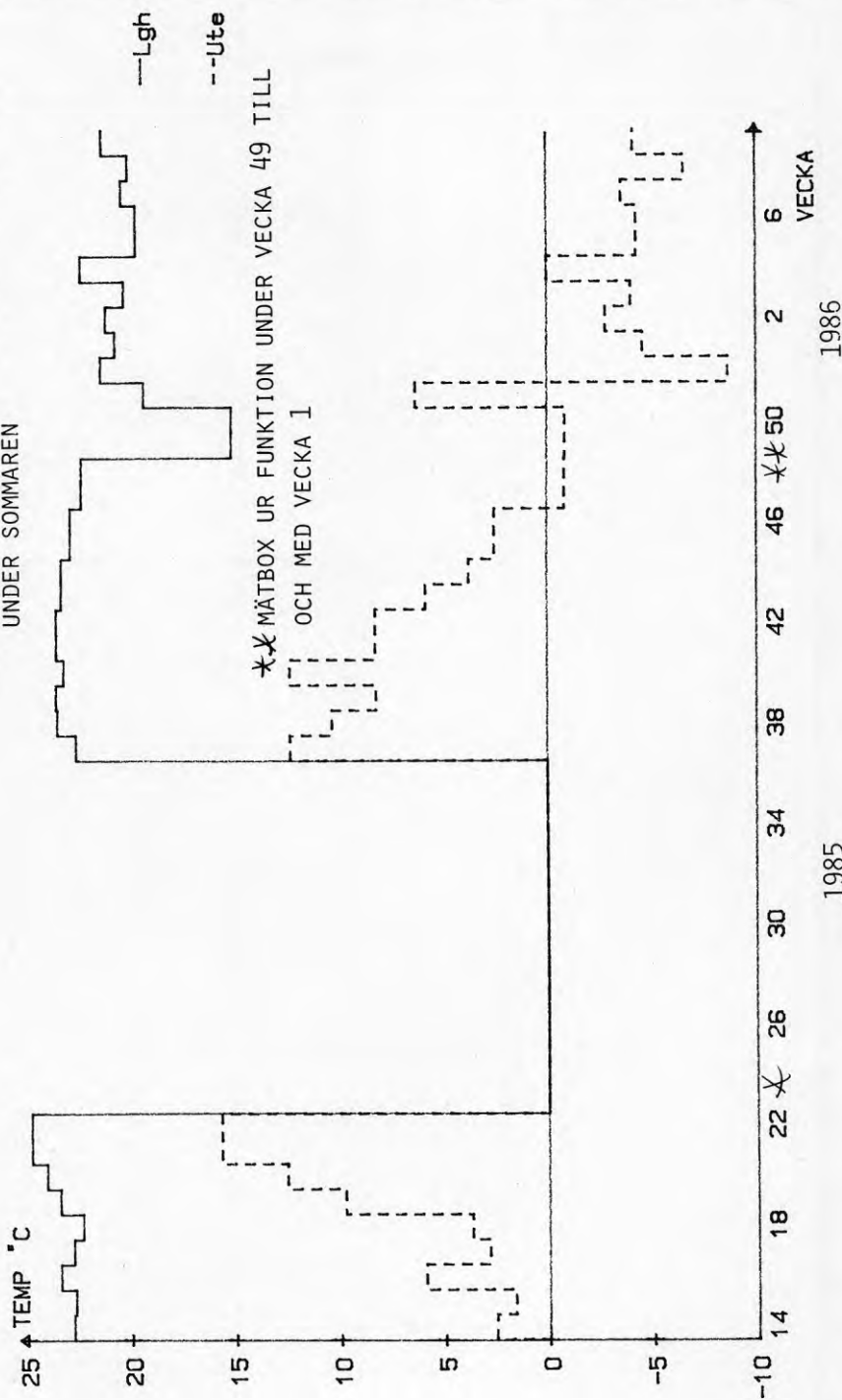
\* INGA TEMPERATURAVLÄSNINGAR GENOMFÖRDA UNDER SOMMAREN



1983

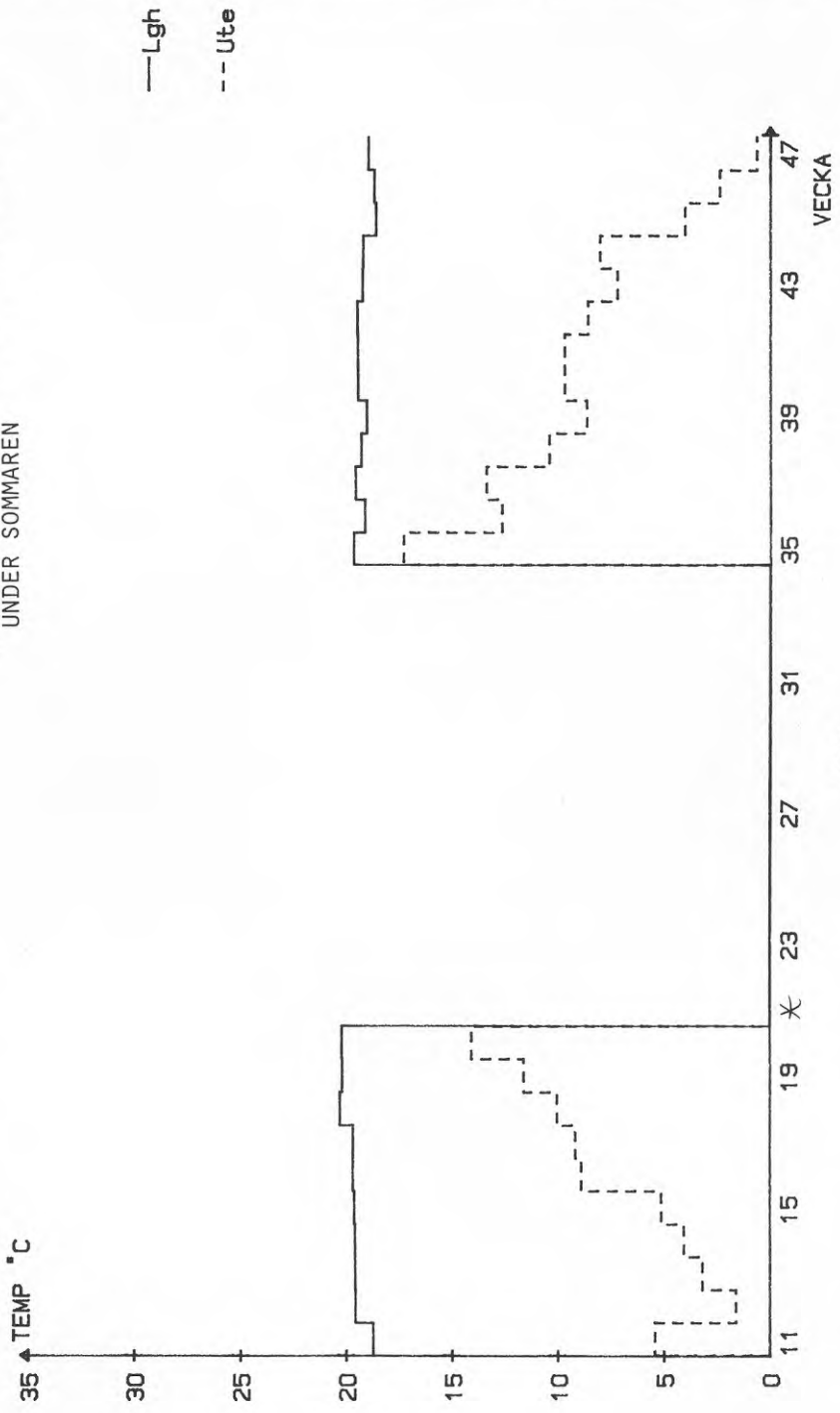
GULDFISKEN 8, UC1, INOM- OCH UTMOMHUSTEMPERATURER, EFTER ÅTGÄRDER

\* INGA TEMPERATURAVLÄSNINGAR GENOMFÖRDA UNDER SOMMAREN



### GULDFISKEN 8, UC2, INOM- OCH UTMOMHUSTEMPERATURER, FÖRE ÅTGÄRDER

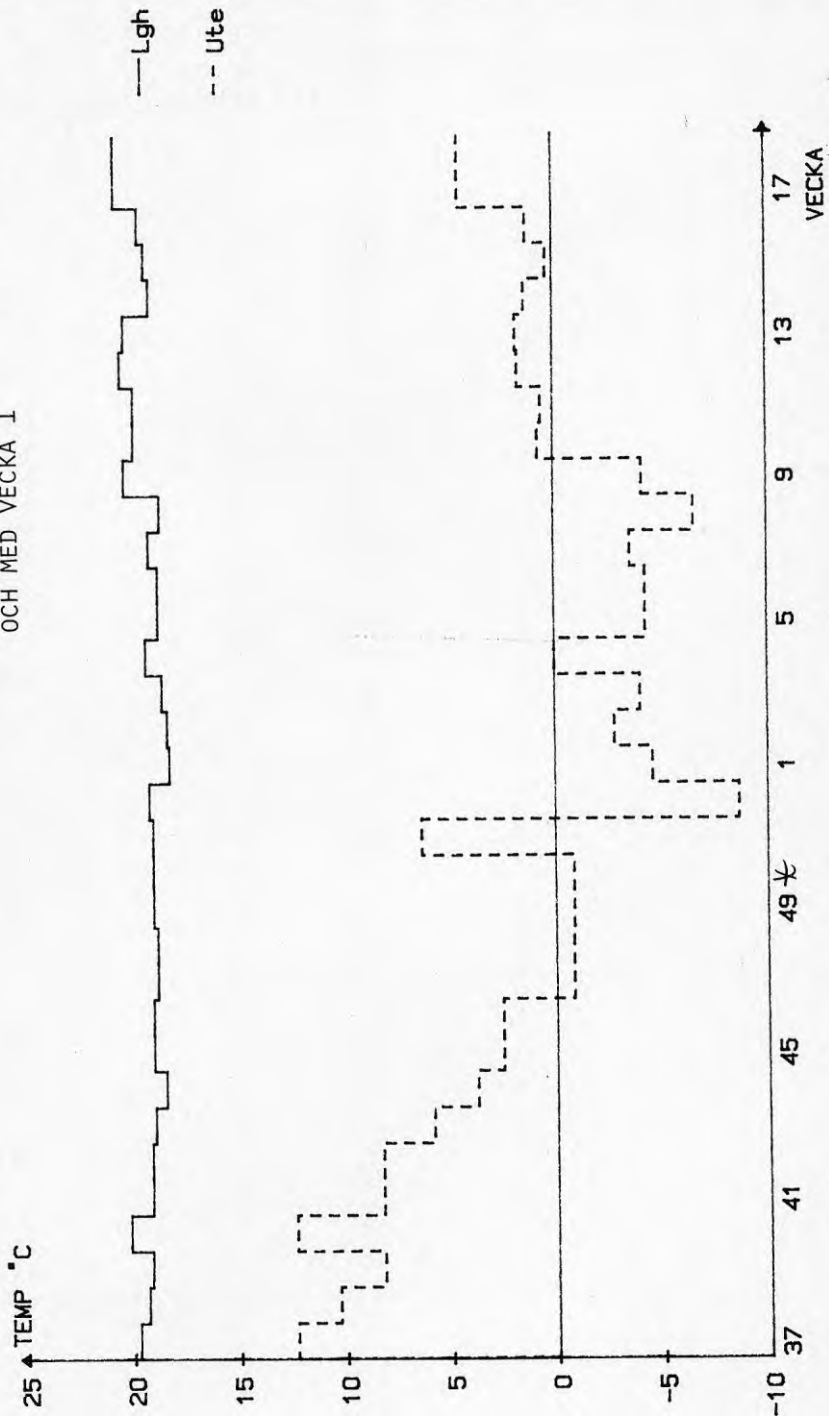
\* INGA TEMPERATURAVLÄSNINGAR GENOMFÖRDA UNDER SOMMAREN



1983

### GULDFISKEN 8, UC2, INOM- OCH UTMUHSTEMPERATURER, EFTER ÅTGÄRDER

\* MÄTBOX UR FUNKTION UNDER VECKA 51 TILL  
OCH MED VECKA 1

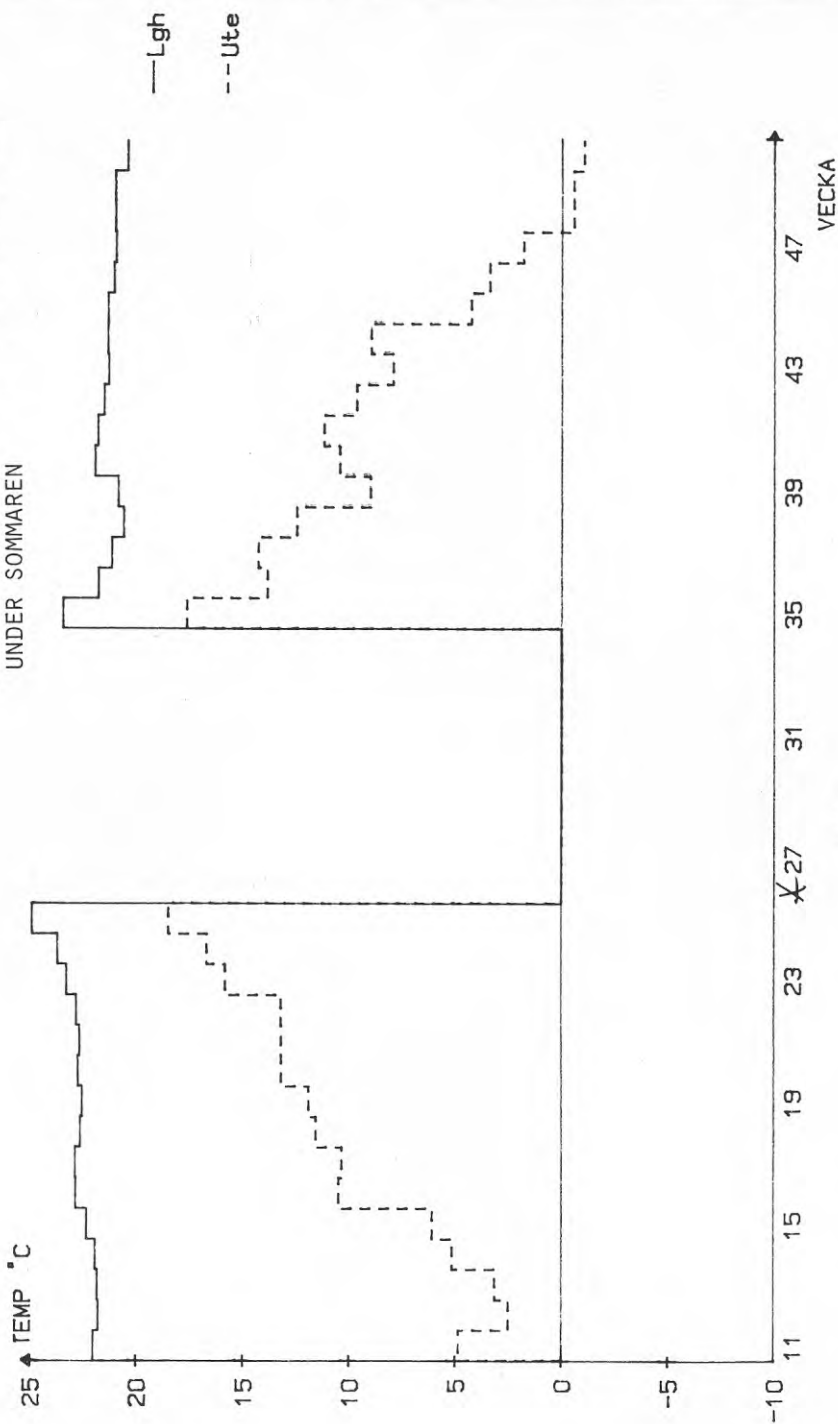


1986

1985

## STORA BOMMEN 5, INOM- OCH UTMOMHUSTEMPERATURER, FÖRE ÅTGÄRDER

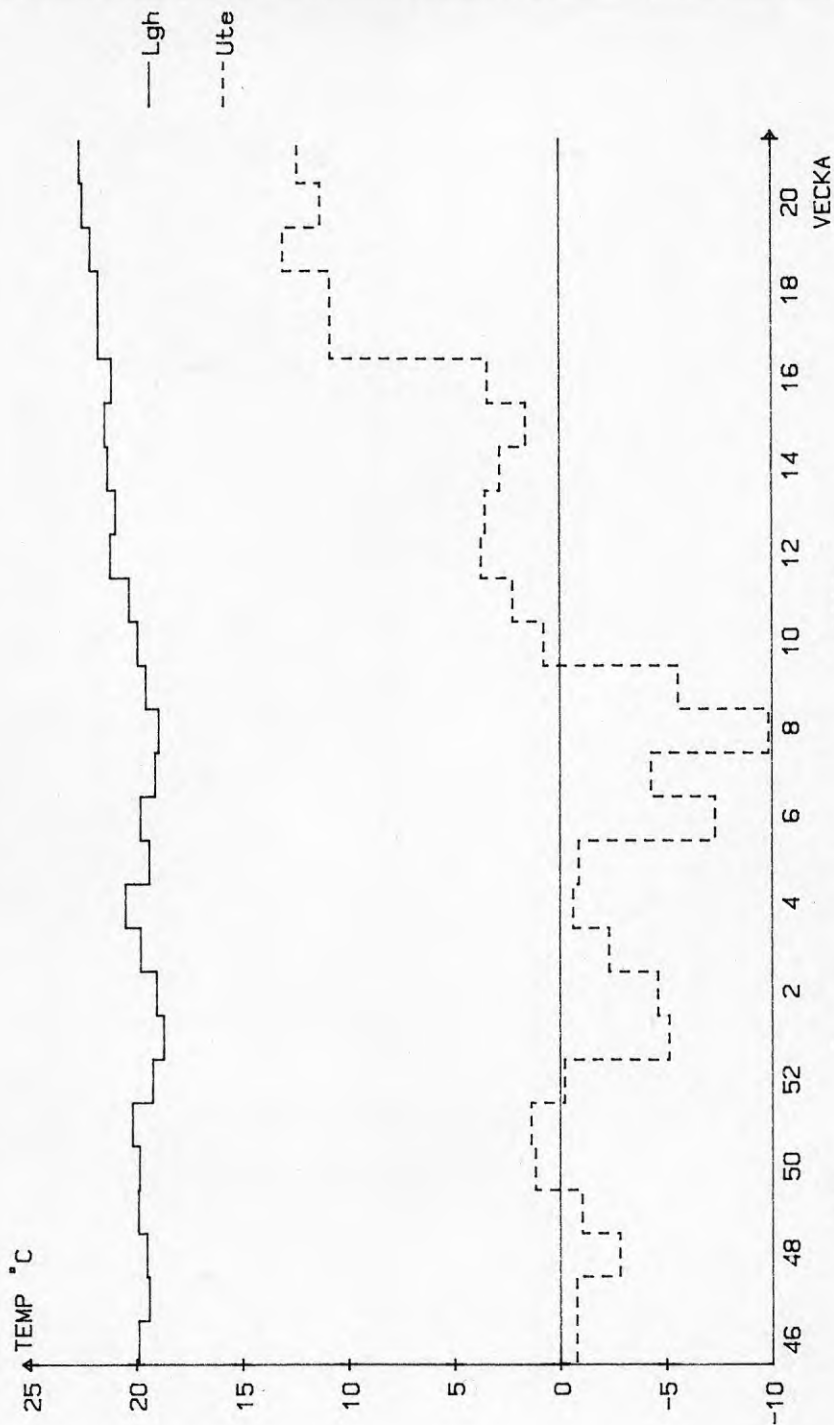
✕INGA TEMPERATURAVLÄSNINGAR GENOMFÖRDA  
UNDER SOMMAREN



1983



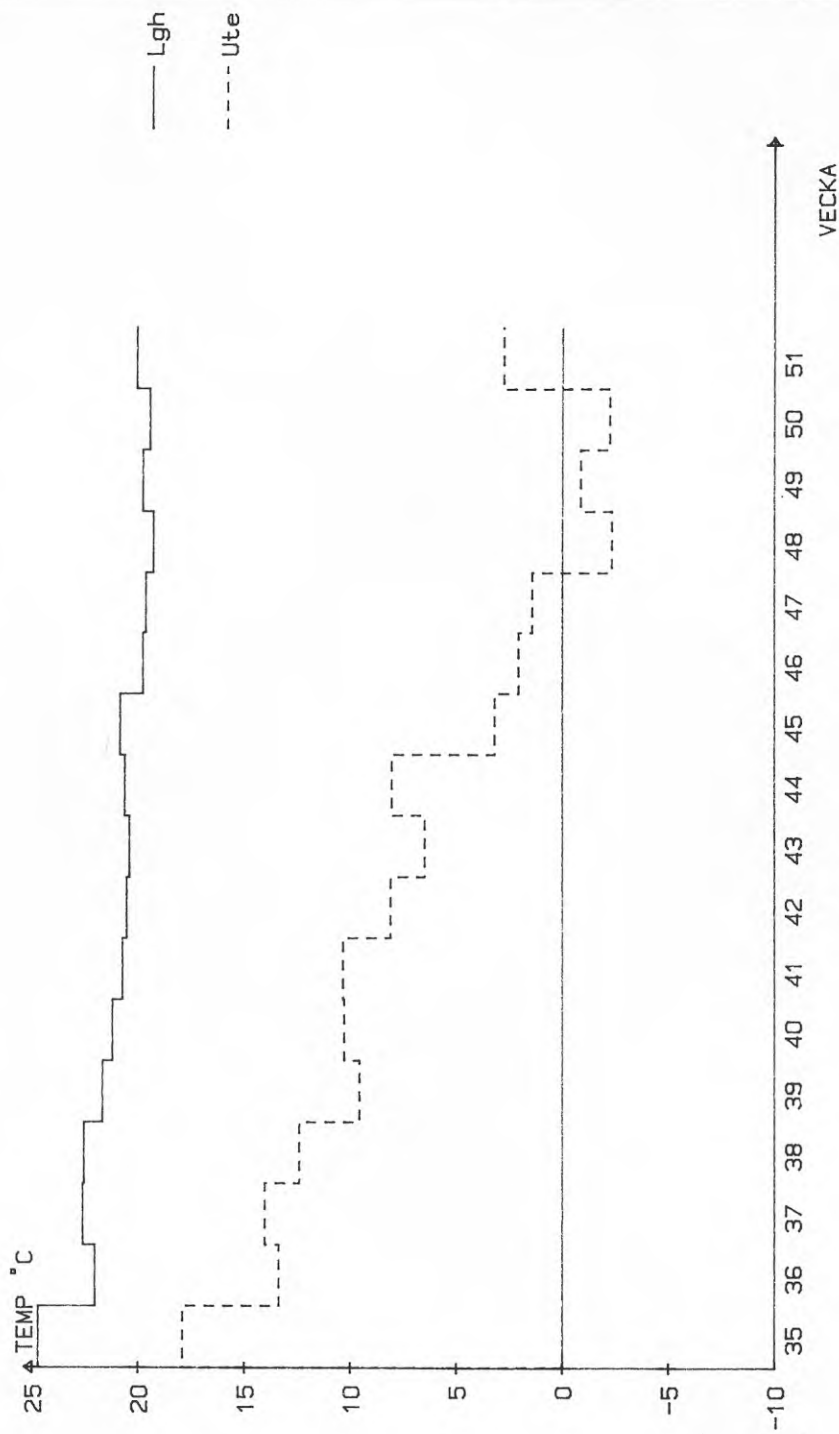
STORA BOMMEN 5, INOM- OCH UTMUHSTEMPERATURER, EFTER ÅTGÄRDER



1986

1985

## KV KÖPMANNEN, INOM- OCH UTMOMHUSTEMPERATURER, FÖRE ÅTGÄRDER

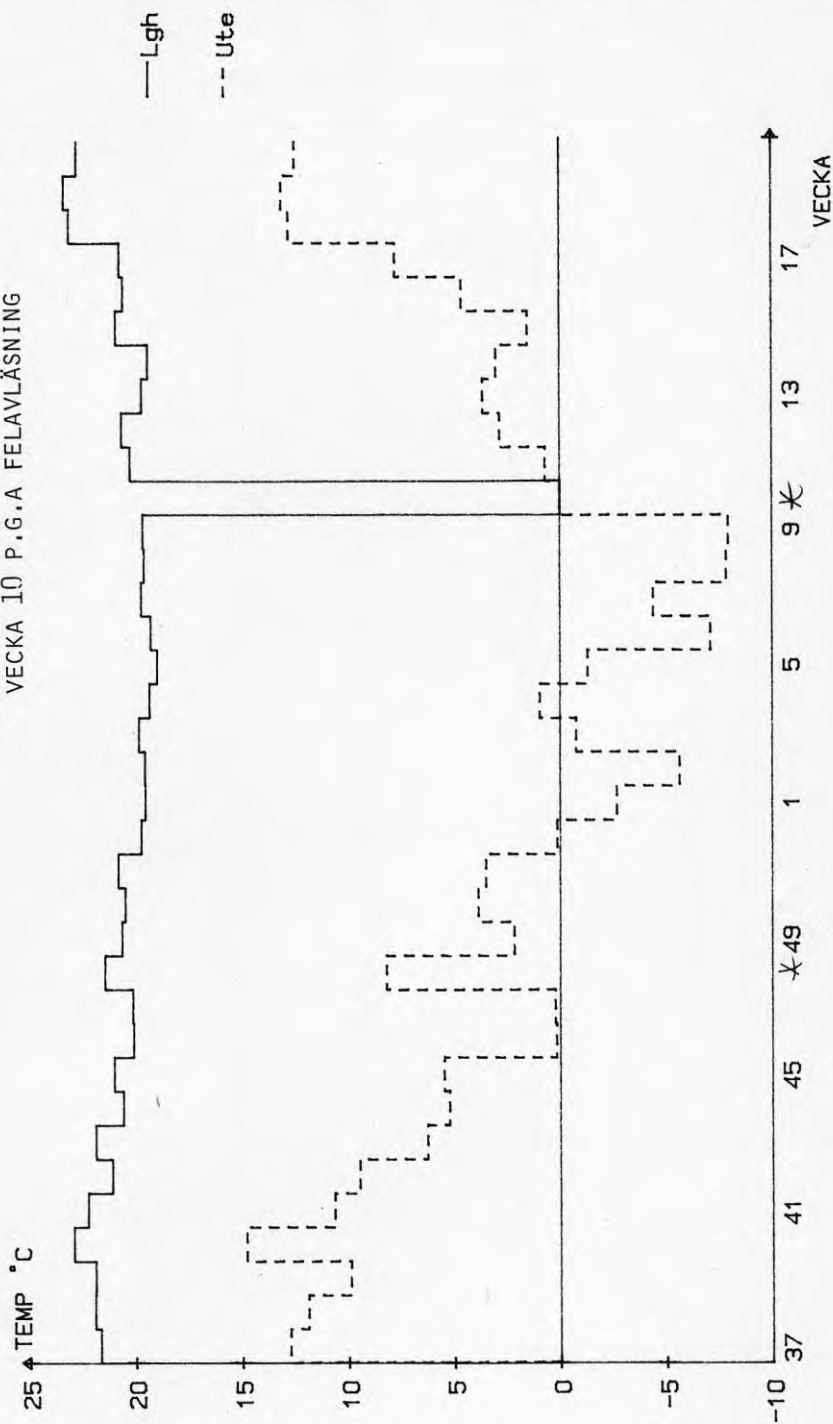


1983

BDAB - ENERGY ANALYSIS GROUP

KV KÖPMANNEN, INOM- OCH UTMOMHUSTEMPERATURER, EFTER ÅTGÄRDER

✱ FELAKTIGA MÄTVÄRDEN UNDER VECKA 48 RESP. VECKA 10 P.G.A FELAVLÄSNING



1986

1985

## KUNGSÅNGEN 5:13, INOM- OCH UTMOMHUSTEMPERATURER, FÖRE ÅTGÄRDER

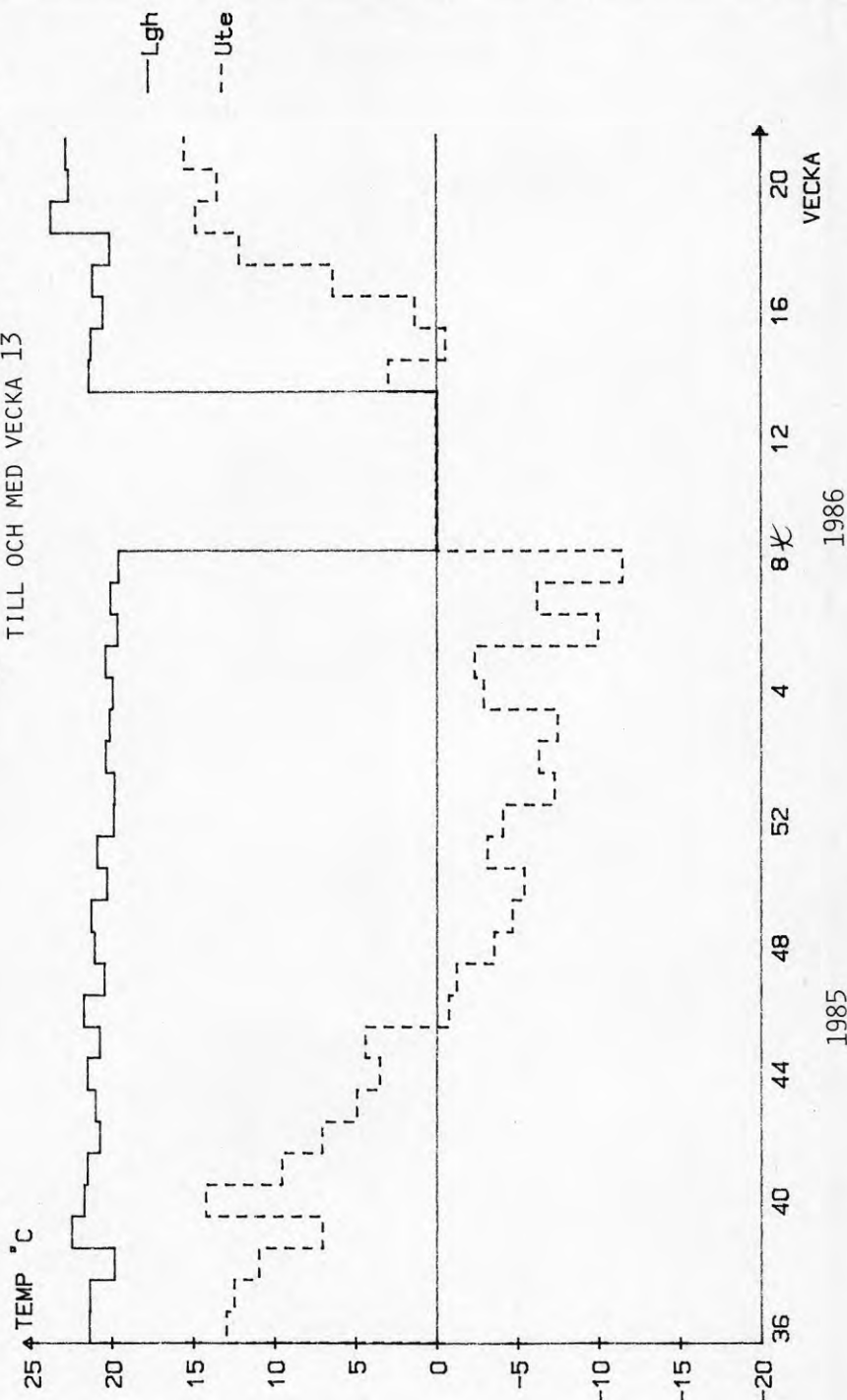


1984

1983

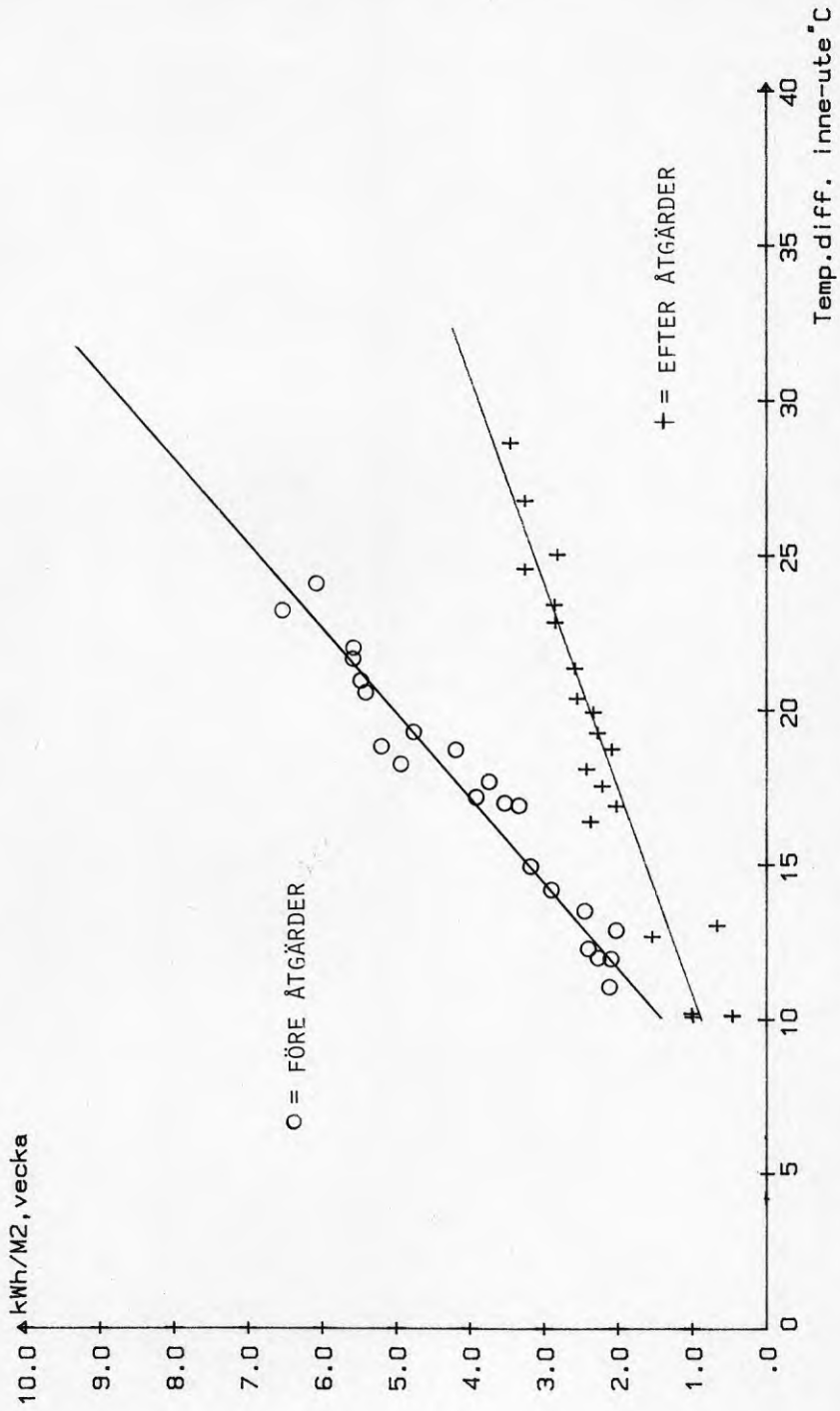
## KUNGSÅNGEN 5:13, INOM- OCH UTMOMHUSTEMPERATURER, EFTER ÅTGÄRDER

\* AVLÄSNINGSPROTOKOLL SAKNAS FÖR VECKA 9  
TILL OCH MED VECKA 13

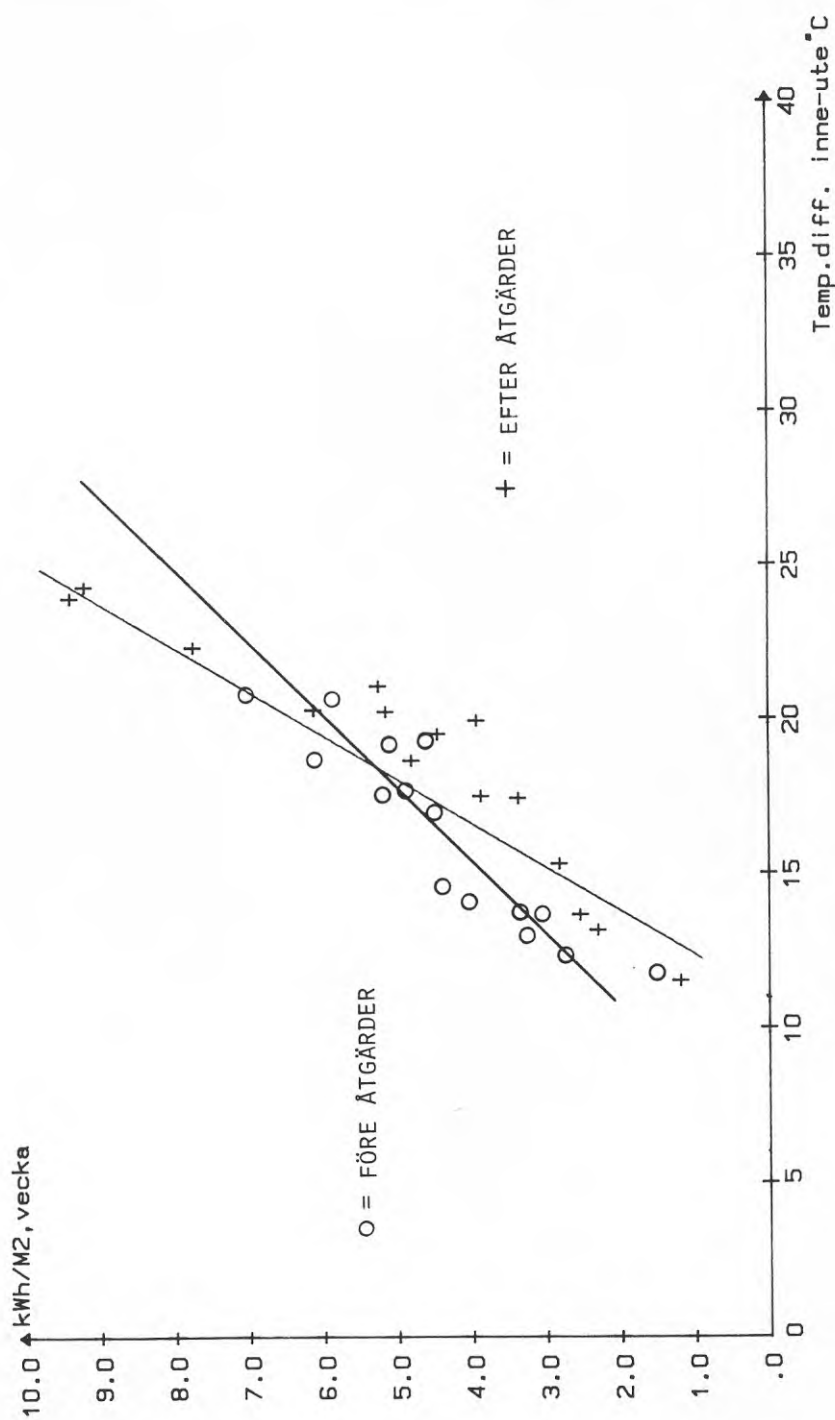


- ENERGISIGNATURER

## KASTELLHOLM 16, ENERGISIGNATUR ( EXKL. VV )

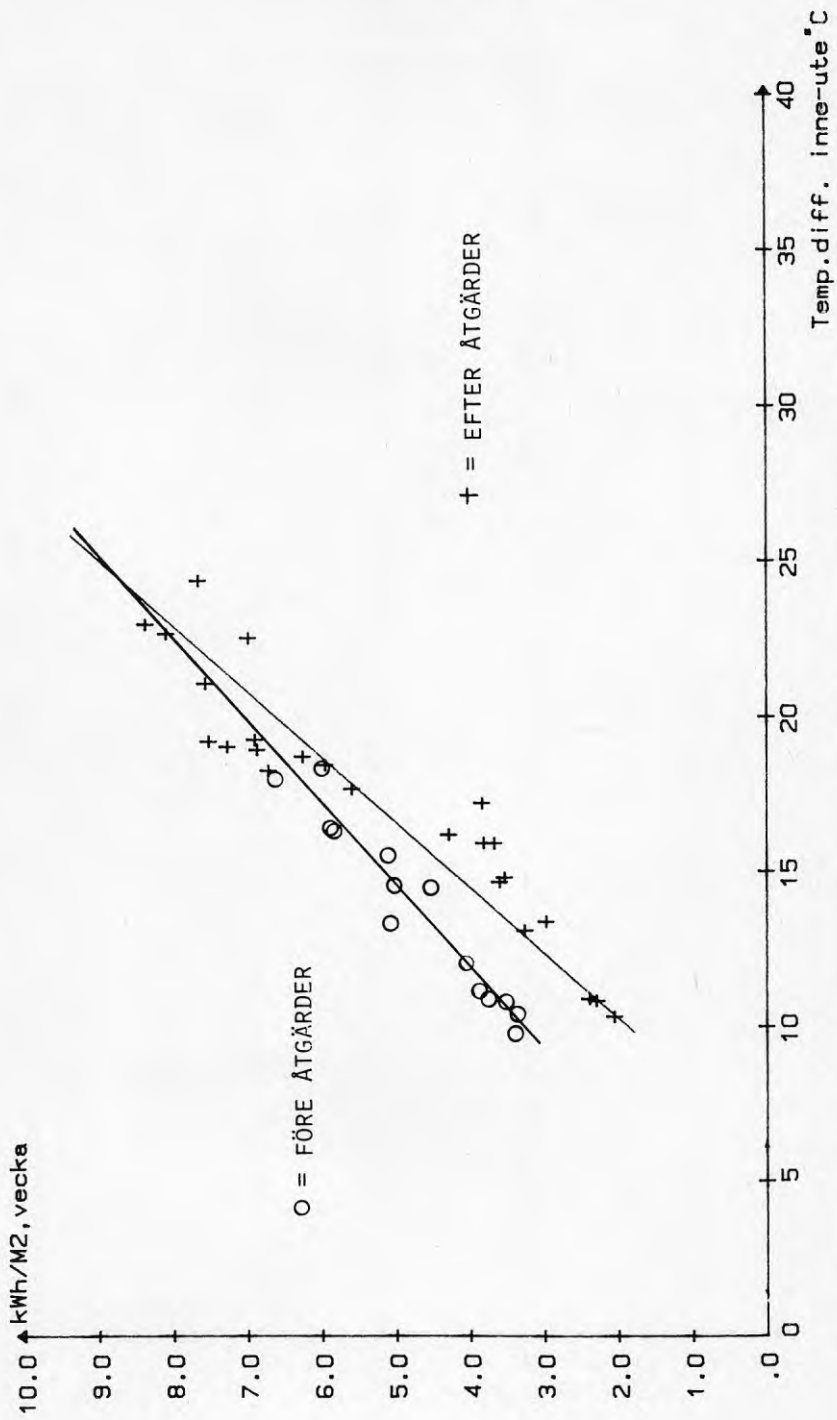


GULDFISKEN 8, UC1, ENERGISIGNATUR ( FÖRE - EXKL.VV, EFTER - INKL.VV )



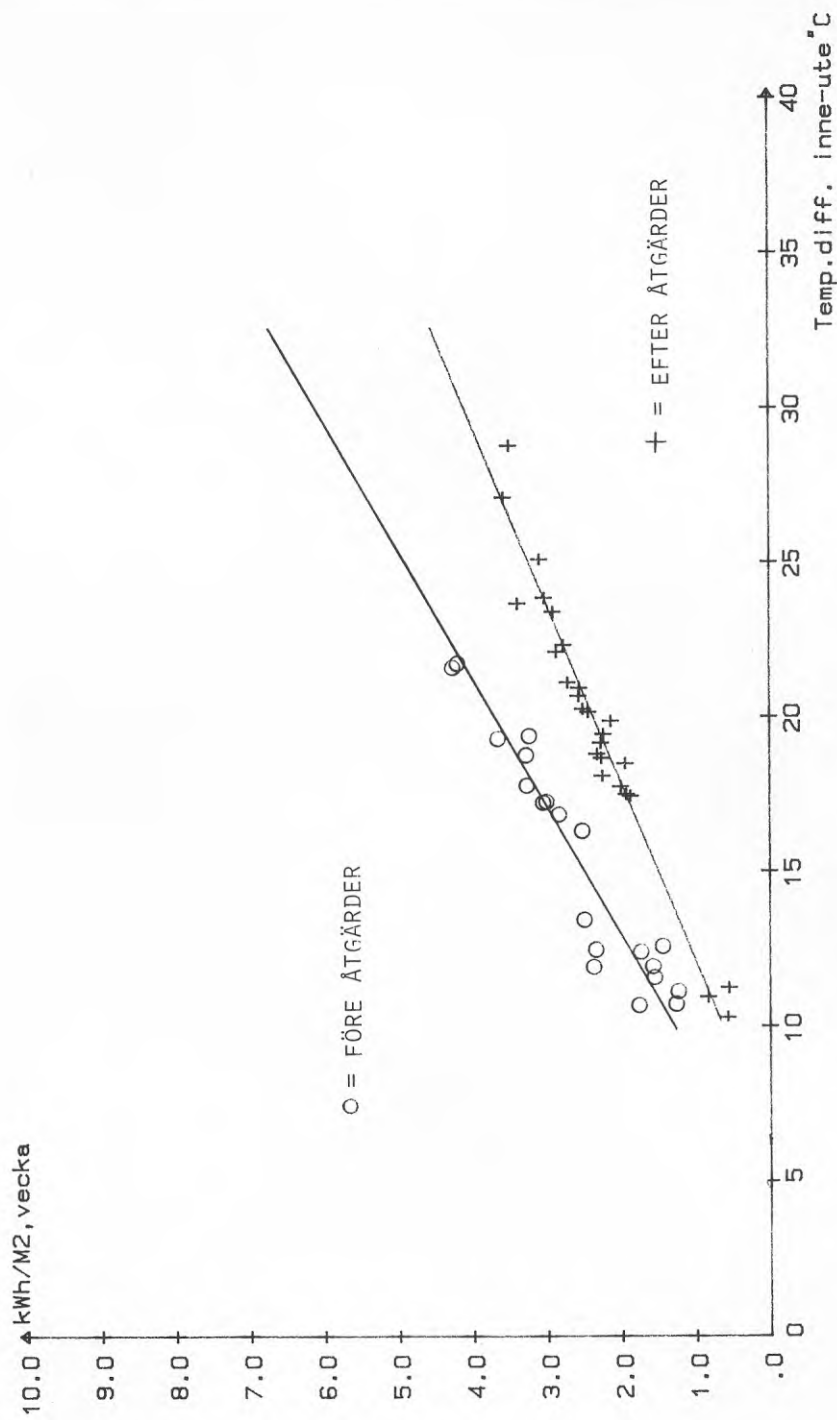


GULDFISKEN 8, UC2, ENERGISIGNATUR ( FÖRE - EXKL. VV, EFTER - INKL. VV )

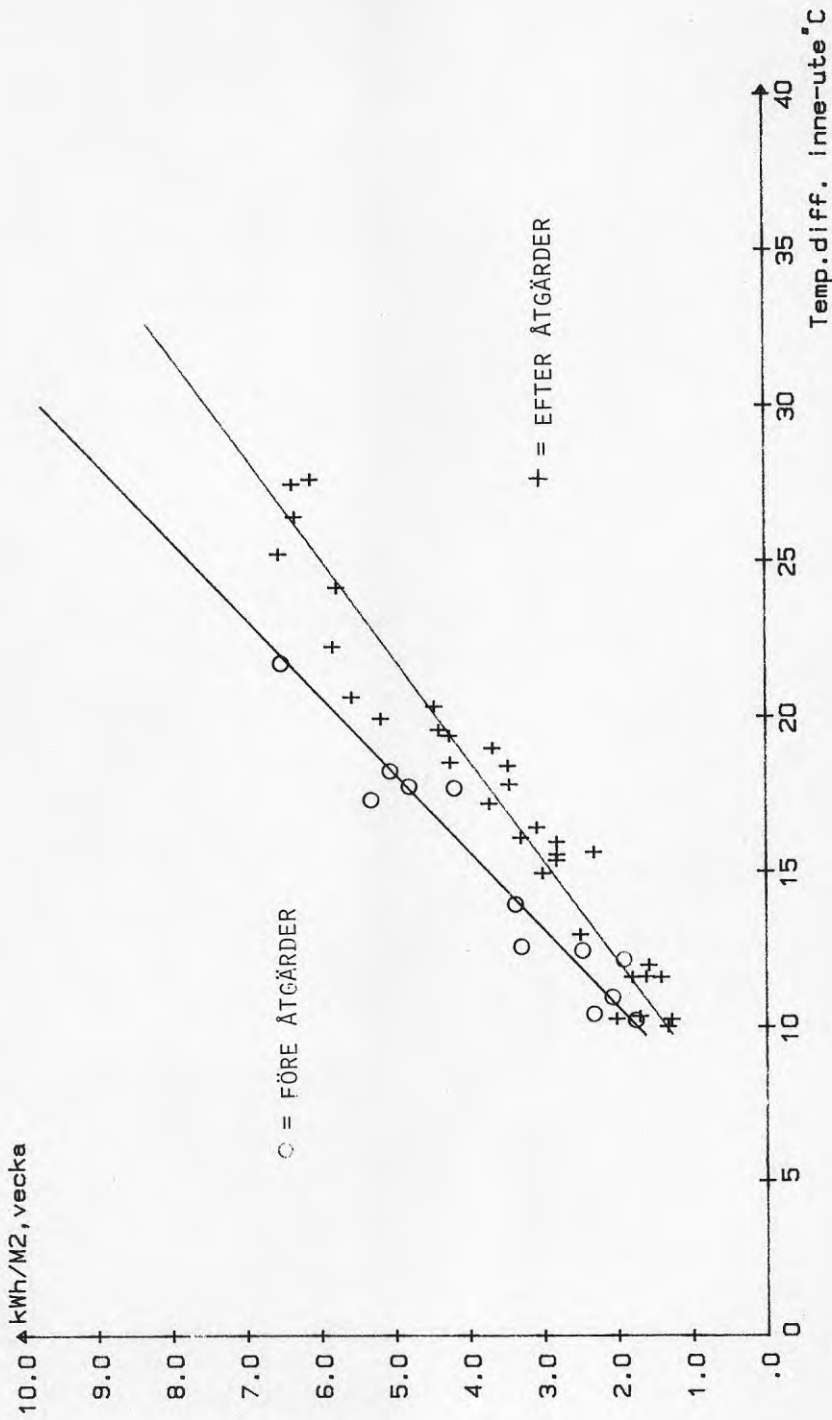


BDAB - ENERGY ANALYSIS GROUP 66

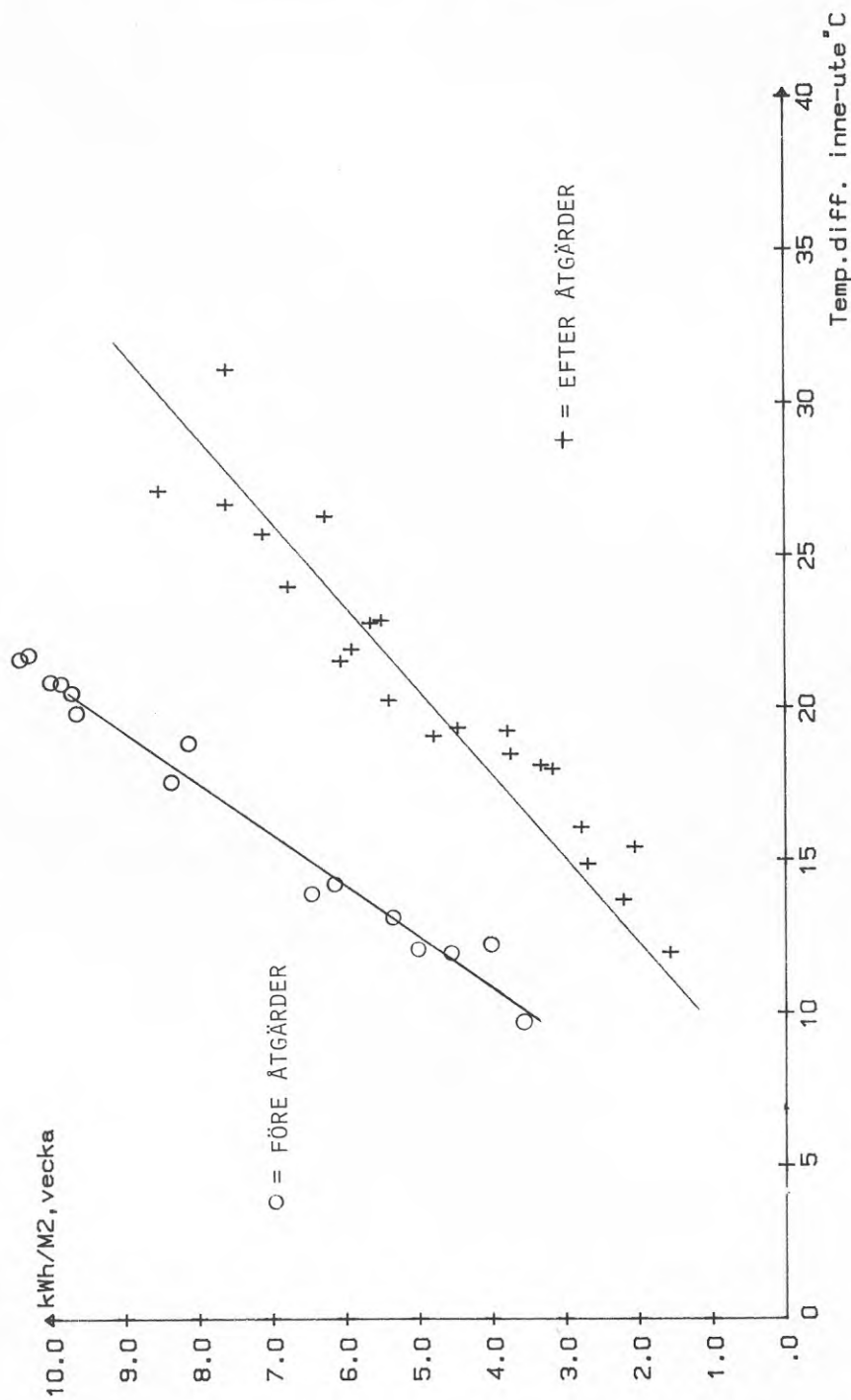
STORA BOMMEN 5, ENERGISIGNATUR ( EXKL.VV )



KV KÖPMANNEN, ENERGISIGNATUR ( EXKL.VV )



## KUNGSÅNGEN 5:13, ENERGISIGNATUR ( EXKL. VV )



- LUFTOMSÄTTNINGSTAL

Luftomsättningstal för respektive fastighet före  
och efter åtgärder

Objekt	Före åtgär- der oms/h	Efter åtgär- der oms/h
Kastellholm 16	0,38	0,57
Guldfisken 8	0,98	1,25
Stora Bommen 5, garage	1,88	0,32
Stora Bommen 5, kontor	0,53	0,31
Kv Köpmannen	1,02	0,95
Kungsängen 5:13	1,83	1,40

Tabellen avser uteluftsmängder

BILAGA 4. ENERGIBERÄKNINGAR FÖRE RESPEKTIVE  
EFTER ÅTGÄRDER

( OBSERVERA ATT BERÄKNINGSNOGGRANNHETEN  
EJ ÄR RELEVANT PÅ GRUND AV ATT INDATA  
ÄR OSÄKRA )

Karl Munther Energiforskning AB - 08/87 72 76  
 \*\*\*\* ENERGIBERÄKNING ENLIGT NYA ENORM \*\*\*\*

Objekt: KUNGSÄNGEN. FÖRE ÅTGÄRDER

Datum: 1986-10-19 Tid: 22:40:25

Ort: Uppsala

BYGGNADSDATA	ZON 1	ZON 2	ZON 3	Totalt
Uppvärmad area, m2:	6280	0	0	6280
Uppvärmad volym, m2:	20680	0	0	20680
Omslutande area, m2:	7881	0	0	7881
Läckande area, m2:	5156	0	0	5156
Fönster+dörr, % av yttervägg:	27.6	35.5	0.0	27.6
Värmekapacitet, Wh/gr C, m2:	150.0	0.0	0.0	150.0
Otätthet q-50, m3/m2, h:	6.0	0.0	0.0	6.0
Motsvarande n-50, oms/h	1.5	1.0	0.0	1.5
Verksamhet. (1=Bostad, 2=Övrig)	2	0	0	
Antal bostadslägenheter	0	0	0	0

GLASAREOR I M2

Orientering	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV	
Zon 1	0.0	146.3	0.0	60.2	0.0	60.2	0.0	127.4	
Zon 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Zon 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Solfaktor:	0.75		Skuggningsfaktor:					0.60	
Soldata för Stockholm, 1971									

TRANSMISSIONSDATA	ZON 1		ZON 2		ZON 3	
Byggdelen	Area	k	Area	k	Area	k
Tak	2442.0	0.30	0.0	0.00	0.0	0.00
Vägg, tät	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Vägg, otät	1964.0	0.55	0.0	0.00	0.0	0.00
Golv, tät	2725.0	0.60	0.0	0.00	0.0	0.00
Golv, otätt	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Fönster	750.0	3.13	0.0	0.00	0.0	0.00
Dörr	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Annan, otät	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Annan, otät	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Annan, tät	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Red.faktor golv:	0.60		0.00		0.00	
Verkligt kA	5141.3		0.0		0.0	
kA korr till +20	5455.5		0.0		0.0	
D:o fönsteravdrag	5075.5		0.0		0.0	
VÄRMEPRODUKTION						

Basenergi: Fjärrvärme

Basenergens verkningsgrad, %:

95

Ingen värmepump eller annan energi



## INNETEMPERTURER UNDER UPPVÄRMNINGSPERIODEN

	Måndag-Fredag	Lördag	Söndag
ZON 1	21.1	21.1	21.1
ZON 2	0.0	0.0	0.0
ZON 3	0.0	0.0	0.0

PROCESSENERGI I KWH/DYGN	Månd-Fred	Lördag	Söndag	kWh/år
Processenergi som ger värme	827.40	827.40	827.40	302001
Övrig processenergi	0.00	0.00	0.00	0
Personvärme	172.60	172.60	172.60	62999
Varmvatten:	150.68	150.68	150.68	54998

## VENTILATONSDATA

Balanserad ventilation	ZON 1	ZON 2	ZON 3
Driftfall: Måndag tom Fredag			
Basflöde, m3/tim	37844.4	0.0	0.0
Forcerat flöde, m3/tim	0.0	0.0	0.0
Fläkt basflöde, tim/dygn	24.0	0.0	0.0
Fläkt forcerat flöde, tim/dygn	0.0	0.0	0.0
Verkningsgrad återvinning, %	0.0	0.0	0.0
Styrd luftomsättning, oms/h	1.83	0.00	0.00
Ofrivillig luftomsättning, oms/h	0.07	0.00	0.00
Luftens entalpi, Wh/m3, gr C	0.3300	0.3300	0.3300

Driftfall: Lördag	ZON 1	ZON 2	ZON 3
Basflöde, m3/tim	37844.4	0.0	0.0
Forcerat flöde, m3/tim	0.0	0.0	0.0
Fläkt basflöde, tim/dygn	24.0	0.0	0.0
Fläkt forcerat flöde, tim/dygn	0.0	0.0	0.0
Verkningsgrad återvinning, %	0.0	0.0	0.0
Styrd luftomsättning, oms/h	1.83	0.00	0.00
Ofrivillig luftomsättning, oms/h	0.07	0.00	0.00
Luftens entalpi, Wh/m3, gr C	0.3300	0.3300	0.3300

Driftfall: Söndag	ZON 1	ZON 2	ZON 3
Basflöde, m3/tim	37844.4	0.0	0.0
Forcerat flöde, m3/tim	0.0	0.0	0.0
Fläkt basflöde, tim/dygn	24.0	0.0	0.0
Fläkt forcerat flöde, tim/dygn	0.0	0.0	0.0
Verkningsgrad återvinning, %	0.0	0.0	0.0
Styrd luftomsättning, oms/h	1.83	0.00	0.00
Ofrivillig luftomsättning, oms/h	0.07	0.00	0.00
Luftens entalpi, Wh/m3, gr C	0.3300	0.3300	0.3300

## DATA ENL SBN

Tillåtet km-20 för byggnaden enligt Svensk Byggnorm	0.305
Tillåtet gränsvärde för km-20 enligt Svensk Byggnorm	0.397
Den aktuella byggnadens km-20 mht ekv. k-värde för fönstren	0.622
D:o när km-20 beräknas med schablonavdrag 0.7 för fönstren	0.644
Referensbyggnadens nettobehov av värmeenergi, kWh/år	0
Den aktuella byggnadens behov av värmeenergi, kWh/år	2057674

## MÅNADERNAS ENERGIBALANSER (kWh/månad)

Mån	Uppv. dag.	Trans och vent	Varmvatt.	Utnyttjad värme från Process	Utnyttjad värme från Sol	Prod. med VP	Rest. värmebehov	Drivenergi	Köpt värmeenergi
Jan	31	341309	4671	31000	1777	0	313203	0	313203
Feb	28	308450	4219	28000	2911	0	281757	0	281757
Mar	31	305447	4671	31000	5455	0	273664	0	273664
Apr	30	227508	4520	30000	7713	0	194316	0	194316
Maj	31	151282	4671	31000	10030	0	114923	0	114923
Jun	30	81582	4520	30000	10729	0	45373	0	45373
Jul	31	58393	4671	31000	10844	0	21220	0	21220
Aug	31	79040	4671	31000	9346	0	43365	0	43365
Sep	30	127987	4520	30000	6812	0	95695	0	95695
Okt	31	197971	4671	31000	4529	0	167113	0	167113
Nov	30	252067	4520	30000	2410	0	224177	0	224177
Dec	31	310676	4671	31000	1480	0	282867	0	282867
År	365	2441711	54998	365000	74035	0	2057674	0	2057674

## ARSENERGIBEHOV (kWh/år)

## VÄRMEENERGI

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	2002676
* Varmvatten	54998
* Basenergibehov, netto	2057674
* Basenergibehov, brutto	2165972
* D:o per m2 uppvärmd area	345

## BELYSNING, PROCESSER, DRIVENERGI

* Belysning, processer mm	302001
* D:o per m2 uppvärmd area	48

## DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	664.4
* D:o i W per m2 uppvärmd area	105.8
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-18.9

## FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh)

Styrd luftväxling : 1378731	Ofrivillig luftväxling: 56352		
Tak: 80878	Vägg 119253	Golv: 119253	Fönster: 259161
Dörr: 0	Övrigt: 119253		Summa: 2002676

## ÖVRIGT

Gradtimmar uppv. perioden 134601	Gradtimmar hela året 134601
Gradtimmar för uppvärmningsanläggningen mht gratisenergin	110399

BILAGA 4

Motsvarande antal graddagar enl traditionellt synsätt	4600
Medelvärde av utetemperaturen under uppvärmningsperioden	5.676
Fönstrens mörkerk-värde: 3.13	Motsv.ekvivalent k-värde: 2.40
Tidskonstant (Värmekap*Uppv area/Förlustfaktor):	53 h

Karl Munther Energiforskning AB - 08/87 72 76  
 \*\*\*\* ENERGIBERÄKNING ENLIGT NYA ENORM \*\*\*\*

Objekt: KÖPMANNEN. EFTER ÅTGÄRDER  
 Datum: 1986-10-20 Tid: 12:25:08

Ort: Malmö

BYGGNADSDATA	ZON 1	ZON 2	ZON 3	Totalt
Uppvärmd area, m2:	4387	0	0	4387
Uppvärmd volym, m2:	12294	0	0	12294
Omslutande area, m2:	4815	0	0	4815
Läckande area, m2:	3635	0	0	3635
Fönster+dörr, % av yttervägg:	35.0	0.0	0.0	35.0
Värmekapacitet, Wh/gr C, m2:	150.0	0.0	0.0	150.0

Otätthet q-50, m3/m2, h:	16.0	0.0	0.0	16.0
Motsvarande n-50, oms/h	4.7	0.0	0.0	4.7

Verksamhet. (1=Bostad, 2=övrig)	2	0	0	
Antal bostadslägenheter	0	0	0	0

GLASAREOR I M2

Orientering	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV
Zon 1	140.7	0.0	105.2	0.0	40.6	0.0	168.0	0.0
Zon 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zon 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Solfaktor:	0.75							
						Skuggningsfaktor:		0.60
Soldata för Stockholm, 1971								

TRANSMISSIONSDATA	ZON 1		ZON 2		ZON 3	
Bygghedel	Area	k	Area	k	Area	k
Tak	1353.0	0.38	0.0	0.00	0.0	0.00
Vägg, tät	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Vägg, otät	1243.0	0.88	0.0	0.00	0.0	0.00
Golv, tät	1180.0	0.46	0.0	0.00	0.0	0.00
Golv, otätt	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Fönster	649.0	3.34	0.0	0.00	0.0	0.00
Dörr	19.0	1.84	0.0	0.00	0.0	0.00
Annan, otät	371.0	2.30	0.0	0.00	0.0	0.00
Annan, otät	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Annan, tät	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
Red.faktor golv:		0.60		0.00		0.00

Verkligt kA	4989.6	0.0	0.0
kA korr till +20	5211.3	0.0	0.0
D:o fönsteravdrag	4943.8	0.0	0.0

VÄRMEPRODUKTION

Basenergi från värmepump för enbart uppvärmning  
 Avgiven effekt = 29.6 kW och driveffekt = 13.0 kW vid 0.0 gr C  
 Avgiven effekt = 30.7 kW och driveffekt = 10.7 kW vid 10.0 gr C  
 Reduktionsfaktor med hänsyn till praktisk drift: 1.00

Tillsatsenergi: Olja  
Tillsatsenerginns verkningsgrad, %:

72

---

 INNETEMPURTURER UNDER UPPVÄRMNINGSPERIODEN
 

---

	Måndag-Fredag	Lördag	Söndag
ZON 1	20.8	20.8	20.8
ZON 2	0.0	0.0	0.0
ZON 3	0.0	0.0	0.0

PROCESSENERGI I KWH/DYGN	Månd-Fred	Lördag	Söndag	kWh/år
Processenergi som ger värme	1150.70	1150.70	1150.70	420006
Övrig processenergi	219.18	219.18	219.18	80001
Personvärme	87.67	87.67	87.67	32000
Varmvatten:	115.06	115.06	115.06	41997

---

 VENTILATONSDATA
 

---

Balanserad ventilation	ZON 1	ZON 2	ZON 3
Driftfall: Måndag tom Fredag			
Basflöde, m3/tim	11679.3	0.0	0.0
Forcerat flöde, m3/tim	0.0	0.0	0.0
Fläkt basflöde, tim/dygn	24.0	0.0	0.0
Fläkt forcerat flöde, tim/dygn	0.0	0.0	0.0
Verkningsgrad återvinning, %	24.0	0.0	0.0
Styrd luftomsättning, oms/h	0.95	0.00	0.00
Ofrivillig luftomsättning, oms/h	0.24	0.00	0.00
Luftens entalpi, Wh/m3, gr C	0.3300	0.4000	0.4000

Driftfall: Lördag	ZON 1	ZON 2	ZON 3
Basflöde, m3/tim	11679.3	0.0	0.0
Forcerat flöde, m3/tim	0.0	0.0	0.0
Fläkt basflöde, tim/dygn	24.0	0.0	0.0
Fläkt forcerat flöde, tim/dygn	0.0	0.0	0.0
Verkningsgrad återvinning, %	24.0	0.0	0.0
Styrd luftomsättning, oms/h	0.95	0.00	0.00
Ofrivillig luftomsättning, oms/h	0.24	0.00	0.00
Luftens entalpi, Wh/m3, gr C	0.3300	0.4000	0.4000

Driftfall: Söndag	ZON 1	ZON 2	ZON 3
Basflöde, m3/tim	11679.3	0.0	0.0
Forcerat flöde, m3/tim	0.0	0.0	0.0
Fläkt basflöde, tim/dygn	24.0	0.0	0.0
Fläkt forcerat flöde, tim/dygn	0.0	0.0	0.0
Verkningsgrad återvinning, %	24.0	0.0	0.0
Styrd luftomsättning, oms/h	0.95	0.00	0.00
Ofrivillig luftomsättning, oms/h	0.24	0.00	0.00
Luftens entalpi, Wh/m3, gr C	0.3300	0.4000	0.4000

---

 DATA ENL SBN
 

---

Tillåtet km-20 för byggnaden enligt Svensk Byggnorm	0.315
Tillåtet gränsvärde för km-20 enligt Svensk Byggnorm	0.410
Den aktuella byggnadens km-20 mht ekv. k-värde för fönstren	0.987
D:o när km-20 beräknas med schablonavdrag 0.7 för fönstren	1.027

Värmepumpens besparing, kWh/år	102289
Värmepumpens besparing i procent av frånluftens entalpi	59.3
Total årsvärmefaktor	2.49
Tillsatsvärmeandel i värmepumpsystemet, %	67
Teoretisk systemårsvärmefaktor (inkl tillsatsvärme)	1.24
Referensbyggnadens nettobehov av värmeenergi, kWh/år	280853
Den aktuella byggnadens behov av värmeenergi, kWh/år	462561

---

MÅNADERNAS ENERGIBALANSER (kWh/månad)

Mån	Uppv. dag.	Trans och vent	Varmvatt.	Utnyttjad värme från Process Sol		Prod. med VP	Rest. värmebehov	Drivenergi	Köpt värmeenergi
Jan	31	139900	3567	38389	1737	21991	81350	9737	91087
Feb	28	126432	3222	34674	3163	19862	71954	8796	80750
Mar	31	125073	3567	38389	6227	22175	61849	9353	71202
Apr	30	92887	3452	37151	8997	21809	28382	8322	36704
Maj	25	61331	3567	37805	11811	11092	4190	3831	8021
Jun	0	32552	3452	19873	12679	0	3452	0	3452
Jul	0	22925	3567	10119	12806	0	3567	0	3567
Aug	0	31462	3567	20485	10976	-0	3567	0	3567
Sep	22	51739	3452	36256	7897	7585	3452	2531	5983
Okt	31	80635	3567	38389	5096	22700	18016	8193	26209
Nov	30	103041	3452	37151	2523	21683	45136	8585	53721
Dec	31	127235	3567	38389	1374	22148	68890	9409	78299
År	259	995213	41997	387073	85286	171046	393804	68757	462561

---

ÅRSENERGIBEHOV (kWh/år)

## VÄRMEENERGI

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	522853
* Varmvatten	41997
* Basenergi från värmepump	-171046
* Tillsatsenergibehov, netto	393804
* Tillsatsenergibehov, brutto	546951
* D:o per m2 uppvärmd area	125

## BELYSNING, PROCESSER, DRIVENERGI

* Belysning, processer mm	500006
* Drivenergi för värmepump	68757
* Totalt	568763
* D:o per m2 uppvärmd area	130

## DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR

---

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	202.3
* D:o i W per m2 uppvärmd area	46.1
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-13.3

## FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh)

---

Styrd luftväxling :	172500	Ofrivillig luftväxling:	56514
Tak: 30278	Vägg 64417	Golv: 64417	Fönster: 127655
Dörr: 2059	Övrigt: 64417		Summa: 522853

## ÖVRIGT

---

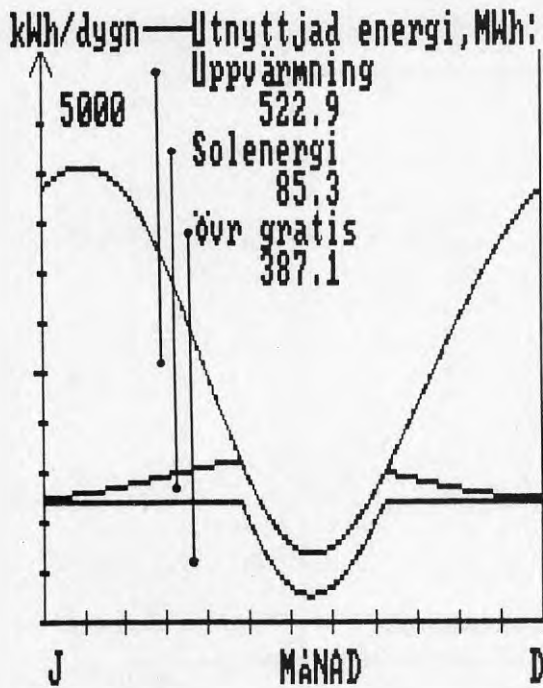
Gradtimmar uppv. perioden	101256	Gradtimmar hela året	112094
			BILAGA 4

Gradtimmar för uppvärmningsanläggningen mht gratisenergin	58891
Motsvarande antal graddagar enl traditionellt synsätt	2454
Medelvärde av utetemperaturen under uppvärmningsperioden	4.720
Fönstrens mörkerk-värde: 3.34	Motsv. ekvivalent k-värde: 2.63
Tidskonstant (Värmekap*Uppv area/Förlustfaktor):	83 h

Figur 4.1. Kv Köpmannen. Energifbehov under normalår efter åtgärder

## KÖPMANNEN. EFTER ÅTGÄRDER

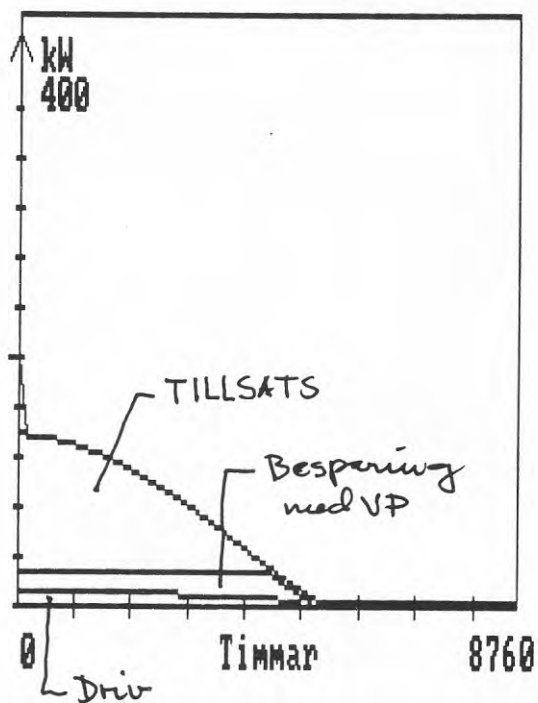
### ENERGIBALANS



Figur 4.2. Kv Köpmannen. Effektbehov under normalår efter åtgärder

## KÖPMANNEN, EFTER ÅTGÄRDER

### VÄRMEEFFEKTER

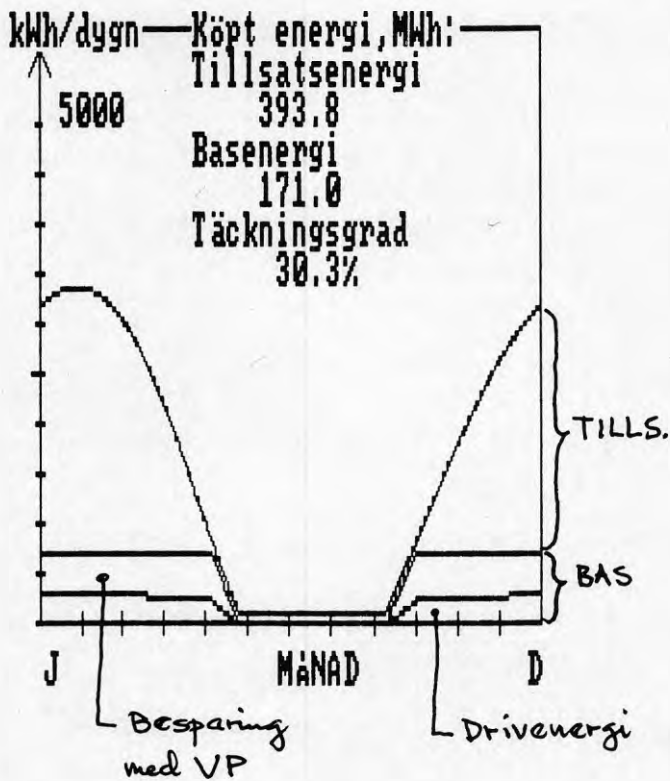




Figur 4.3. Kv Köpmannen. Köpt energi under normalår efter åtgärder

## KÖPMANNEN. EFTER ÅTGÄRDER

## KÖPT ENERGI



Tabell 4.1. Sammanställning av data från energiberäkningar

Objekt: KÖPMANNEN. FÖRE ÅTGÄRDER

## FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh/år)

Styrd luftväxling :	284913	Ofrivillig luftväxling:	82589
Tak: 35399	Vägg 75311	Golv: 75311	Fönster: 149244
Dörr: 2407	Övrigt: 75311		Summa: 711036

## VÄRMEENERGIBEHOV (kWh/år)

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	711036
* Varmvatten	41997
* Basenergibehov, netto	753033
* Basenergibehov, brutto	1075761

## PROCESS- OCH DRIVENERGI

* Belysning, processer mm	500006
---------------------------	--------

## DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	269.2
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-13.8

Objekt: KÖPMANNEN. EFTER ÅTGÄRDER

## FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh/år)

Styrd luftväxling :	172500	Ofrivillig luftväxling:	56514
Tak: 30278	Vägg 64417	Golv: 64417	Fönster: 127655
Dörr: 2059	Övrigt: 64417		Summa: 522853

## VÄRMEENERGIBEHOV (kWh/år)

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	522853
* Varmvatten	41997
* Basenergi från värmepump	-171046
* Tillsatsenergibehov, netto	393804
* Tillsatsenergibehov, brutto	546951

## PROCESS- OCH DRIVENERGI

* Belysning, processer mm	500006
* Drivenergi för värmepump	68757
* Totalt	568763

## DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	202.3
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-13.8

Tabell 4.2. Sammanställning av data från energiberäkningar

---

 Objekt: GULDFISKEN 8.FÖRE ÅTGÄRDER
 

---

 FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh/År)
 

---

Styrd luftväxling : 2550066	Ofrivillig luftväxling: 634799
Tak: 737962      Vägg 143197	Golv: 143197      Fönster: 316971
Dörr: 0      Övrigt:143197	Summa: 4793473

 VÄRMEENERGIBEHOV (kWh/År)
 

---

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	4793473
* Varmvatten	300001
* Basenergibehov, netto	5093474
* Basenergibehov, brutto	5361551

 PROCESS- OCH DRIVENERGI
 

---

* Belysning, processer mm	2184014
---------------------------	---------

 DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR
 

---

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	1701.3
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-18.5

---

 Objekt: GULDFISKEN 8.EFTER ÅTGÄRDER
 

---

 FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh/År)
 

---

Styrd luftväxling : 1604186	Ofrivillig luftväxling: 481662
Tak: 559939      Vägg 108653	Golv: 108653      Fönster: 240506
Dörr: 0      Övrigt:108653	Summa: 3306402

 VÄRMEENERGIBEHOV (kWh/År)
 

---

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	3306402
* Varmvatten	300001
* Basenergibehov, netto	3606402
* Basenergibehov, brutto	3796213

 PROCESS- OCH DRIVENERGI
 

---

* Belysning, processer mm	2184014
---------------------------	---------

 DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR
 

---

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	1227.6
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-13.1

Tabell 4.3. Sammanställning av data från energiberäkningar

---

 Objekt: STORA BOMMENS.FÖRE ATGÄRDER
 

---

 FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh/år)
 

---

Styrd luftväxling :	930242	Ofrivillig luftväxling:	147169
Tak: 102479	Vägg 228485	Golv: 228485	Fönster: 628066
Dörr: 2605	Övrigt:228485		Summa: 2192951

 VÄRMEENERGIBEHOV (kWh/år)
 

---

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	2192951
* Varmvatten	59999
* Basenergibehov, netto	2252949
* Basenergibehov, brutto	2371526

 PROCESS- OCH DRIVENERGI
 

---

* Belysning, processer mm	119030
---------------------------	--------

 DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR
 

---

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	706.0
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-11.8

---

 Objekt: STORA BOMMENS.EFTER ATGÄRDER
 

---

 FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh/år)
 

---

Styrd luftväxling :	242173	Ofrivillig luftväxling:	125319
Tak: 87892	Vägg 195962	Golv: 195962	Fönster: 538667
Dörr: 2234	Övrigt:195962		Summa: 1324245

 VÄRMEENERGIBEHOV (kWh/år)
 

---

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	1324245
* Varmvatten	41000
* Basenergibehov, netto	1365246
* Basenergibehov, brutto	1437101

 PROCESS- OCH DRIVENERGI
 

---

* Belysning, processer mm	119030
---------------------------	--------

 DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR
 

---

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	437.8
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-10.3

Tabell 4.4. Sammanställning av data från energiberäkningar

---

 Objekt: KASTELLHOLM 16.FÖRE ÅTGÄRDER
 

---

 FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh/år)
 

---

Styrd luftväxling :	584601	Ofrivillig luftväxling:	108674
Tak: 64923	Vägg 49197	Golv: 49197	Fönster: 359810
Dörr: 10314	Övrigt: 49197		Summa: 1248357

 VÄRMEENERGIBEHOV (kWh/år)
 

---

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	1248357
* Varmvatten	30000
* Basenergibehov, netto	1278357
* Basenergibehov, brutto	1345639

 PROCESS- OCH DRIVENERGI
 

---

* Belysning, processer mm	514986
---------------------------	--------

 DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR
 

---

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	445.8
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-13.0

---

 Objekt: KASTELLHOLM 16.EFTER ÅTGÄRDER
 

---

 FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh/år)
 

---

Styrd luftväxling :	95859	Ofrivillig luftväxling:	48892
Tak: 24176	Vägg 12648	Golv: 12648	Fönster: 128425
Dörr: 5800	Övrigt: 12648		Summa: 354206

 VÄRMEENERGIBEHOV (kWh/år)
 

---

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	354205
* Varmvatten	30000
* Basenergibehov, netto	384206
* Basenergibehov, brutto	404427

 PROCESS- OCH DRIVENERGI
 

---

* Belysning, processer mm	514986
---------------------------	--------

 DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR
 

---

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	154.1
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-10.3

Tabell 4.5. Sammanställning av data från energiberäkningar

Objekt: KUNGSÄNGEN. FÖRE ÅTGÄRDER

## FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh/år)

Styrd luftväxling	: 1378731	Ofrivillig luftväxling:	56352
Tak:	80878	Vägg	119253
		Golv:	119253
Dörr:	0	Fönster:	259161
		Summa:	2002676
		Övrigt:	119253

## VÄRMEENERGIBEHOV (kWh/år)

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	2002676
* Varmvatten	54998
* Basenergibehov, netto	2057674
* Basenergibehov, brutto	2165972

## PROCESS- OCH DRIVENERGI

* Belysning, processer mm	302001
---------------------------	--------

## DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	664.4
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-18.9

Objekt: KUNGSÄNGEN. EFTER ÅTGÄRDER

## FÖRLUSTER SOM TÄCKS MED KÖPT UPPVÄRMNINGSENERGI (kWh/år)

Styrd luftväxling	: 363491	Ofrivillig luftväxling:	31042
Tak:	52589	Vägg	77541
		Golv:	77541
Dörr:	0	Fönster:	168512
		Summa:	707028
		Övrigt:	77541

## VÄRMEENERGIBEHOV (kWh/år)

* Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare)	707028
* Varmvatten	54998
* Basenergibehov, netto	762026
* Basenergibehov, brutto	802133

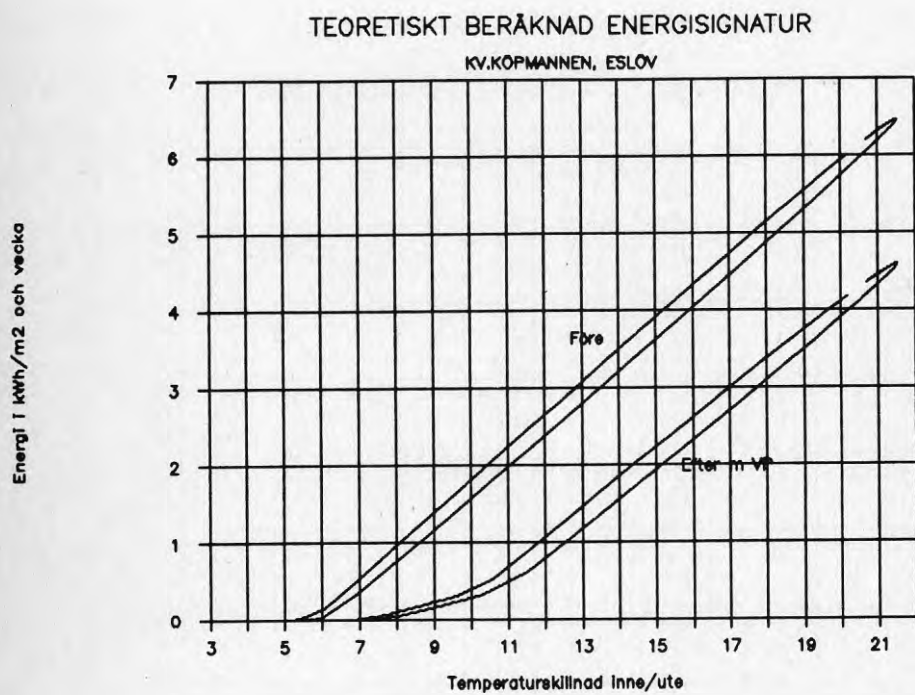
## PROCESS- OCH DRIVENERGI

* Belysning, processer mm	302001
---------------------------	--------

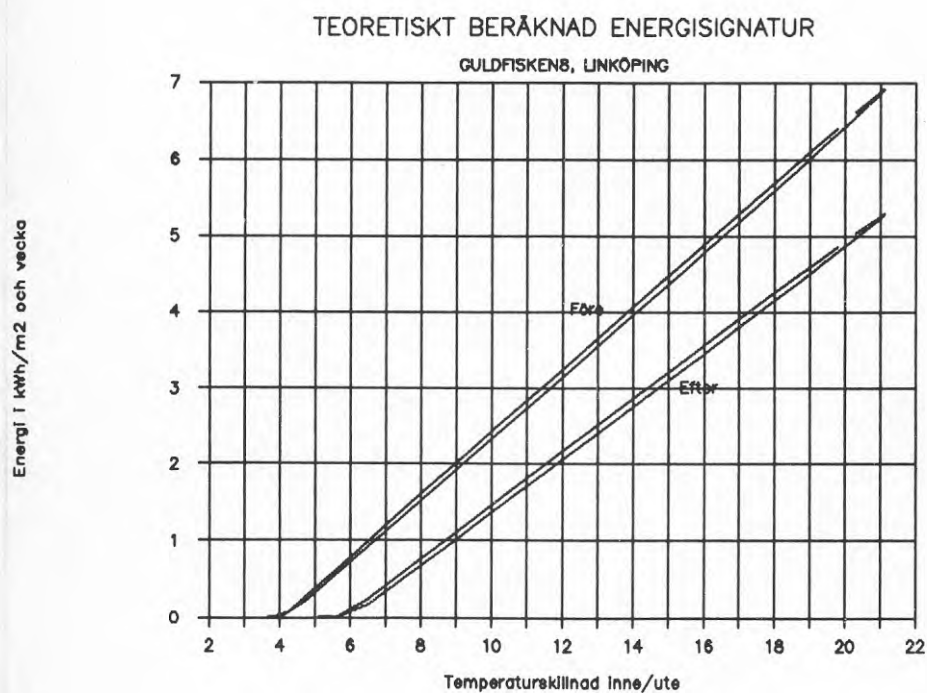
## DIMENSIONERANDE EFFEKT OCH UTETEMPERATUR

* Dimensionerande effekt för uppvärmning, kW	265.0
* Dimensionerande utetemperatur (DUT)	-11.6

Figur 4.4. Kv Köpmannen. Beräknad energisignatur före och efter

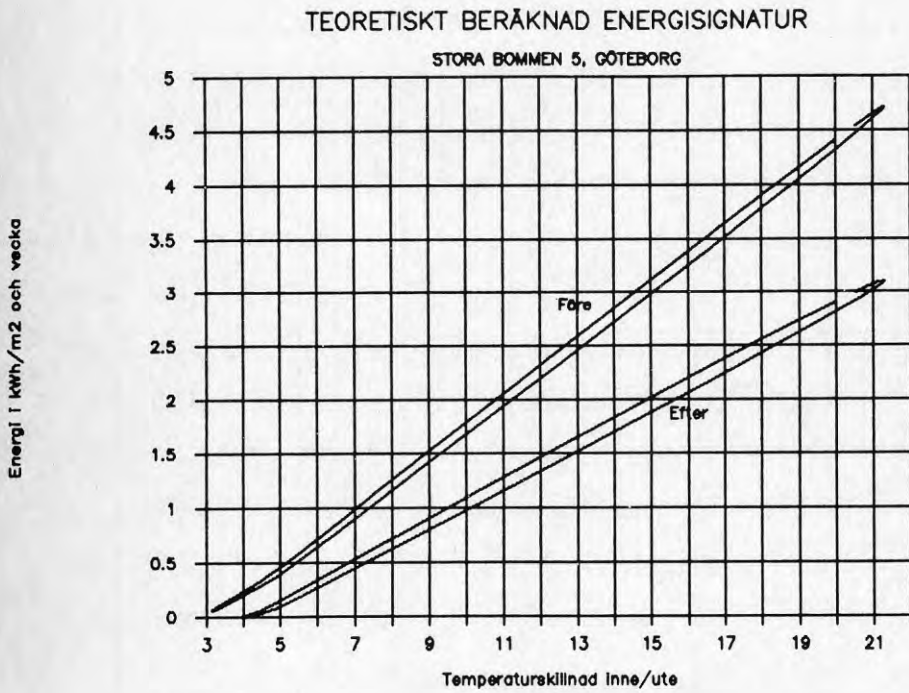


Figur 4.5. Guldfisken 8. Beräknad energisignatur före och efter

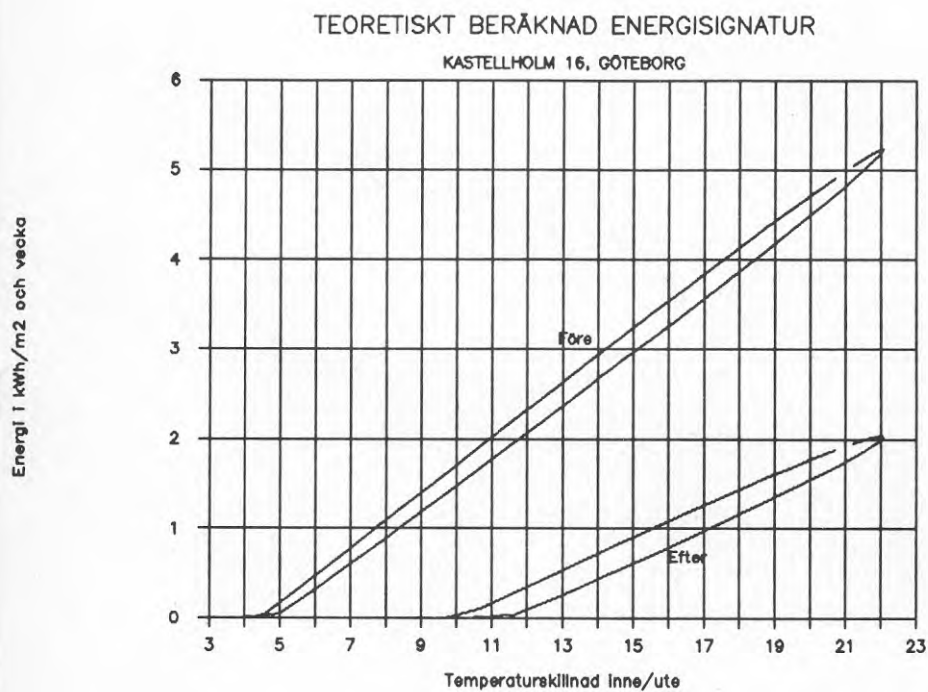




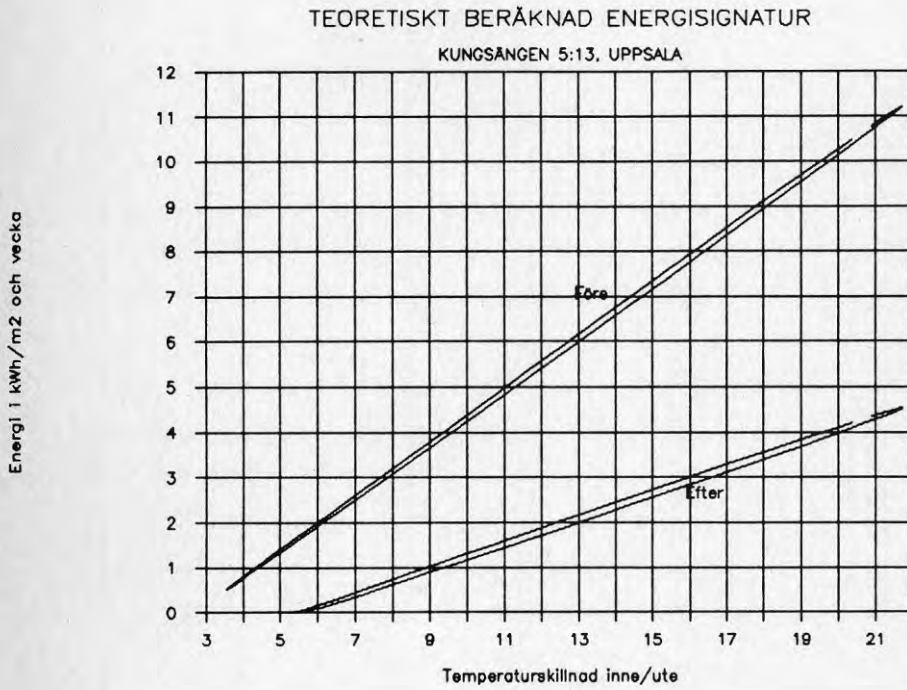
Figur 4.6. Stora Bommen 5. Beräknad energisignatur före och efter



Figur 4.7. Kastellholm 16. Beräknad energisignatur före och efter



Figur 4.8. Kungsängen. Beräknad energisignatur före och efter



Tabell 4.6. Beräknade och uppmätta energibehov i MWh/år

ENERGIBEHOVET ANGES I MWH/ÅR!

## KÖPMANNEN, ESLÖV

Före enl beräkning	711	Före, uppmätt	695
Efter enl beräkning (*	421	Efter, uppmätt(**	435
<hr/>		<hr/>	
Besparing	290(41%)	Besparing	260(37%)
*) 523-102=421		**) 539-104=435	

## KASTELLHOLM 16, GÖTEBORG

Före enl beräkning	1269	Före, uppmätt	1212
Efter enl beräkning	354	Efter, uppmätt	551
<hr/>		<hr/>	
Besparing	915(72%)	Besparing	661(55%)

## BOMMEN 5, GÖTEBORG

Före enl beräkning	2193	Före, uppmätt	1808
Efter enl beräkning	1079	Efter, uppmätt	960
<hr/>		<hr/>	
Besparing	848(39%)	Besparing	848(47%)

## GULDFISKEN, LINKÖPING

Före enl beräkning	4793	Före, uppmätt	5011
Efter enl beräkning	3940	Efter, uppmätt	4007
<hr/>		<hr/>	
Besparing	853(18%)	Besparing	1004(20%)

## KUNGSÄNGEN, UPPSALA

Före enl beräkning	2003	Före, uppmätt	1951
Efter enl beräkning	893	Efter, uppmätt	916
<hr/>		<hr/>	
Besparing	1110(52%)	Besparing	1035(53%)

## SAMTLIGA

Före enl beräkning	10969	Före, uppmätt	10677
Efter enl beräkning	6687	Efter, uppmätt	6973
<hr/>		<hr/>	
Besparing	4282(39%)	Besparing	3704(35%)

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 821377-0  
från Statens råd för byggnadsforskning till Windborne  
Projekt AB, Stockholm.**

**R27: 1987**

**ISBN 91-540-4675-0**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6707027**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirkapris: 54 kr exkl moms**