



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.

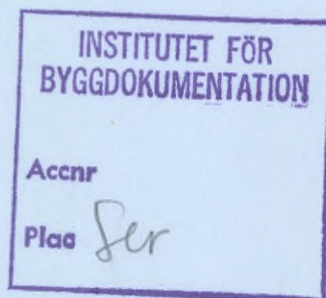


**Rapport**

**R90:1987**

# **Energispar kvarter i Sundbyberg**

**Gunnar Franzén**  
**Per Olof Nylund**



K/10

**Byggeforskningsrådet**

R90:1987

ENERGISPARKVARTER I SUNDBYBERG

Gunnar Franzén  
Per Olof Nylund

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791495-1  
från Statens råd för byggnadsforskning till ABV, Solna.

## REFERAT

Under intryck av de drastiska energiprisstegringarna 1979 beslöt BFR initiera ett antal experimentbyggen avseende energibesparing i befintliga flerbostadshus. Ett av dessa s k energisparkvarter, Sundbybergsprojektet, innefattar egentligen fyra fjärrvärmade kvarter, två från 50-talet och två från 60-talet. I varje kvarter utnyttjades två lika hus som experimenthus och ett tredje som referenshus där endast jämförande mätningar gjordes.

Olika energisparåtgärder varvade med mätperioder genomfördes 1981-1985.

Direktiven var att praktiskt prova alla rimligtvis tänkbara sparåtgärder, såväl någorlunda lönsamma som för dagen klart olönsamma. Från en bruttolista på tänkbara åtgärder sållades drygt hälften bort såsom principiellt tveksamma eller praktiskt ogenomförbara i de aktuella husen.

Genomförandet av de resterande 11 åtgärderna beskrivs och utvärderas i rapporten. Praktiska erfarenheter och svårigheter redovisas relativt öppenlydligt. Ekonomin ges för 9 åtgärder som verklig gjord investering per m<sup>2</sup> pBRA och kan ställas mot verklig uppnådd besparingseffekt per år.

Bästa investeringarna visade sig vara frånluftsvärmepump (2,70 å 3,40 kr/kWh), tilläggsisolering av vindbjälklag (2,60 kr/kWh) samt tidstyrning av varmvattencirkulationen (0,40 kr/kWh).

För utvärderingen av energispareffekten används ett nydefinierat begrepp "energigenomgångstalet", alternativt "energigenomgångsmotståndet" analogt med Ohms lag.

Rapporten inleds efter förordet med en läsanvisning.

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

R90:1987

ISBN 91-540-4796-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

<u>Innehåll</u>	Sid	
1.1	Förord	1
1.2	Läsanvisning	2
1.3	Beteckningar	3
2.	Sammanfattning	5
2.1	Allmänt om val av åtgärder	
2.2	Allmänt om mätteknik och beräkningsmetoder	
2.3	Resultat av åtgärderna var för sig	
2.4	Om möjligheterna att koppla samman de framgångsrika åtgärderna till ett "totalpris"	
2.5	Sammanställning av investeringskostnad och årlig besparingseffekt	9
2.6	Besparingsresultat uttryckt som energibehov före respektive efter åtgärd	10
3.	Beskrivning av FoU-projektet	11
4.	Objekten (byggnaderna)	13
4.1	Kriterier för val av objekt	13
4.2	Byggnadernas antal, ålder, utförande, konstruktion	13
5.	Bestämning av status före åtgärder	20
6.	Åtgärdsprogram	22
7.	Genomförande av åtgärder	28
7.1	Förutsättningar	28
7.2	Genomförandeformer	29
7.3	Beskrivning av genomförandet	29
7.301	Tilläggsisolering av vindsbjälklag (Logdansvägen)	29
7.302	Tilläggsisolering av ytterväggar (Ateljévägen)	30
7.303	Komplettering av fönster till tre-glas (Örsvängen)	32
7.304	Förbättring av täthet	34
7.305	Förbättring av självdragsventilation (Ateljévägen)	35
7.306	Injustering av ventilationsflödet till 0,5 oms/h (Skogsbacken)	38
7.307	Värme till tappvarmvatten ur frånluft med hjälp av värmepump (Logdansvägen)	40
7.308	Injustering av uppvärmningssystem, byte av radiatorventiler och sänkning av rumstemperatur (Skogsbacken, därefter samtliga kvarter)	44
7.309	Sänkning av varmvattentemperaturen (Skogsbacken)	45
7.310	Byte till snålspolande armaturer (Örsvängen)	46
7.311	Styrning av varmvattencirkulation (Ateljévägen)	47

8.	Teoretisk analys av energiomsättningen	49
8.1	Energiflöde genom byggnad	51
8.2	Karaktäristik av den för temperaturhållningen verksamma delen av energiomsättningen -"energi- genomgångstalet"	54
8.21	Underlag för felberäkning	55
8.22	Egenskaper hos redovisning med hjälp av A-värdet	55
8.23	Energiomsättningens beroende av värmereglering	56
8.24	Beräkning av energibesparing av åtgärd	56
8.3	Styrning av varmvattencirkulation	57
9.	Mätteknik och delundersökningar	58
9.1	Sammanställning av uppmätta storheter mm	59
9.2	Delundersökningar	60
9.7	Mätprogram för värme till tappvarmvatten ur frånluft med hjälp av värmepump	61
9.11	Mätningar för styrning av varmvatten- cirkulation	64
10.	Framräkning av primär-resultat	67
10.1	Ateljévägen	
	Teoretisk besparing av tilläggsisolering (vägg)	68
10.2	Logdansvägen	
	Teoretisk besparing av tilläggsisolering (tak)	70
10.3	Örsvängen	
	Teoretisk besparing av treglasfönster	71
10.4	Besparingar	73
10.41	Besparingar Ateljévägen	73
10.42	Besparingar Skogsbacken	75
10.43	Besparingar Logdansvägen	77
10.44	Besparingar Örsvängen	79
10.5	Mätresultat för värmepumpsinstallationen	81
10.11	Mätresultat för styrning av varmvatten- cirkulationen	88
11.	Utvärdering och vissa kommentarer till sparresultaten	89
11.1	Tilläggsisolering av vindsbjälklag vid Logdans- vägen	89
11.2	Tilläggsisolering av norrvägg, Ateljévägen 18-22 och 24-26	90
11.3	Konvertering av 2-glas till 3-glasfönster, Örsvängen 3 och 5	91
11.6	Injustering av ventilation och värmesystem Skogsbacken 16 och 18	92
11.7	Analys av mätresultat för värmepumpsinstal- lationen	93
11.8	Injustering av uppvärmningssystem	95
11.9	Sänkning av varmvattentemperaturen i Skogs- backen 16 och 18	96
11.11	Analys av styrning av varmvattencirkulation	97
11.12	Resultat av installation av flödesbegränsande duschmunstycken	100
12.	Kostnader och lönsamhet	102
13.	Informationsinsatser	104

Bilaga 3:1	Projektorganisation	107
Bilaga 7:1	Tidningsartikel DN-Solna-Sundbyberg	108
Bilaga 7:2	Systembeskrivning avseende värme till tappvarmvatten ur frånluft med hjälp av värmepump	109
Bilaga 7:3	Avluftsflöden före och efter värmepumpsinstallation	113
Bilaga 7:4	Injustering av uppvärmningssystem m h a den s k Mandorffmetoden	114
Bilaga 7:5	Injustering av uppvärmningssystem m h a en modifierad version av "Sandbergsmetoden"	119
Bilaga 9:1	Efterkalibrering av energimätarens flöden	122
Bilaga 9:2	Luftväxling vid frånluftsventilation. Metod och utrustning för bestämning av fläktanläggningens prestanda och flöden i kanaler	123
Bilaga 9:3	Fukttillskott till ventilationsluften i flerbostadshus	132
Bilaga 9:4	Temperaturkartering i lägenheter december 1983	135
Bilaga 9:5	Värmeflödesmätning Ateljévägen januari 1984	136
Bilaga 9:6	Förundersökning. Registrering av tappningsfrekvensen av varmvatten, Ateljévägen 18-28	137





## 1.1 Förord

1979 konstaterade Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR) att de konkreta insatserna för energibesparing i bebyggelsen mest förekom inom småhusområdet, medan man riskerade att komma på efterkälken med flerfamiljshus och andra byggnader. För att få igång en mera intensiv investeringsverksamhet borde kommuner och storföretag engagera sig djupare i energisparplanens genomförande. BFR kontaktade därför bl a ABV, som tog upp den kastade handsken och efter en del initiala svårigheter kommit att stå som projektledare för "Sundbybergsprojektet" i samarbete med AB Förvaltaren och ett antal konsultföretag.

Projektet har varit upplagt på flera års sikt. I anslutning till BFR:s utvärdering "EHUS -85" har avgivits en preliminär rapport i mitten av maj -84.

Den fullständiga slutrapporten ingavs i oktober 1985. Den är genom sin detaljrikedom och av andra skäl ej lämpad för tryckning och allmän spridning, men kommer inklusive bilagor att finnas tillgänglig hos Byggdok. I den härmed publicerade versionen har en del grundmaterial från mätningarna utgått respektive flyttats till bilagedel. Även i övrigt har en viss koncentration och redaktionell bearbetning skett. I sak har inga nämnvärda ändringar gjorts.

I kortast tänkbara sammanfattning refereras projektets resultat i BFR:s skrift G9:1986.

Ansvaret för sakinnehållet i rapporten bär de olika deltagarna i projektet på det sätt som är naturligt med hänsyn till projektorganisationen och respektive specialitet. För det mera vetenskapliga innehållet svarar till större delen Tyréns. Vad gäller värmepumpen och varmvattencirkulation har dock Bengt Dahlgren Stockholm AB svarat för utvärderingen. Under de många år projektet pågått har förutom under-tecknad en mängd personer gjort engagerade insatser i olika skeden och delar av projektet:

Tor Brevigh, Carl Erik Dahl, Bertil Davin, Lars-Ove Eriksson, Lennart Eriksson, Anders Ekvall, Aref Eyad, Susann Franzén, Jörgen Hammarstedt, Mats Hellberg, Bertil Johansson, Gunilla Larsson, Arne Lind, Sven Lindén, Benny Lindstedt, Jan Mesch, Per Olof Nylund, Leif Olsson, Christer Risberg, Ulla Sandborgh, Ove Sandin, Jan Serander, Jan Siljeholm, Staffan Stillesjö, David Södergren, Jan Thelander, Bertil Tuve-sson, Tore Walfridsson, Anders Wiklund.

För det omfattande arbetet med utskrifter och sekreterarservice har i första hand svarat Marianne Wistrand på ABV.

Samtliga nämnda, liksom de som borde nämnts men till äventyrs blivit glömda, är värda ett varmt tack. Likaså Byggnadsforskningsrådets tålmodiga handläggare och Stygruppen för Energisparkvarter, som bidragit med såväl goda råd som nyttig kritik.

Februari 1987

Gunnar Franzén  
ABV  
projektledare

## 1.2 Läsanvisning

Resultat i siffror avseende såväl energibesparing som ekonomi finns sammanställda på **sid 9, som är den centrala resultatsidan**. Väsentliga kommentarer finns på sid 5-8. Sid 10 ger möjlighet jämföra totalresultaten med andra projekt.

Kapitlen 3-6 är väsentligen beskrivande vad avser projektet och byggnaderna.

Kapitel 7 beskriver genomförandet och dess problem, åtgärd för åtgärd.

Kapitel 8-10 är väsentligen teoretiska.

Kapitel 11 är delvis teoretiskt men innehåller också detaljerade kommentarer till resultaten, utöver vad som kunnat rymmas i kapitel 2.

Kapitel 12 behandlar kostnader och lönsamhet och kapitel 13 informationsinsatserna.

### 1.3 Beteckningar

I huvudsak har använts nedanstående standardiserade beteckningar. Fullständig anpassning har dock ej gjorts. Vid avvikelser förklaras använda beteckningar och enheter i text eller vid figur.

#### Benämningar och beteckningar på använda storheter

<u>Benämning</u>	<u>Beteckning</u>	<u>Sort</u>
Längd	l	m
Bredd	b	m
Höjd	h	m
Djup	d	m
Tjocklek		m
Area	A	m <sup>2</sup>
Volym	V	m <sup>3</sup>
Tid	t	s
Tidkonstant		s
Hastighet	v	m/s
Acceleration	a	m/s <sup>2</sup>
Energi (även värme)	E	kWh (Wh)(J)
Effekt (även värme)	P	W
Verkningsgrad		%
Massa	m	kg
Densitet		kg/m <sup>3</sup>

<u>Benämning</u>	<u>Beteckning</u>	<u>Sort</u>
Volymflöde	q	m <sup>3</sup> /h (1/s)(m <sup>3</sup> /s)
Tryck	p	Pa
Temperatur	T	K
Temperaturändring	} Δ T	K
Temperaturskillnad		
Celsius temperatur	°C	°C
Värmekapacitet	c	J/kg·K
Entropi	S	J/K
Entalpi	H	J
Värmeledningsförmåga	λ	W/m·K
Värmemotstånd	M	m <sup>2</sup> ·K/W
Värmeövergångskoefficient	α	W/m <sup>2</sup> ·K
Värmegenomgångskoefficient	k	W/m <sup>2</sup> ·K
Fukthalt	W	kg/m <sup>3</sup>
Relativt ångtryck	} φ, φ.	%
Relativ fuktighet		
Ljudnivå	L <sub>x</sub>	dB(A)

## 2. Sammanfattning

Undersökningen har avsett genomförandeproblem och spareffekter av olika åtgärder som genomförts i 7 flerbostadshus i 4 kvarter från 1950- och 1960-talen i Sundbyberg.

I varje kvarter har dessutom funnits ett referenshus identiskt med de övriga där endast mätningar men inga åtgärder gjorts. Sammanlagt har alltså 11 byggnader berörts.

Projektet har lett till resultat av flera olika slag:

- Kunskaper om hur man genomför sparåtgärder, vilka hinder man möter och vilka åtgärder som bör komma ifråga.
- Kunskaper om hur man mäter, beräknar och tolkar byggnaders funktion från energisynpunkt.
- Kunskaper om verkliga spareffekter, eller brist på sådana, av de olika åtgärder som genomförts, samt kostnader för dessa.

De sistnämnda resultaten gäller strikt för de aktuella husen och kan bara generaliseras med stor försiktighet. Från den synpunkten bör man uppfatta de två först nämnda typerna av resultat som de kanske värdefullaste.

Jämförelsen mellan "teoretisk" och "verklig" spareffekt utföll ogynnsamt för såväl tilläggsisolering av fasad som komplettering till treglasfönster (se nedan). Vilka förklaringarna än är manar resultatet till eftertanke, försiktighet och fortsatt forskning om flerbostadshusens byggnadsfysikaliska funktions-sätt. Sätillvida bör de kvantitativa resultaten tillmätas generell betydelse.

2.1 Det ursprungliga programmet baserat på vad man 1979-80 kunde anse värt att pröva omfattade förslag till 25 olika åtgärder. Ställt mot den krassa verkligheten reducerades det till 11 åtgärder. Ytterligare någon kan bli användbar med teknik som nu är under utveckling.

Administrativa, personanknutna eller liknande hinder har ej stoppat någon åtgärd men i flera fall verkat ökande på kostnader eller minskande på omfattningen.

Även detta är en viktig erfarenhet av stor betydelse vid bedömning av landets sparmöjligheter i stort.

2.2 Såväl mätteknik som beräkningsmetoder har utvecklats inom och i anslutning till projektet. Särskilt kan nämnas metoder och utrustning för temperaturregistrering, luftflödesmätning samt sättet att räkna i anslutning till dessa. Sålunda har mycket av underlaget till rapporten R 1:1984, Nylund: Räkna med luftläckning, tagits fram i anslutning till Sundbybergsprojektet.

Ett såvitt bekant nytt begrepp "energigenomgångstalet" ( $A$  kWh/h. $^{\circ}$ C) introduceras i föreliggande arbete som en storhet för att karaktärisera byggnaders energistatus. För ett antal av åtgärderna baseras den beräknade spareffekten på den konstaterade förändringen av detta "A-värde".

2.3 De olika åtgärdernas resultat anges nedan, med olika grad av säkerhet. Siffervärdena hämtade från kapitel 11.

#### 2.301 Tilläggsisolering av vindsbjälklag

Transmissionsförlusterna synes ha minskat så som förväntat, även om samtidig ändring av ventilationssystemet försvårar utvärderingen. Besparingseffekten har beräknats till totalt 76 MWh/år eller 14 kWh/m<sup>2</sup> till en investeringskostnad motsvarande 36:-/m<sup>2</sup> pBRA.

#### 2.302 Tilläggsisolering av yttervägg (norrvägg)

Verkligt k-värde hos fasaden är enligt mätning efter tilläggsisolering sämre än beräknat. Besparingseffekten uppgår till totalt 78 MWh eller 18 kWh/m<sup>2</sup> pBRA och år. Den är därmed, även om hänsyn tas till ovannämnda sämre k-värde, ca 70% av den förväntade. Existerande förutsättningar ledde till kostnaden 630:-/m<sup>2</sup> fasadyta exkl moms. Det innebär 191:-/m<sup>2</sup> pBRA.

#### 2.303 Komplettering av fönster till tre-glas

Den besparingseffekt vi kunnat konstatera är 81 MWh eller 16 kWh/m<sup>2</sup> pBRA.

Kostnaden för ett system var 670:- och för ett annat 360:-/m<sup>2</sup> fönster. Detta motsvarar 102:- resp 54:-/m<sup>2</sup> pBRA. Effekten är knappt 35% av den "teoretiskt" förväntade. Huruvida detta beror på metodiken, instrumenteringen eller verkligen utebliven besparing kan alltid diskuteras.

En förklaring kan vara att åtgärden på grund av vädring och annat endast har spareffekt under en del av uppvärmningssäsongen.

#### 2.304 Förbättring av täthet

Under projekttiden har mognat den teoretiska insikten att utom i självdragshus har tätning i sig ingen nämnvärd spareffekt. Praktiskt har denna uppfattning bekräftats. Ett av experimenthusen har självdrag, men där har luftväxlingen mera påverkats av nya fönsterventiler (se nedan) än av tätningen. Annars skulle tätning lett till oacceptabel luftkvalitet. Kostnad 6:40/m<sup>2</sup> pBRA.

#### 2.305 Förbättring av självdragsventilation

Den använda konstruktionen ("Springsparven") har enligt genomförda enkäter i sin senaste version medfört förbättrade hygieniska förhållanden.

Ändrad energiförbrukning har ej kunnat registreras.

#### 2.306 Injustering av ventilationsflödet till 0,5 oms/h

Ursprunglig ventilation är här ett diffust begrepp på grund av bristande sotning mm. Här har uppnåtts godtagbar hygien med 0,5 oms/h plus forceringsmöjlighet i kök och bad. Ökad energiförbrukning i genomsnitt ca 3 kWh/m<sup>2</sup>. Kostnad 27:-/m<sup>2</sup> pBRA. Man noterar att don och fläktar måst bytas, annars vore kostnaden 6:-/m<sup>2</sup>.

I hus med klarlagt antal luftomsättningar kan alltså rimligen den "teoretiska" spareffekten, vilken den nu är, nås till en kostnad i detta intervall (6-27 kr/m<sup>2</sup>).

#### 2.307 Frånluftsvärmepump

Pumpen arbetar på frånluft från 45 lgh och försörjer 124 lgh med varmvatten. Energibesparing 275 MWh/år motsvarar 29 kWh/m<sup>2</sup> pBRA, år eller 2 255 kWh/lgh, år.

Från detta skall dras ökad ventilationsförlust, som mest 64 MWh/år. Återstår 22 kWh/m<sup>2</sup> resp 1730 kWh/lgh.

Normaliserad investeringskostnad inkl speciella byggkostnader 710 000:-.

#### 2.308 Injustering av uppvärmningssystem mm

Denna åtgärd har ej kunnat föras till ett godtagbart resultat. Svårigheterna att få en fungerande justering gjord är enligt våra erfarenheter långt större än väntat. Detta gäller även installation av termostatventiler och att få dessa att fungera. Totalkostnaden är under sådana förhållanden inte av intresse. För ett av områdena var kostnaden enligt anbud 22:-/m<sup>2</sup> exkl moms.

Endast för ett område, och då utan termostatventiler, nåddes obetydlig positiv effekt 1,6 kWh/m<sup>2</sup>, år.

Slutsatsen är i första hand att upphandling bör ske med funktionsansvar beträffande lägenhetstemperaturerna av ett företag som även bär ansvar för erforderliga beräkningar.

#### 2.309 Sänkning av varmvattentemperaturen

Beräknad spareffekt totalt 7 MWh i genomsnitt per hus, eller 3 kWh/m<sup>2</sup> pBRA. Dock tveksamt om siffran egentligen är betingad av temperatursänkning.

Kostnad per hus 55 000:- eller 24:-/m<sup>2</sup> exkl moms.

### 2.310 Byte till snålspolande armatur

Så som armaturerna är, och då byte av hela armaturerna ej var aktuellt, kunde enligt fastighetsägaren endast strypning av duschar komma ifråga. Begränsningen blir från max 0,4 till 0,2 l/s.

Spareffekt går inte att urskilja i totala energibalansen. Mätningarna har då studerats på vattensidan separat. Beräkning visar den goda besparingen 30 liter varmvatten per lägenhet och dygn. Vid konstant temperatur (50°C) motsvarar detta 0,5 MWh/lgh,år eller 7 MWh/m<sup>2</sup>, år. I verkligheten gick dock temperaturen från varmvattenberedaren upp, varför energibesparing uteblev.

Kostnad inkl arbete 75:- per dusch, dvs per lägenhet, vilket ger investeringen ca 1:-/m<sup>2</sup>.

### 2.311 Styrning av varmvattencirkulation

Styrningen har skett enligt ett veckoprogram så att cirkulationspumpen endast går sammanlagt 24 timmar per vecka. En besparing på åtminstone 360 kWh/lgh,år eller totalt 24 000 kWh/år är påvisad.

Kostnad 9.400:- exkl moms. Tydligen kort återbetalningstid på en måttlig investering.

### 2.4 Möjlighet att koppla samman de framgångsrika åtgärderna till ett "totalpaket"

En genomgång av de olika byggnadernas förutsättningar visar att den rubricerade kombinationen inte går att göra. Denna slutsats kan från abstrakta utgångspunkter verka överraskande, men blir ganska självklar då man betraktar verkligheten. Situationen torde vara ganska allmängiltig.

En sammanslagning av de kombinationer som skulle vara möjliga har dock gjorts beräkningsmässigt i avsnitt 2.6.



2.5 Sundbybergsprojektet  
Sammanställning av investeringskostnad och årlig besparingsseffekt

Åtgärd	Investering kr/m <sup>2</sup> pBRA exkl moms	"Teoretiskt"* förväntad besparing kWh/m <sup>2</sup>	"Verklig"** besparings- effekt kWh/m <sup>2</sup> , år
L Tilläggsisolering vindbjälklag	36:-	14	14
A Tilläggsisolering norrvägg	191:-	27	18
Ö Kompl till treglas	102:- alt 54:-	20	7
S Injustering ventilation till 0,5 oms/h	27:-	-	-3
L Frånlufts- värmepump	75:-	(29)	22-28
S Sänkning varmvattentemp.	24:-	-	3***
Ö Flödesbegränsande duskmunstycken	1:-	-	0-7****
A Styrning VVC	2:20	-	5-6
Injustering värmesystem	22:-*****	-	-

Fotnoter:

\*Med "teoretiskt" förväntad effekt menas inte ett värde enligt djup teoretisk analys. Snarare avses det värde man får enligt gängse schablonmässiga beräkningsmetoder, dock utgående från verkliga temperaturer inne och ute.

\*\*Med "verklig" besparingseffekt avses beräknad besparing baserad på mätningar enligt den i denna rapport presenterade A-värdesmetoden som anger den uppnådda förändringen hos (det bebodda) huset och på sitt sätt eliminerar inverkan av hur värmeanläggningen sköts.

\*\*\*Tvivelaktigt värde.

\*\*\*\*Värdet 7 är en teoretisk potential, om temperaturen kan sänkas till ursprunglig nivå utan flödesökning. I experimentet steg temperaturen i proportion till flödesminskningen så att effekten från varmvattenberedaren blev konstant, vilket representeras av besparingsvärdet 0.

\*\*\*\*\*Exklusive tilläggskostnader.

2.6 SundbybergsprojektetBesparingsresultat uttryckt som energibehov före respektive efter åtgärd

Betraktelsesättet är inte helt relevant för projektet, som mera handlat om att utvärdera förändringar hos byggnaderna än om de absoluta förbrukningarna före och efter åtgärd. För att kunna jämföra med övriga sk energisparkvarter i BFR:s skrift G9:1986 har dock nedanstående beräkning gjorts.

"Föreförbrukning" enligt tabell 4:1 kWh/m <sup>2</sup>	Besparing enl 2:5	Motsvarande "eftervärde"	Tänkbara kombinationer	Motsvarande eftervärde
Skogsbacken (S) 220	-3+3= 0	220	7-3+25+3+ +3+5= 40	180
Ateljévägen (A) <u>270</u>	18+6= 24	<u>246</u>	14+18+7+ +3+3+5=50	<u>220</u>
Örsvängen (Ö) <u>186</u>	7+(0à7) 10	<u>176</u>	7+25+3+3+ +5=43	<u>143</u>
Logdansvägen(L) 255	14+(22à28) 40	215	14+7+25+3+ +3+5=57	198

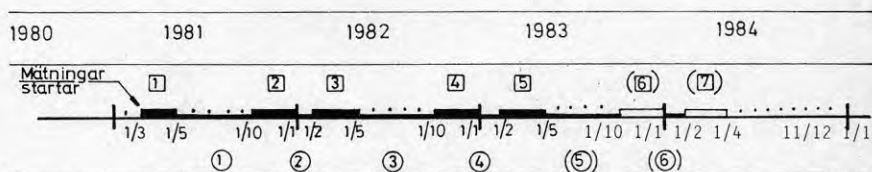
Alltså: Energibehov före åtgärder 186-270 kWh/m<sup>2</sup>,år  
 -" efter -" 176-246 -"

Åtgärderna har ej kombinerats till fullständiga paket. Tänkbara kombinationer av de provade åtgärderna skulle sannolikt ha givit som resultat 143-220 kWh/m<sup>2</sup>,år.

### 3. Beskrivning av FOU-projektet

Projektets syfte och resultat framgår väsentligen av förordet, sammanfattningen i kap 2, objektbeskrivningen i kap 4 och åtgärdsprogrammet i kap 6.

Den ursprungliga tidplanen i stort framgår av nedanstående figur, där siffror inom cirkel anger bygpperioder då någon åtgärd vidtas (isolering, inreglering, ändring av ventilation osv). Siffror inom fyrkant anger mätperioder.



( ) = Period i reserv eller för bekräftelse

#### Ursprunglig tidplan

Mätperioden 1 blev i verkligheten en test- och intrimningsperiod för mätsystemet. De egentliga "föremätningarna" skedde period 2 och delvis 3. Följaktligen har reservperioderna 6 och 7 måst tas i anspråk. Svårigheter med framför allt injustering av värmesystemet medförde fortsättning även under vinterhalvåret 1984-85.

Projektorganisation se bilaga 3:1.

#### Parternas uppgifter i projektet

Projektledningen (ABV): Söker och förvaltar BFR-bidrag. Leder och driver projektet. Samordnar konsultarbete. Upprättar kostnadsberäkningar, budget och tidplaner. Upphandlar utrustning och installationer enligt upprättade handlingar. Söker erforderligt bidrag, lån och ev byggnadslov för beslutade åtgärder i samråd med fastighetsägaren. Beskrivande och diskuterande delar av rapporten.

Fastighetsägaren (AB Förvaltaren): Söker och förvaltar experimentbyggnadstjänst och energisparlån. Granskar och godkänner programförslag. Information till hyresgäster. Avtal om tillträde till lägenheter. Kunskap om fastigheterna.

Tyréns: Byggnadsteknik. Energiteknik. Mätningar. Redovisning av insamlade data. Förslag till sparåtgärder. Beräkningar. Utvärdering. Teknisk-vetenskapliga delar av rapporten.

Bengt Dahlgren Stockholm AB: Förslag till och projektering av installationsåtgärder. Beräkningar och utvärdering av värmepumpsinstallation samt varmvattencirkulation. Motsvarande delar av rapporten.

Rejlers: Program och system för mätning av temperatur och energi. Avläsningsrutiner för samtliga mätsystem. Projekttering av el-tekniska delar.

Scandiaconsult: Energiteknisk besiktning av fastigheterna samt vissa mätningar. Konventionellt åtgärdsprogram. Program för mätning av kallvattenförbrukning, varmvattenförbrukning och värmemängder.

Svensk Aktuell Elektronik: Konstruktion och tillverkning av temperaturmätenheter.

ABV-Teknik: Byggnadsteknik. Ledning, upphandling och besiktning av installationsåtgärder.

ABV Stockholmsdivisonen: Kostnads kalkyler. Produktion. Underentreprenader. Tids- och kostnadsuppföljning.

## 4. OBJEKTEN (BYGGNADERNA)

4.1 Kriterier för val av objekt

- . Ort
  - lättillgängligt för de medverkande
  - lättillgängligt för demonstration
- . Fastighetsägare
  - intresserad för energisparfrågor
  - personal beredd att engagera sig
  - korta beslutsvägar i organisationen
  - beredd till åtagandet att stå som låntagare för experimentbyggnadslån
- . Typ av bebyggelse
  - flera likadana hus som möjliggör jämförelser
  - inte äldre än ca 1930
  - representativ för sin årgång, varken extra dålig eller extra bra från början.

Genom AB Förvaltaren (det allmännyttiga bostadsbolaget i Sundbybergs kommun) och dess bebyggelse i Storskoge och Ör visade sig samtliga ovannämnda kriterier uppfyllda.

4.2 Byggnadernas antal, ålder, utförande, konstruktion

Projektet berör fyra husgrupper. Ur vardera har valts 3 (resp 2) hus, sammanlagt 11 hus:

Ateljévägen	2 st	fyravåningshus	1950-tal
Skogsbacken	3 st	åttavåningshus	1950-tal
Logdansvägen	3 st	fyravåningshus	1960-tal
Örsvängen	3 st	nio våningshus	1960-tal

Sundbybergsprojektet innehåller alltså egentligen fyra "energisparkvarter".

Genom mätteknisk delning av ett hus på Ateljévågen motsvarar totala antalet 12 hus. Antal lägenheter 542 st.

Husen är fjärrvärmda med i huvudsak en undercentral per husgrupp. På Ateljévågen finns en central per hus och på Örsvången en för projektets 3 hus. På Skogsbacken levererar vardera centralen värme till fem hus, varav tre ingår i projektet. På Logdånsvågen finns en undercentral för referenshuset och en gemensam för de två experimenthusen.

Husen har betongstomme, ytterväggar av 250 mm tegel + 50 mm träullsplatta + invändig och ibland utvändig puts. Vissa väggar av lättbetong resp betong + 100 min-ull + 12 mm tegel. Följande sidor illustrerar byggnadernas läge, typ och utseende.

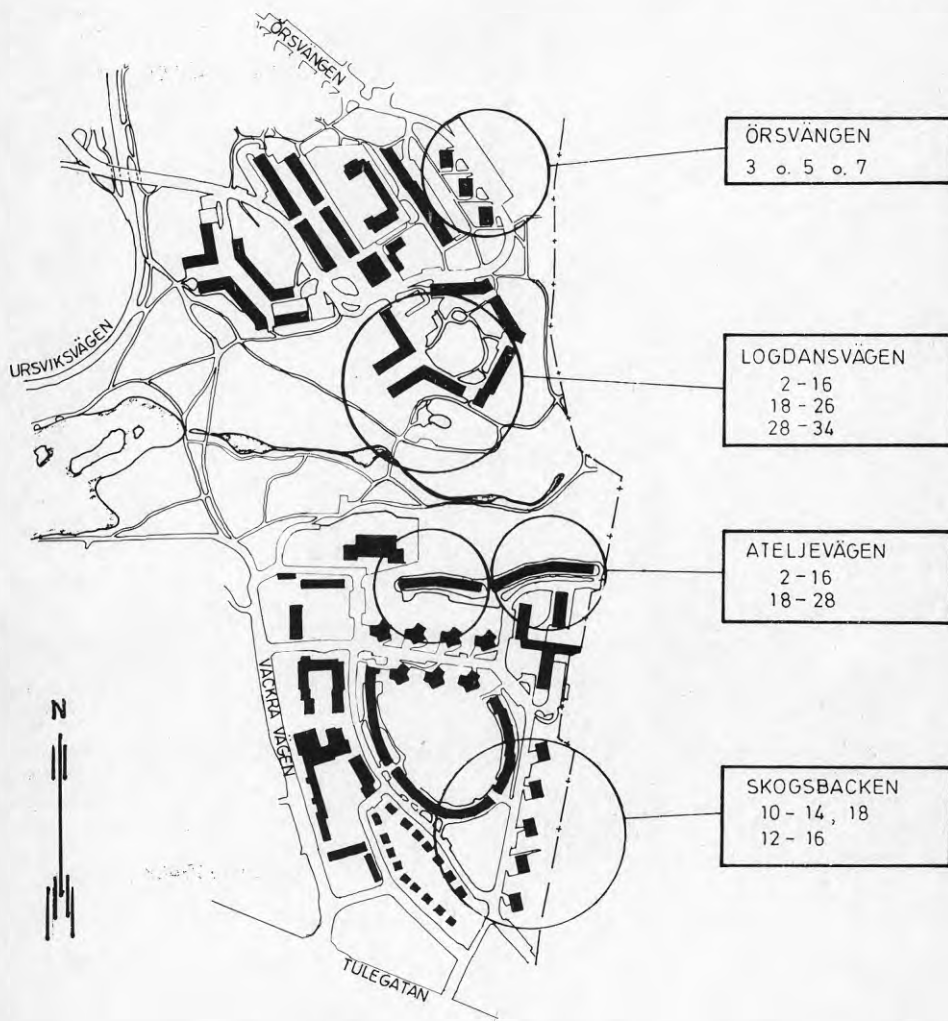
Tab 4:1 är en sammanställning av byggnadernas konstruktion och utförande.

Tabell 4:2 ger ytorna (pBRA) och antalet lägenheter samt lokaler uppdelade på respektive fastighet.

## Uppgifter om byggnaderna

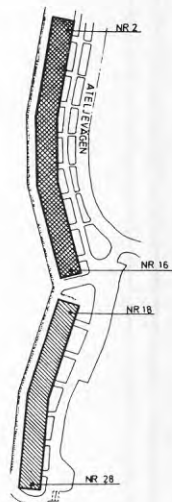
Två trevåningshus på Ateljévågen och tre punkthus på Skogsbacken ingår i projektet och ligger inom Storskogsområdet från början av 50-talet. Tre trevåningshus på Logdansvägen och tre punkthus på Örsvängen ligger i Örområdet och representerar bebyggelse från tidigt 60-tal.

- Uppvärmning med fjärrvärme.
- Självdragsventilation på Ateljévågen, i övrigt mekanisk frånluft.
- Ytterväggar av 1 stens tegel + invändig träullsplatta, putsad. (I Ör vissa väggpartier av lättbetong).
- Sammanlagt 11 hus med 542 lägenheter.





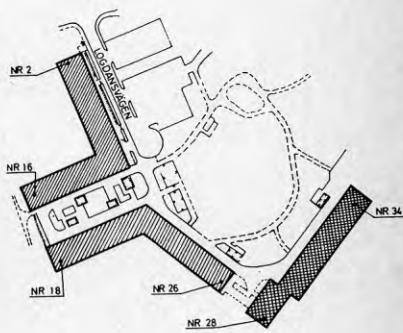
ATELJEVÄGEN



SKOGSBÄCKEN







LOGDANSVÄGEN



■ REFERENSHUS  
 ▨ EXPERIMENTHUS

ÖRSVÄNGEN

Tabell 4:1

Område/objekt	Ateljév	Skogsb	Örsv	Logdansv	Anm
Byggnadsår	1953-55	1953-55	1964-67	1964-67	
Hustyp	Lamell- hus	Punkt- hus	Punkt- hus	Lamell- hus	
Antal hus	2	3	3	3	
Antal vån	4	8	8	3	
Antal läg tot	154	118	96	177	
Läg.yta tot	9606	6655	7368	13651	m <sup>2</sup>
Lokalyta tot	382	269		74	m <sup>2</sup>
Fasadarea tot	7110	4056	7050	5670	m <sup>2</sup>
Ytterv.area tot	4365	2235	4134	2825	m <sup>2</sup>
Fönsterarea tot	1500	711	1465	1810	m <sup>2</sup>
Fönsterarea, fasadarea	0,21	0,18	0,21	0,32	
Spec energiför- brukning före	270	220	186	255	kWh/m <sup>2</sup>
Ytterv.konstr.	1,6-teg	1,6-teg	se ned 1	se ned 2	
Fasadyttskikt	tegel	tegel	" -	" -	
Isolering	50 mm	50 mm	" -	" -	
	trä- ullspl	trä- ullspl	gavel	gavel	
k-värde yttervägg	0,7	0,7	0,5 0,3	0,5 0,3	W/m <sup>2</sup> , °C
" - vindsbj.lag	0,7		0,3-0,4	0,7	" -
" - fönster	3	3	3	3	" -
Uppvärmn.system	Fjärrvärme samtliga hus				
Ventilationssystem	S	F	F	F	
Fasadren.behov	nej	nej	nej	nej	
Fönsterren.behov	nej	nej	nej	nej	
Annat ren.behov	nej	nej	nej	nej	
Kan vindsutrymme ut- nyttjas för ev åter- vinningsutrustn?	ja	ja	ja	nej	
Kan mätning av energiförbr. göras i varje hus	ja	ja*	ja*	ja*	

\*först efter komplettering som gjorts i projektet

#### Anmärkningar

- 200 mm lättbtg+70 mm lättbtgplank, 300 mm lättbtgstav, gavelväggar 150 mm btg+120 mm tegel
- 270-300 mm lättbtg, gavelväggar 150 mm btg+100 mm min.ull+120 mm tegel

Tabell 4:2 (Ytorna anges i pBRA)

Adress	Infl år	Antal		Ytor		Tot ytor
		Lgh	Lok	Lgh	Lok	
Ateljév 18-28	-55	66	2	4100	175	4275
Ateljév 2-16	-55	88	3	5506	207	5713
Skogsb 18	-53	40	-	2261	-	2261
Skogsb 16	-54	40	1	2261	80	2341
Skogsb 10	-54	38	2	2133	189	2322
Logdansv 2-16	-67	51	-	3801		3801
Logdansv 18-26	-67	73	2	5475	44	5519
Logdansv 28-34	-66	56	1	4375	30	4405
Örsvängen 3	-65	32	-	2456		2456
Örsvängen 5	-65	32	-	2456		2456
Örsvängen 7	-65	32	-	2456		2456

## 5. BESTÄMNING AV STATUS FÖRE ÅTGÄRDER

Vintern 1979-80 genomfördes genom Scandiaconsult en energiteknisk besiktning i huvudsak enligt den modell som då användes av kommunerna vid energisparrådgivnin till privata fastighetsägare.

Den gav för varje ingående byggnad storleksuppgifter (antal och ytor för lägenheter och lokaler), teknisk beskrivning och normalårskorrigerad energiförbrukning baserad på AB Förvaltarens statistik. Dessutom förtecknades enligt praxis lämpliga åtgärder, ungefärlig besparing och investeringskostnaden, vilket ger en återbetalningstid som kan räknas utan ränta om energipriset antas stiga med (real-)räntans %-tal årligen.

Tabell 5:1 visar den sammanställning av åtgärder och mått på deras ungefärliga lönsamhet som framlades. De ger också uttryck för byggnadernas energitekniska status. Däremot grundades valet av åtgärder endast delvis på detta förslag. Se i stället kapitel 6.

Tabell 4:1 visar energiförbrukningen, hämtad från driftstatistiken. Den var tämligen normal, på Örsvängen bättre än genomsnittet.

Tabell 5:1

Förslag till åtgärder enligt konventionell energibesiktning

OMRÅDE/OBJEKT	Föreslagen åtgärd	Ung energi- besp. kWh/år	Ung kostn. besp. kr/år	Schabl.mäss. invest. kostn. kr	Återb tid år
Logdansv 2-16	Tättnings- åtgärder	100.000	11.000	44.000 kr br 41.000 kr n	4
Logdansv 18-26	Tilläggs- isolering av vindsbjälklag	60.000	6.600	60.000 kr br 39.000 kr n	9 5,9
Logdansv 18-26	Inreglering av värmesyst.	96.000	10.500	22.000 kr br 14.300 kr n	2 1,3
Logdansv 28-34	Referenshus				
Örsvängen 3	Tätning av ytterväggar	23.000	2.500	19.000 kr (ej statsbidrag)	7,7
Örsvängen- 3	Tätning av fönster o dörrar	45.000	5.000	16.000 kr br 14.300 kr n	3,2 2,9
Örsvängen 5	Nattnedlägg- ning	10.000	1.100	förutsätter inreglerat system	0
Örsvängen 5	Inreglering	39.000	4.200	10.000 kr br 6.500 kr n	2,3 1,5
Örsvängen 7 Skogsb 10 Skogsbacken 16	Referenshus Referenshus Tätning av fönster o dörrar samt karm/vägg	40.000	4.400	15.000 kr br 12.900 kr n	3,4 2,2
Ateljév 18-28	Tilläggs- isolering	96.000	10.600	580.000 kr br 508.000 kr n	55 48
Ateljév 2-16	Referenshus				
Ateljév 18-28	Tilläggs- isolering av vindsbjälklag	58.000	6.400	55.000 kr br 36.000 kr n	8,6 5,6
Ateljév 18-28	Vatt.besp åtg				

n = netto = efter statsbidrag

br = brutto

## 6. ÅTGÄRDSPROGRAM

Direktiven från BFR var under intryck av 1979 års energiprisökningar sådana, att även för dagen olönsamma åtgärder skulle prövas och utvärderas. Detta med hänsyn till beredskapen inför framtida "energikriser". Det var därför uttalat att även åtgärder med lång återbetalningstid, exempelvis över 50 år, skall komma ifråga. Ovanliga system och konstruktioner, gärna innovativa, borde också prövas.

Efter idéjakt bland de medverkande experterna och de dittills i energisammanhang mera oerfarna, som kunde förväntas ha friska ögon, förelåg en bruttolista (tabell 6:1).

Tabell 6:1

1. Tilläggsisolering av vindsbjälklag
2. Tilläggsisolering av ytterväggar
3. Värmeisolering av invändiga trapphusväggar
4. Värmeisolering av bjälklag över garage och igensättning av garagefönster
5. Komplettering av fönster till treglas
6. Förbättring av täthet
7. Förbättring av självdragsventilationen
8. Förbättring av självdragsventilation i nedre våningar, mekanisk frånluft i övre
9. Styrd frånluftsventilation i hus som idag har självdrag
10. Normering av ventilationsflödet till 0,5 oms.
11. Värme till tappvarmvatten ur frånluft med hjälp av värmepump
12. Värme till trapphus ur frånluft med hjälp av värmväxlare

13. Värme till trapphus och lägenheter ur frånluft med hjälp av värmeväxlare och överluftsdon
14. Styrning av frånluft (tid och mängd) med kopplingsur och termostat
15. Injustering av uppvärmningssystem
16. Utbyte av radiatorventiler
17. Byte till snålspolande armatur
18. Flödesvariation genom hastighetsreglering av fläktar för anpassning till rådande ventilationsbehov
19. Sänkning av varmvattentemperaturen, eventuellt successivt.
20. Sänkning och säkrare styrning av innetemperaturen
21. Sektionering av trapphus för att minska termiska krafternas inverkan på ventilationsflödet
22. Återvinning av värme ur avloppsvatten
23. Energibesparing i tvättstugor
24. Användning av frånluft från bostäder för att värma garagen
25. Inglasning av balkonger eller fasader

På basis av tabell 6:1 konstruerades ett försöksprogram där i stort sett alla åtgärderna (utom nr 25) fanns med. Målet var att urskilja effekten av varje åtgärd för sig, och att göra detta parallellt i två identiska experimenthus. Med fyra mätperioder till förfogande fås genom en enkel beräkning

$$\frac{24 \text{ åtgärder} \times 2 \text{ parallella försök}}{8 \text{ experimenthus} \times 4 \text{ perioder}} = 1,5$$

Alltså skulle man hinna göra 1 à 2 åtgärder i taget och utvärdera dem. Om kombinationerna väljs på ett vettigt sätt betyder det att energispareffekten skulle kunna mätas urskiljbart för varje enskild åtgärd. Tidplanen lades upp för att genomföra själva åtgärdsprogrammet på två år, dvs de fyra mätperioderna

Detta ursprungliga program såg ut på följande sätt:

## BYGGPERIOD

Sommar 1981	Januari 1982	Sommar 1982	Januari 1983
7-8 Reglerande springventiler	6 Förbättring av täthet 19 Reglering av VVC-pump	9 Frånluftsfläktar 2 Utvändig isolering av norrvägg	<u>ATELJÉ-VÄGEN</u> <u>18-22</u>  <u>24-28</u>
6 Förbättring av täthet	7-8 Reglerande springventiler 19 Reglering av VVX-pump	24 Tryckbalansering med av trapphus (väggar etc)	15+16 Byte av radiatorventiler + injustering av värmesystem  <u>SKOGS-BÄCKEN</u>
6 Förbättring av täthet på referenshuset nr 10	10 Ventilation = 0,5 oms beroende av uttemp. 20 Sänkt VV-temp.	14 Styrning av frånluft med kopplingsur	23 Individuella varmvattenberedare  <u>LOGDANS-VÄGEN</u>
1 Tilläggsisolering av vindsbjälklag	21 Justering av rumstemp. 11 Värme ur frånluft till tappvarmvatten med värmepump  5 Konvertering av fönster	12 Värme ur frånluft till trapphusen VVX (ev 6 Förbättring av täthet)	13 Värme ur frånluft till trapphus till lägenhet  <u>ÖRSVÄNGEN</u>

I verkligheten har antalet genomförda åtgärder blivit väsentligt mindre (hälften). Anledningarna till detta fördelar sig på följande sätt (nummer enligt tabell 6:1).

- a) Förslaget tålde inte en närmare teoretisk prövning. Det kan beräknas ge ingen eller helt obetydlig spar-effekt  
Gäller åtgärd 3, 4, 9, 21
- b) Prövat på annat håll under mellantiden med rapporterat negativt resultat  
Gäller åtgärd 12, 13



- c) Befintliga lösningar på marknaden framstår som alltför omfattande och dyrbara i ombyggnadssammanhang Gäller åtgärd 22 (energin återvinns med fördel efter reningsverket)
- d) Svårt i flerbostadhus med hänsyn till olika utnyttjande av lägenheterna. Gäller åtgärd 14 och 18, då man redan genomfört 10. Däremot har 10 kombinerats med forceringsmöjlighet i kök och badrum.
- e) Fanns redan i huset Gäller åtgärd 24
- f) Mera en apparatteknisk fråga som ej bör ingå i projektet. Gäller åtgärd 23
- g) Parallellt bedrevs i inledningsskedet ett BFR-projekt nr 791572-6 av Södergren och Franzén. Rapporten, "Tillvaratagande av solenergi i befintliga flervåningsbyggnader", baseras bl a på tänkbara konstruktioner för Ateljévågen samt energiberäkningar och kalkyler för dessa. I rapporten visas att metoden att glasa in balkonger eller fasader inte ger energibesparingar som motiverar investeringarna. Gäller åtgärd 25

De åtgärder som genomförts i verkligheten är alltså följande (ny numrering):

- 1 Tilläggsisolering av vindsbjälklag
- 2 Tilläggsisolering av ytterväggar
- 3 Komplettering av fönster till treglas
- 4 Förbättring av täthet
- 5 Förbättring av självdragsventilation
- 6 Injustering av ventilationsflödet till 0,5 omsättningar per timme
- 7 Värme till tappvarmvatten ur frånluft med hjälp av värmepump
- 8 Injustering av uppvärmningssystem, utbyte av radiatorventiler, bättre styrning av innetemperaturen

- 9 Sänkning av varmvattentemperaturen

- 10 Byte till snålspolande armatur

Tillkommit har dessutom:

- 11 Styrning av varmvattencirkulation

Om möjligheten att koppla samman alla de viktiga åtgärderna till ett "totalpaket"

Det visar sig vid planeringen inte möjligt att med framgång tillämpa samtliga åtgärder tillsammans på någon av byggnaderna. Skälen är följande:

Utvändig tilläggsisolering kommer knappast ifråga på hus med fasadtegel. Våra enda putsade hus har självdragssystem och det fanns inget system på marknaden för att återvinna energi ur frånluften från dessa hus.\* På höghus har vindsisolering ringa effekt på totalförbrukningen och är därför mindre intressant och svår att urskilja vid energimätning.

\*Sådant system finns dock numera utvecklat. Till detta har erfarenheter från Sundbybergsprojektet bidragit, åtminstone marginellt.

## 7 GENOMFÖRANDE AV ÅTGÄRDER

7.1 Förutsättningarna för genomförandet av energisparåtgärder påverkas i hög grad av

- ägarförhållandena för de aktuella fastigheterna
- kompetens och organisation hos aktörerna
- vald upphandlingsform och projektor-  
organisation

Till ägarförhållandena kan räknas frågan om brukarnas (de boendes) position.

Upphandlingsform och projektorganisation hänger nära samman, vilket kanske inte alltid beaktas tillräckligt. De påverkar och påverkas i sin tur av kompetens och organisation hos aktörerna.

I energisparkvarteren tillkommer också i högsta grad

- påverkan av att det hela är ett FoU-projekt.

Vid studium av vilka svårigheter och problem som funnits är det svårt att dra slutsatser om hur projektet skulle gått utan denna FoU-påverkan.

FoU-synpunkter har varit styrande för

- val av åtgärder
- val av i vilka hus resp åtgärder genomförts
- tidplaner
- ordningsföljden
- att åtgärder som annars bort göras samtidigt gjorts en i taget
- syn på lönsamheten
- syn på innebörden av förseningar
- förvaltarens attityd
- de boendes attityd
- konsulter och entreprenörers attityd
- finansieringen.

## 7.2

Som framgår av kapitel 3 har totalansvaret gentemot Förvaltaren legat hos ABV. ABV har alltså haft samtliga energisparåtgärder på totalentreprenad på löpande räkning. Ett avtal har träffats med Förvaltaren om täckning för redovisade självkostnader samt ett pålägg för central administration.

För vissa byggnadstekniska åtgärder liksom för konsultkostnader innebär detta givetvis utebliven priskonkurrens, men flertalet åtgärder, även många byggnadstekniska, har upphandlats som underentreprenader. I vissa fall, huvudsakligen på grund av tidsnöd, har detta skett genom direktupphandling men oftare efter förfrågan och upphandling i konkurrens.

En stor fördel med denna totalentreprenad på löpande räkning är i detta fall att ABV och Förvaltaren i FoU-projektets intresse har direkt kunskap och insyn i kostnadernas fördelning.

## 7.3

Här följer, åtgärd för åtgärd, en beskrivning av genomförandet inklusive "projektering".

### 7.301 Tilläggsisolering av vindsbjälklag (Logdansvägen)

Åtgärden stödes från FoU-synpunkt av pågående isoleringsverksamhet i området. Logdansvägen 2-16 kom således att isoleras i förtid till nackdel för utvärderingen.

Projekteringen bestod i inspektion av vindsutrymmet och anvisningar till den specialentreprenör som utförde arbetet, nämligen sprutning av flockad mineralull till angiven tjocklek (30 cm).

Valet av material och entreprenör skedde efter infordrande av anbud.

(Även i samband med värmeåtervinningsinstallationen (värmepumpen) sprutades lösull, för att isolera kring ventilationskanalerna och minska förlusterna från dem, se 7.307.)

Sammanfattningsvis kan man konstatera att lösullsisolering av vindsbjälklag inte stött på några särskilda hinder.

Kalla ytor i anslutning till husets genomgående dilatationsfogar bidrar till kvarstående komfortproblem.

### 7.302 Tilläggsisolering av ytterväggar (Ateljévägen)

"Projekteringen" bestod i att bestämma omfattningen samt val bland på marknaden föreliggande metoder. Tjockleken valdes till den maximala utprovade för metoden ifråga (80 mm mineralull + 20 mm träullsplatta).

Byggnaden har en utpräglad öst-västlig orientering (sid 4:2), dvs en nord- och en sydfasad samt relativt små gavelytor. Sydfasaden (sid 4:3) är indelad i olika färgfält och domineras av tätt sittande fönster och balkonger. Marken är tätt planterad. Kostnaden för ett arbete på sydsidan skulle därför bli stor, liksom störningarna för hyresgästerna. Samtidigt skulle effekten bli mindre med hänsyn till solstrålningen, det mera skyddade läget och de relativt små obrutna fasadytorna. För nordfasaden gäller motsatsen: Utsatt läge, större obrutna ytor, inga balkonger, asfalterad mark.

Det befanns därför riktigast både praktiskt och för energisparingskostnadens skull att endast isolera nordfasaden. Även estetiskt var ett ingrepp på sydfasaden svårare att acceptera.

Vid metodvalet kunde tre grupper av metoder utskiljas för utvändigt isolering. Invändigt isolering diskuterades också men föll bort redan på grund av att lägenheternas yta inte fick minskas.

- a) mineralull + skivmaterial, ofta = plåt
- b) cellplast + fiberarmerad tunnputs
- c) isoleringsmaterial + tjockputs
- d) speciella isolerputser

Valet skedde genom praktiskt orienterade resonemang med fastighetsägarens representant. Det kan inte påstås ha skett på vetenskaplig grund men bör heller inte avfärdas som irrationellt. I varje fall torde beslutssituationen vara ganska representativ. Det som valdes var den sk tm-metoden tillhörande grupp c. Detta är inte en billig metod utan snarare en av de dyraste.

Följande skäl till valet kan urskiljas:

- Estetiska. Ingen ändring av utseendet, utöver att fönsternischerna blir djupare. Till detta hör önskan om enhetlighet, då som nämnts endast en fasad isolerades. Vidare var den befintliga fasaden i utmärkt skick. I andra sammanhang, då fasaden behöver renoveras, kan en uppfräschning i sig bli en estetisk vinst, även vid materialbyte. Putsens befintliga grova ytstruktur var också sådan att den svårligen kan efterhärmas med andra material.
- Anpassning till tradition och beprövad erfarenhet. Den förväntade livslängden hos byggnader talar för en konservatism i materialvalet. Vi är för närvarande i en period då många erfarenheter av dåliga lösningar kommer fram som resultat av friska satsningar på nya material under byggboomen. Inställningen var ganska kategorisk och skulle kräva mycket argumenterande och dokument för att bryta igenom: "Man var överens om att plastmaterial ej skulle komma till användning." En annan sak är att i kombination med tilläggsisolering är erfarenheterna av tjockputs fortfarande begränsade och inte alltid goda. Bl a förekommer ibland sprickbildning, vilket även framträtt på Ateljévägen.
- Finansieringen var gynnsamt ordnad i detta experimentbygge. Ovanstående estetiska och traditionsbundna inställning ställdes alltså inte mot den krassa ekonomiska verkligheten. Man kan med stor säkerhet säga att den aktuella beslutsfattaren kopplad till den aktuella fastigheten och en normalt förekommande ekonomisk situationen helt avstått från tilläggsisolering över huvud taget.

Arbetet utfördes av ABV:s egen personal, som tidigare arbetat med tm-metoden.

Efter anpassning av material och teknik till att mycket väl härma befintlig fasad fanns inga hinder vid byggnadslovsprövning, likaså var det "fritt fram" på arbetsplatsen (nordfasaden) utan störningar.

Fig nordfasad



Däremot visade det sig fördyrande att tillämpa tm-metoden på den grova putsen av närmast spritputskaraktär. Det kostade en extra utstockning/avjämning att få en tillräckligt slät yta som underlag. Vidare måste släta fönsteromfattningar göras och målas i avvikande färg som originalet. Vissa udda tekniska hinder får man också alltid räkna med, i detta fall en utvändigt påmonterad plåttrumma som måste flyttas ut.

#### 7.303 Komplettering av fönster till tre-glas (Örsvängen)

"Projekteringen" bestod även här i att ABV tillsammans med Förvaltaren valde bland befintliga metoder på marknaden.

I en första omgång, 1982 gjordes ett konservativt val. Ett antal metoder avfärdades, nämligen de som innebär att man på platsen tillverkar "isolerutor" genom att ett glas svetsas, limmas eller dylikt så att man får en hermetiskt sluten konstruktion. De ansågs inte tillräckligt förtroendeingivande. Å andra sidan ville man om möjligt slippa mer eller mindre lösa rutor i klena bågar med åtföljande fönsterputsning och ev bristande livslängd. I Örsvängen 5 byttes därför inre rutan i ursprungligt fönster mot ett dubbelt isoler-



glas. Upphandlingen skedde genom direktupphandling.

Kostnaden för detta blev hög, varför endast ena experimenthuset fick detta utförande. 1983 ansågs marknaden erbjuda ett till nöds acceptabelt alternativ i den s k Duplo-rutan. Sedan denna monterats i Örsvängen 3 kan man säga att vi har ett "maximi- och ett minimi-alternativ" när det gäller kvalitet och kostnad i två i övrigt identiska hus. En uppföljning under åren kan ge värdefulla erfarenheter. Från energisynpunkt bedöms de båda som i stort sett likvärdiga.

Några problem eller hinder har inte rapporterats men vissa invändningar mot utseendet hos Duplo-rutan har förekommit från hyresgästen.



## 7.304 Förbättring av täthet

Förbättring av klimatskalets täthet, först och främst mellan fönsterbågar och karmar, har från början fått ryktet som en mycket kostnadseffektiv och lämplig energisparåtgärd. Tekniskt bra metoder och produkter finns och har använts i mycket stor utsträckning. För nybyggandet har långtgående krav införts i SBN. Man har därvid bland annat uppmärksammat tätheten som förutsättning för god värmeåtervinning vid FTX-system. Likaså förutsattes där att ventilationen, vilket systemet än är, dimensioneras för varken mer eller mindre än 0,5 oms/h under uppvärmningssäsongen.

I befintlig bebyggelse är FT-system ovanliga. Självdrag och F-system dominerar helt. Hur ett sådant hus som helhet fungerar byggnadsfysikaliskt vid olika täthet har först på senare år studerats från vetenskapliga utgångspunkter, och då bland annat i anslutning till Sundbybergsprojektet. Här är inte platsen att närmare redovisa dessa resultat, utan hänvisas i första hand till Nylund (BFR-rapport R1-1984).

Generellt uttryckt är slutsatserna följande:

- a) I hus med frånluftsfläktar ligger tryckfallet väsentligen i don och kanaler, ej över fasaden (klimatskärmen). Tättningsåtgärder endast omfördelar det luftflöde som i vilket fall som helst tar sig in i huset och bestäms av fläktens arbetskurva.
- b) I självdragshus som fungerar, ligger det lilla tryckfallet över klimatskärmen. Tättningsåtgärder både minskar och omfördelar luftflödet. Detta kan dock "snedtända" så att vissa frånluftskanaler byter funktion till tilluftskanaler (kallras, baksug).
- c) Även vid relativt hög vindhastighet är systemen i någorlunda höga hus stabila mot vindpåverkan på fasaderna, som därför inte nämnvärt påverkar ventilationsförlusterna under året.

Slutsatsen blir att tätning är en energisparåtgärd endast i självdragshus (och de enstaka FT-husen). Ett mycket viktigt tillägg är dock att komforten kan vara så lidande av otätheter (drag) både vid hög vindhastighet och annars, att det hindrar sänkning av lufttemperaturen som annars skulle vara möjlig. Erfarenheten från såväl Sundbyberg som andra objekt visar dock att tätning av frånluftthus ofta omfördelar luften ogynnsamt, så att draget ökar punktvis (till de minst tätade ställena) och komforten blir sämre.

Mot ovanstående bakgrund beslöts att ej tätas på Skogsbacken, Ör och Logdansvägen. Verkligheten blev dock annorlunda, se nedan.

För Ateljévägen redovisas täthetsfrågorna vid 7.305, förbättring av självdragsventilationen.

Skogsbacken. Det visade sig att fastighetsförvaltningen redan tätat experimenthusen i annat sammanhang. Det blev därför nödvändigt att även tätas referenshuset för att återställa jämförbarheten.

Logdansvägen. Här skedde utanför projektet viss tätning. Totala luftmängden torde inte ha påverkats, men däremot uppstod olägenheter som framgår av i bil 7:1 (tidningsartikel). Dessa sammanföll i tiden med försöken att inreglera värmesystemet, vilket sammantaget blev en svår störning i projektet.

Det inträffade bekräftar tesen att

- onyanserad fönstertätning i frånluftshus är en olämplig energisparåtgärd med tvevelaktig effekt. (Den blir inte lämplig bara för att den är billig.) Däremot kan det vara riktigt att släppa in luften på ett dragfritt sätt med funktionella ventiler, utan att detta alltid behöver kombineras med tätning. Man skall då se detta som ett sätt att möjliggöra en temperatursänkning som ger energibesparing utan sänkt komfort.

Den dåliga komforten på Logdansvägen beträffande såväl temperaturer som drag mm kommer att rättas till.

#### 7.305 Förbättring av självdragsventilation (Ateljévägen)

Självdragsventilation, eller naturlig ventilation, bygger som bekant på i första hand de termiska drivkrafterna, eller mera precis skillnaden i volymvikt hos olika luftmassor och därav uppkommande tryckskillnader. Därtill kommer av och till inverkan av vinden på fasaderna och taket framför allt vid ventilationsöppningarnas mynningar. Tryckfallen är små, varför en reglering kan ske valfritt vid fasaden, vid ventilationskanalernas inlopp eller deras utlopp. Den mest drastiska påverkan sker givetvis vid fönsteröppning. Drivkraften är störst vid stor differens i temperaturen inne - ute, dvs vintertid. Sommartid ger de termiska drivkrafterna lite, fönstervädning är nödvändig för att få frisk luft. Vid 1- och 2-våningshus är de termiska drivkrafterna små utom de kallaste dagarna. Samma gäller de översta våningarna i högre hus.

Hittills har självdragssystem i Sverige alltid varit oreglerade frånsett den styrning som följer av ursprunglig utformning och dimensionering. De ventiler som normalt finns att öppna och stänga inverkar på nyckfullt sätt på luftflödet ibland med omvänd effekt mot förväntad (Nylund 1984).

Konventionella självdragssystem är alltså ogynnsamma från energisparsynpunkt genom att ventilationsluftmängden blir störst vid lägsta utetemperatur.

Å andra sidan fungerar de ofta så dåligt att de ger ohygieniskt låga luftmängder (se kap 4, redovisningen för Ateljévågen). Det är då ett dilemma - skall systemet förbättras till att ge god hygien så fås ökad energiförbrukning. Men energihushållningen kan inte ges sådan prioritet att dålig lufthygien bibehålls vid en ombyggnad.

Om systemet förbättras till att ge 0,5 omsättningar i samtliga våningar sparar man energi i de nedre men får något ökad förbrukning i de övre. Netto borde det uppstå en viss besparing. Om systemet dessutom ses som ett första steg mot att kunna återvinna energi i självdragshus borde ett prov vara motiverat.

Ombyggnad till frånluftssystem med fläktar är kostsamt bland annat därför att kanalerna inte utan åtgärder kan användas. Vi beslöt att i stället pröva självreglerande fönsterventiler enligt en uppfinning av Lennart Eriksson, Kalmar. Dessa minskar sin öppning vid kall väderlek och ökar den vid varmare. I en andra etapp har de kompletterats med manuell inställning, då annars hyresgästerna rapporterat kyla och drag, samt stängt för ventilerna med tejp och annat. Detta trots att de inte gett större luftmängder än det eftersträvad 0,5 omsättningar eller möjligen 0,6.

Efter kompletteringen har hyresgästernas majoritet enligt genomförd enkät funnit ventilerna medföra en klar förbättring jämfört med ursprungliga ventiler i fönstrens underkant

Projekteringen bestod främst i en beräkning av hur många hål som behövde borrar i fönsterbågen för att i kombination med ventilen ge flödet 0,5 oms/h. Antalet blir givetvis störst i översta våningen för att avta nedåt. Fig visar borrning av hål, montering av ventil, tvärsnitt av ventil, exteriör av fönster med ventil.

Montaget skedde som ett byggnadsarbete enligt tillverkarens anvisningar.

Försök gjordes också att montera motsvarande ventiler i skafferier, med ett specialbeslag. Dessa har inte accepterats - man föredrar att manuellt bestämma klimatet i skafferiet. Inte heller i öv-

rigt kan man säga att den första vintersäsongen var framgångsrik. Exempelvis erhöles kondens och frysningar och dropp från ventilerna. Mest får detta hänföras till "barnsjukdomar" som nu på olika sätt rättats till.



7.306 Injustering av ventilationsflödet till 0,5 oms/h (Skogsbacken)

Även denna åtgärd som formulerats enkelt föranledde en hel del diskussion då den ställdes mot de praktiska förutsättningarna. Genom utebliven sotning och en slirande fläktrem hade luftomsättningen gått ned till en nivå som onekligen innebar energihushållning men inte fullgod luftkvalitet. Det ansågs inte acceptabelt att reglera in systemet utan föregående renovering (sotning). Denna genomfördes därför med följande utfall:

- I Skogsbacken 18 ökade luftväxlingen till från genomsnittligt 0,3 oms/h till 0,7 oms/h genom att en fläktrem tidigare slirat, men nu justerats (av sotaren?). I vissa lägenheter 1,0 oms/h.
- I Skogsbacken 16 - där det inte fanns någon slirande fläktrem - erhöles ingen nämnvärd ökning av det totala flödet från huset. Däremot gav sotningen en jämnare nivå mellan lägenheterna.
- I Skogsbacken 10 konstaterades att fläkten stod stilla. Sotning utfördes. Fläkten startades men inga flödesmätningar gjordes.

Erfarenheter - Skogsbacken

Tack vare att vi följde sotningsarbetet med en medarbetare med huvudnyckel kunde det övervägande flertalet lägenheter sotas. Vid normal sotning blir antalet sotade lägenheter begränsat. Sotaren vill inte gå in med huvudnyckel.

För att sänka till 0,5 oms/h fordrades med SBN i åtanke forceringsmöjlighet i kök och badrum. Vidare erfordrades nya frånluftsdon samt ny fläkt för att klara forceringen.

De gamla donen var en "piratkopia" på Fläkts typ KGA. Kontrollventilen KGA var av porslin och tillverkades 1944 till 1953. Då det här var en piratkopia kunde ej standardram utnyttjas, utan en specialram tillverkades i vilken fästramen för nya donen monterades.

Som nya normaldon föreskrevs Bahco typ GPD. Som forceringsdonen i kök och badrum föreskrevs typ Bahco typ GMH med timer.

Upphandlingen skedde av en erfaren entreprenör efter muntlig information och genomgång på platsen.



Vid slutbesiktningen framkom delvis för låga flöden beroende på att praxis för inreglering ej var tillfredsställande. Man öppnade donet i översta våningen till 0,5 oms/h och fortsatte sedan nedåt i huset utan hänsyn till att det ursprungliga flödet i övervåningen då ändras. Ett flerstegsförfarande (itereringsförfarande) med efterjustering är givetvis nödvändigt och har genomförts efter besiktningens anmärkning.

Det har också framkommit att inreglering av ventilationssystem ofta sker, eller åtminstone har skett, med öppnat fönster till resp lägenhet eller lokal, en metod som naturligtvis i normalfallet inte kan leda till korrekt luftfördelning.

Oberoende av vad som redovisas beträffande besparingseffekten i kap 10 kan sammanfattningsvis konstateras att man sannolikt ofta har en dåligt fungerande ventilation med dålig luftomsättning på grund av igensatta kanaler och annat. Energisparpotentialen av att sätta systemet i skick är i så fall liten, däremot står hygieniska förbättringar att vinna.

7.307 Värme till tappvarmvatten ur frånluft med hjälp av värmepump (Logdansvägen)

Tanken att installera identiska system i två identiska experimenthus har här frångåtts, snarast därför att energiinnehållet i frånluften är så stort. För att försörja båda experimenthusen med varmvatten räckte det att återvinna energi ur det ena husets frånluft. Eller uttryckt i antal lägenheter: energin återvinns från 45 lägenheter och försörjer 124 lägenheter.

I projekteringskedet studerades så gott som samtliga tänkbara alternativ vad gällde placeringen och fördelningen av aggregat och batterier, dragning av trummor resp ledningar etc. Dock gav förvaltarens representant tämligen kategoriska restriktioner baserade på estetiska hänsynstaganden. Kraven ledde till ett programförslag som detaljprojekterades baserat på följande förutsättningar:

- frånluften från tre ventilationsskorstenar på Logdansvägen 22-26 samlas genom dolt förlagda trummor under takkonstruktionen till ett enda nytt batteri- och fläktrum, indraget från fasad och så lågt byggt som möjligt
- från batterierna (glykolblandat) vatten i isolerade ledningar ned genom trapphus och under mark till ett värmepumprum som avbalkas från ett garageutrymme i Logdansvägen 10
- från värmepumprummet leds varmvatten åter till Logdansvägen 22 där befintlig undercentral för fjärrvärmeanslutningen är belägen
- erforderlig lagringskapacitet dimensionerades till 6 m<sup>3</sup>.

Det detaljprojekterade förslaget, som uppenbarligen inte var det absolut billigaste systemet, gick ut på förfrågan till anbudsgivare. En anbudsgivare kom dock med ett alternativförslag, som avvek från nämnda förutsättningar och offererades till lägre pris.

Då det visade sig att fastighetsägaren nu kunde frånga tidigare restriktioner mot synliga anordningar på tak upphandlades alternativförslaget på totalentreprenad med funktionsgaranti, sedan det gjorts lika som programförslaget beträffande främst lagringskapaciteten.

Det låter säga sig att antingen skulle samtliga anbudsgivare få tillfälle att offerera fria från restriktioner eller skulle alternativförslaget



förkastas. Vid tillfället svår tidsnöd och önskan att i detta FOU- och demonstrationsprojekt visa den mest ekonomiska lösningen fick dock fälla avgörandet.

Det upphandlade förslaget innebär att på var och en av de tre ventilationsskorstenarna monterats ett kylbatteri försett med en hjälpfläkt, som i princip dimensionerats för det tillkommande tryckfall som batterierna och smutsiga filter ger. De gamla fläktarna bibehålls och luftmängderna skall alltså i huvudsak vara oförändrade. Då filtren är rena blir i verkligheten luftmängderna större än tidigare.

Genomförandet gick inte problemfritt, möjligen beroende på att utrustningen inte tidigare hade utnyttjats i så många anläggningar. Främst förekom olika ljudproblem. Det första berodde på svårigheter att lufta systemet som därför gav ifrån sig starka "gurplingar". Omplacering av en cirkulationspump bidrog till att lösa detta. Vidare måste alla pumpar etc vibrationsavskiljas från rörsystemen. Slutligen sattes ljudabsorbenter i taket för att reducera luftljud och värmepumparna ställdes på gummidämpare. Detta hade inte förutsetts med hänvisning till att själva kompressorerna var avdämpade. Först efter samtliga dessa åtgärder uppmättes så låg ljudnivå som byggnormen kräver (30 dB(A)) i lägenheten över apparatrummet.

Ovanstående medförde givetvis leveransförsening som också påverkade utvärderingen, som dock för denna åtgärd dess bättre inte är låst till den kalla årstiden.

Ansatser till hinder för installationen har funnits i det att byggnaderna är anslutna till ett fjärrvärmeverk med viss kraftgenerering. Energiverket önskar ej denna typ av värmepumpar, särskilt ej med enbart varmvattengenerering. Man önskar själv dra nytta av det temperaturfall som varmvattenproduktion ger, framför allt sommartid. Motvilligt accepterades dock försöksvis drift av anläggningen för utvärdering.

Under mellantiden har dock Statens Industriverk och Svenska Värmeverksföreningen utfärdat råd och anvisningar som i stort sett innebär att frånluftsvärmepumpar är energisparutrustning till vilken leveransskyldighet för el gäller.

Driften har sedan anläggningen väl färdigställt varit problemfri. Viss koppling finns dock mellan installationen av värmepumpen och de problem med

undertryck i lägenheterna som uppmärksammats. De orsakas visserligen primärt av genomförda tätningensarbeten (avsnitt 7.304) men kan ha accentuerats av ökade luftmängder vid rena filter (se ovan och bilaga 7:3)

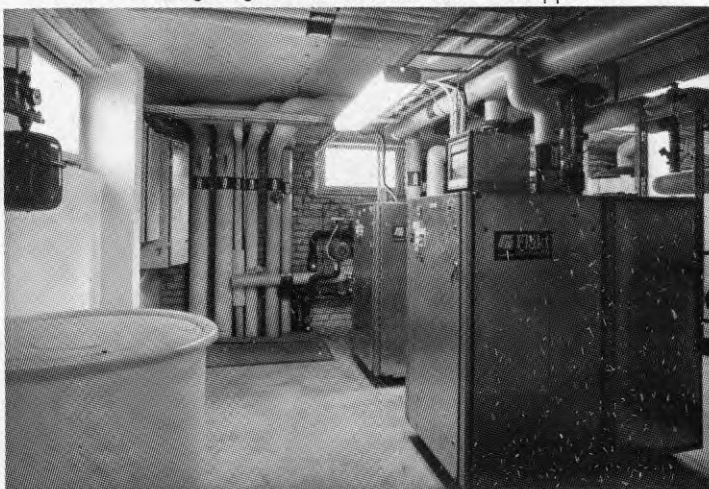


Batterier på tak





Inklädd dragning av värmebärarrör i trapphus



Apparatrum med värmepumpar



6 st 1 m3 lagringscisterner

- 7.308 Injustering av uppvärmningssystem, byte av radiatorventiler och sänkning av rumstemperatur (Skogsbacken, därefter samtliga kvarter)

Åtgärderna planerades och genomfördes först separat på Skogsbacken. Vi kom senare till insikt om att de var önskvärda i samtliga byggnader. Detta för att genomförda åtgärder på transmissions- och ventilationssidan skall ge fullt utslag som reellt avläsbar besparing. Resultatet medför annars en temperaturhöjning - eller fönstervädning. Kring detta behöver dock föras mer ingående resonemang - se kap 10.

Två principiellt skilda metoder för injustering har knutits till olika namn - "Sandbergsmetoden" eller lågflödesmetoden samt "Mandorffmetoden" som arbetar med i stort sett de ursprungliga flödena. Lågflödesmetoden innebär att temperaturfallet över radiatoren är stort. Stamventiler erfordras inte eller öppnas helt. Den brukar inte kombineras med några omfattande beräkningar. "Mandorffmetoden" innebär inställning av såväl stamventiler som radiatorventiler till värden som framkommit vid tryckfallsberäkningar.

Båda metoderna har tillämpats för injustering i de aktuella kvarteren. För Skogsbacken och Logdansvägen har Mandorffmetoden tillämpats. Se beskrivning av föreslagna åtgärder i bilaga 7.4. För Ateljévägen och Örsvängen har en modifierad version av Sandbergsmetoden utarbetad och tidigare tillämpad av Bengt Dahlgren AB utnyttjats. Modifieringen innebär att inställningsvärden för radiatorventilerna har relativt noggrant beräknats. Hänsyn har tagits till radiatorernas typ, storlek och placering. Metoden och föreslagna åtgärder beskrives närmare i bilaga 7.5.

I stort innebar de föreslagna åtgärderna

- att radiatorventilerna skulle bytas i den mån de varit ur funktion eller inte medgett förinställning
- att termostatventiler skulle sättas in i rum där värmeöverskottet tidvis varit stort, vanligtvis i kök och i rum mot söder
- att byte av vissa pumpar skulle genomföras och
- att vissa stamregleringsventiler skulle insättas.

Arbetet på Skogsbacken detaljprojekterades och upphandlades i konkurrens. Den valde entreprenören har sedan under tidsnöd utfört de övriga kvarteren på löpande räkning, enligt detaljerade handlingar.

Entreprenaderna har trots stark tidsförlängning inte kunnat genomföras så att de kan godkännas enligt programmet. Våra avläsningar visar också att lägenhetstemperaturerna efter åtgärder inte är jämnare fördelade än före. Åtgärden har sålunda misslyckats såväl i utförandedetaljerna som vad gäller resultatet.

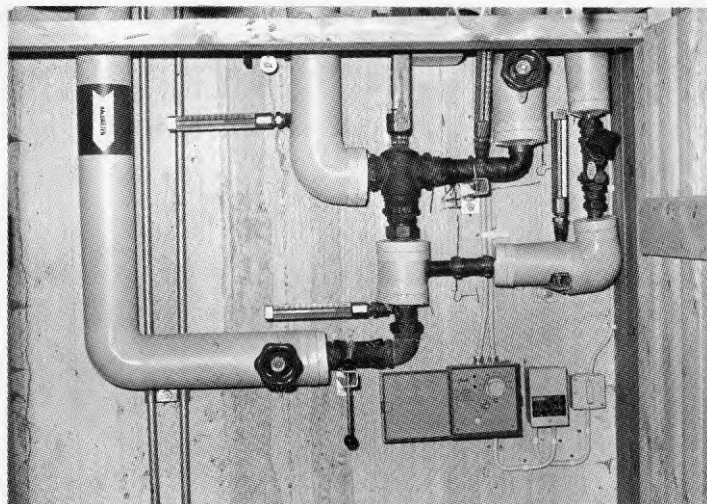
En tolkning är att kompetensen och/eller viljan inte varit tillräcklig för att få ett fullgott arbete utfört. Även leverantören av termostatventiler har i så fall bidragit. Arbetet försvåras av att "0-läget" vid inställningen är dåligt definierat. En negativ inställning bland hyresgästerna har byggts upp av återkommande krav på tillträde, "spring" etc och situationen har blivit svårbemästrad.

Den mest rättvisa och konstruktiva tolkningen är nog att entreprenadupphandling med färdiga handlingar är en olämplig metod för injustering. Den handgripliga hanteringen av ventiler och verktyg bör skötas av samma personer eller åtminstone företag som står för projekteringen. Kontraktet bör knytas till funktionellt resultat (utjämnad temperatur) och ej till antal åtgärdade ventiler och liknande.

#### 7.309 Sänkning av varmvattentemperaturen (Skogsbacken)

En sänkning av vattentemperaturen kan låta billig att utföra - så gott som gratis. Det visar sig dock att en anläggning av 50-talssnitt som här inte har erforderlig utrustning, utan vattentemperaturen blir helt enkelt den som värmeväxlaren ger.

Därför projekterades och installerades shuntgrupper enligt fig.



Utförandet innebär såväl installationsarbeten som byggnadsarbeten för ett skyddande skåp.

Cirkulationsledningen på Skogsbacken går inte upp i husen utan förbinder endast källarvåningarna. Den har tydligen under en längre tid ej fungerat tillfredsställande. Då vi försökte mäta på varmvattnet visade sig en ny backventil ej fungera, vilket i det givna läget gav överraskande temperaturer uppe vid tappställena. Så småningom har detta givetvis efter diverse kostnader rättats till.

Den allmänna, möjligen generaliserbara, sammanfattningen är alltså att sänkning av varmvattentemperaturen kräver tillkommande installationer, och när man börjar riva i det befintliga avslöjas brister som medför ytterligare kostnader. Utbytet av dessa ansträngningar är tveksamt.

#### 7.310 Byte till småspolande armaturer (Örsvängen)

Det finns flera sätt att begränsa vattenflödet vid tappställena. I en krissituation kan man givetvis tänka sig en allmän strypning i undercentraler eller på stammarna (liksom man t ex kan ha vissa veckodagar utan varmvatten). Men under normala förhållanden bedömdes det inte acceptabelt att göra en strypning som drabbar badkarsblandarna. Det hela måste då ske i resp lägenhet, och förvaltaren ansåg att det som kunde begränsas var flödet i duscharna och övriga tappställen om dessa försågs med luftinblandning (perlatorer). Slutligen ansågs de anordningar (övergångar) som behövdes för att ansluta perlatorerna så klumpiga att de ej borde komma ifråga.

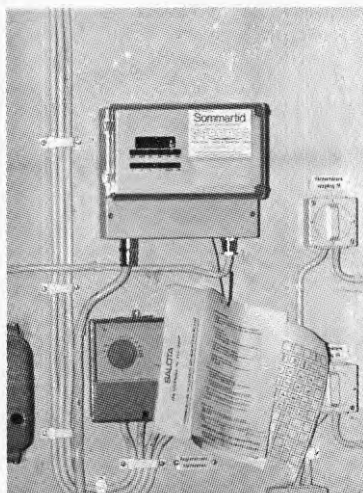
Slutet blev att endast duschar flödesbegränsats, till 0,2 l/s från tidigare det dubbla.

Sammanfattningsvis skulle man kunna dra slutsatsen, att om kranarna ej är förberedda eller har perlatorer, så är flödesbegränsning en kvalitetssänkning som det i varje fall inte i Sundbyberg finns klimat för att genomföra (utom i duschar). En rationell åtgärd vore att installera strypventiler i centralen eller på stammar så att flödesreglering går att göra i en krissituation då kvalitetssänkningen kan accepteras.

### 7.311 Styrning av varmvattencirkulation (Ateljévågen)

Syftet med varmvattencirkulation (VVC) är att minska väntetiden för varmt vatten vid tappstäl-  
lena. SBN 80 föreskriver "Varmvattenuttag skall  
kunna tillhandahålla varmvatten utan besvärande  
väntan". I anvisningstext exemplifieras detta med  
att man kan ha en cirkulationsledning så att den  
"kalla" ledningen till tappstället tömms på kor-  
tare tid än 10 s.

Självfallet innebär det vissa förluster att låta  
vatten cirkulera i en visserligen isolerad led-  
ning utan annat syfte än ovannämnda. Cirkula-  
tionen behövs bara om tappningar sker så sällan  
att vattnet i ledningen hinner kallna. Den skulle  
därför kunna styras av temperaturgivare. Detta är  
dock relativt dyrbart då givarna måste sitta i  
"bortre änden" jämfört med värmecentralen. I  
stället har prövats en tidstyrning av cirkula-  
tionspumpen enligt ett veckoprogram. Detta be-  
stämde efter en undersökningsperiod då tempera-  
turer mätes vid olika tider av dygnet och veckan.  
Mätningarna och programmet redovisas i kapitel 8.



Inkopplingen av tiduret är en ganska enkel procedur, men det bör vara ett veckour, då förhållan-  
dena under helgerna avviker från vardagar. Det  
visar sig alltid vara risk för felinställning och  
missförstånd varför lättillgängliga instruktioner  
och rätt program måste finnas på platsen. Plombe-  
ring av tiduret är att rekommendera.

Denna typ av styrning kommer alltid att vara till  
någon nackdel för dem som avviker från det vanliga  
beteendemönstret i huset. Erfarenheter tyder dock

på att man jämförelsevis lätt anpassar sig till denna olägenhet, som trots allt endast innebär något längre väntan på varmvatten vissa tider.



## 8 TEORETISK ANALYS AV ENERGIOMSÄTTNINGEN

Mätningar och beräkningar är i princip oskiljaktiga och det krävs därför en grundläggande modell. Det existerar idag inte något allmänt vedertaget synsätt när det gäller byggnades tekniska funktion och allra minst när det gäller energiaspekten av denna.

Inriktningen i projektet har varit att den energitek-niska funktionen lämpligen kan representeras av ener-gibalanser för byggnaderna. Ambitionen blev och har varit att komma åt storleken av de olika delposterna i energitillförseln och i energiavgivning. För detta har krävts mätningar av fysikaliska och andra storheter varav de olika delposterna beror. Detaljerad redovis-ning av detta har gjorts i programskrivning för pro-jektet och i interimrapport juni -82.

Arbetet har skett parallellt med en utveckling av be-räkningsresurser och mätteknik som bl a påverkats av erfarenheter från Sundbybergsprojektet. Utvecklingen av analysmetoder för energiomsättningar har gått från studier av längre tidsavsnitt till kortare. Man kan skilja mellan två skilda huvudinriktningar.

- o Långa mätperioder - och upprättande av energibalans för dessa

I början när vi inte hade tillgång till något ef-fektivt och korrekt instrument för att ta hänsyn till inre värmeutbyte var det naturligt att anpas-sa försöksuppläggningsen till detta.

Registrering av mätvärden för temperaturer görs med täta intervall och kombineras med mätvärdesbearbet-ning i mikrodatorer som integrerar mätvärden och beräkningsresultat under förhållandevis långa mät-perioder. Fel på grund av skillnad mellan inre lag-rad värme vid periodens början och slut reduceras om perioden är tillräckligt lång. Fördelen med den-na huvudlinje är således att man inte behöver be-härska transienta förlopp och värmeutbyte. Regist-rerad energitillförsel fås som skillnaden mellan avläst energitillförsel vid periodens början och slut.

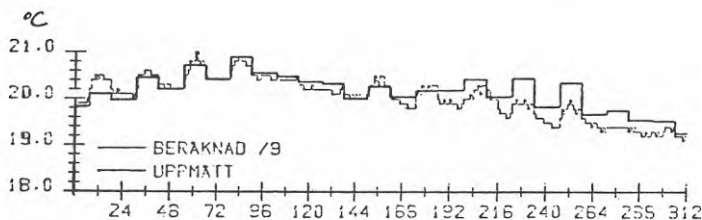
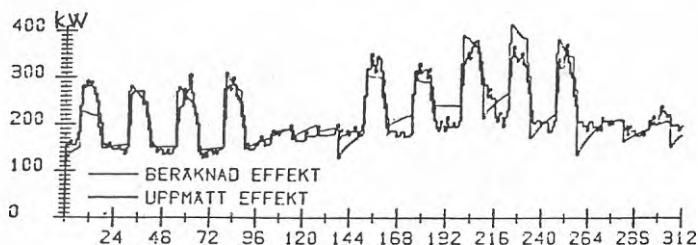
- o Korta mätperioder - och upprättande av effekt-balans

Efter utveckling och datorisering av såväl beräk-ningsteknik som redovisningsteknik har vi funnit att följande huvudlinje är mycket fruktbar och ger väsentligt ökade möjligheter till att simulera hu-sets energetik.

Uppläggningsen går ut på registrering av temperaturförhållanden, energitillförsel och uppställande av energibalans för korta och på varandra följande tidsavsnitt under relativt begränsad period med intressant väderlek. Man får då möjlighet att studera hur huset reagerar på olika snabba förändringar av väderleken. Rätt tolkat ger detta värdefulla informationer om hur huset fungerar. En förutsättning är då att man har tillgång till beräkningsmodell för inre värmeutbyte som förenar krav på tillfredsställande korrekthet och rimlig körtid i datorn.

Oavsett vilken av dessa eller andra försöksuppläggningar man väljer gäller det att ha tillgång till beräkningsmodell för energiavgivning och även för den energitillförsel som inte kan mätas. Endast tillförseln av köpt energi kan mätas. Övriga delar av energi- och effektbalans måste beräknas.

Sundbybergsundersökningen är av det första slaget. Avläsningar av energimätare har gjorts var 14:e dag. Studien och redovisningen av resultat omfattar därför tiden uppdelad i två-veckors avsnitt. För att antyda något om nämnda utveckling återges i FIGUR 8.1 resultat från en undersökning av kontorshus som utfördes under våren 1981-1983 och som i huvuddrag anknöt till Sundbybergsuppläggningsen men med tätare inhämtande av mätdata.



FIGUR 8.1 Energiomsättning Kv Grönlandet Södra

Registreringen av temperaturer gjordes med en något modifierad typ av samma utrustning som använts i Sundbyberg. Modifieringen bestod av att mätvärden under drifts- och icke - driftstid registrerats var för sig. Varje morgon avlästes värden för föregående dag och efterföljande natt. Den väsentligaste skillnaden gentemot Sundbybergsprojektet var att energitillförsel, fjärrvärme och el registrerades för varje timme.

Den övre figuren är en jämförelse mellan beräknad och uppmätt effekt (kWh/h) och den undre avser beräknad temperatur jämförd med registrerad medeltemperatur under dag och natt. Den svagaste länken i denna undersökning var att temperaturregistreringen avsåg så långa perioder som dag och natt. Senare undersökningar har därför baserats på timvisa indata av samtliga storheter som ingår i analys av energiomsättning. Undersökningen bakom FIGUR 8:1 representerar en mellanform mellan tidigare nämnda huvudlinjer.

I det närmast följande anges synsätt och underlag för redovisning av resultat i kapitel 10.

### 8.1 ENERGIFLÖDE GENOM BYGGNAD

En byggnad genomströmmas av ett energiflöde, sammansatt av olika energiformer. I byggnaden sker viss omvandling mellan olika energiformer. I allt väsentligt i riktning mot energiformen värme. Värmen avges på olika sätt till omgivningen. På vägen genom byggnaden ger energiflödet upphov till en termisk nivå (temperatur), som beror på byggnadens motstånd mot energiflödet (värmemotstånd, täthet, ventilationsluft etc). Ju mindre motståndet är desto större energiflöde krävs för att upprätthålla önskad termisk komfort (temperaturer). Motståndet kallas lämpligen energimotstånd och inverterade värdet energigenomgångstal, förslagsvis betecknat A (kWh/h och grad).

Med detta betraktelsesätt låter sig den termiska nivån, temperaturen, enkelt förstås som en potential som driver energiflödet respektive uppkommer då detta övervinner energimotståndet ("Ohms lag").

Genom kapacitiv uppladdning respektive urladdning kan energiflödet ut ur byggnaden under en tidsperiod fördröjas eller påskyndas utan att (luft-)temperaturen påverkas nämnvärt. Under en tillräckligt lång tidsperiod utjämnas dessa upp- och urladdningar.

Det numera traditionella sättet att beskriva en energibalans med en IN-stapel och en UT-stapel (som bör vara lika) innebär två "snitt" i energiflödet; där flödet går in och där flödet går ut. Flödet in är under uppvärmningssäsongen till större delen väl koncentrerat och därmed relativt lätt mätbart (vid

fjärrvärmeservis, panna, varmvattenberedare, elmätare). Flödet ut är diffust och kan till större delen endast beräknas. Undantag finns från båda dessa påståenden. t ex är sol och personvärme (IN) diffus och svår att mäta direkt. Avgivning med spillvatten (UT) är koncentrerad och i princip lätt att mäta (även om vi idag saknar en riktigt praktisk metod). Eftersom denna avgivning inte medverkar till byggnadens temperaturhållning, utan endast till vattnets, avräknas detta mätbara belopp lämpligen från det energiflöde vi intresserar oss för.

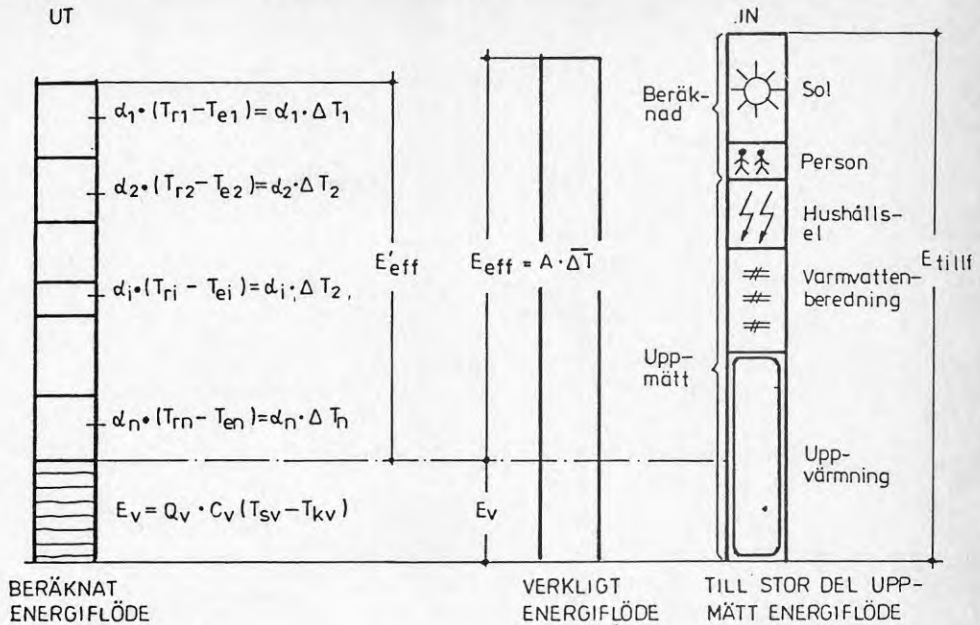
I UT-stapeln i FIGUR 8:2 anger index  $i = 1, 2 \dots n$  delposter i den totala energiavgivningen. Talen  $\alpha_i$  anger porportionalitetskonstanter för energiflöden som beror linjärt av skillnad mellan temperatur  $i$  och utanför huset. De kan betyda endera  $\alpha = K$ -värde  $\times$  yta och avse värmeavgivning genom transmission eller  $\alpha =$  flöde  $\times$  spec. värmekapacitet och avse värmeavgivning med genomströmmande luft.

$T_r$  anger inomhustemperatur som inte behöver vara exakt densamma i de olika delposterna. (Storleksordningen är dock ungefär rumstemperatur - därav index  $r$ .)  $T_e$  anger "effektiv utetemperatur" som inte är lika för olika delposter.

$T_e$  kan t ex vara detsamma som uteluftstemperaturen när det gäller beräkning av avgivning med transmission genom fönster eller avgivning med ventilationsluft. När det gäller transmission genom yttervägg kan  $T_e$  vara en modifierad utetemperatur som tar hänsyn till yttre strålningsutbyte och när det gäller transmission genom golv kan  $T_e$  vara marktemperaturen några meter under golvet.

Vid oförändrad energitillförsel och "effektiv utetemperatur" ger en reduktion av värden för  $\alpha$  upphov till ökade inomhustemperaturer och ökade temperaturfall,  $\Delta T_i = T_{ri} - T_{ei}$ . Byggnaden fungerar som ett motstånd mot energiflödet. Av primärt intresse är den del av energin som är verksam när det gäller uppvärmning av byggnaden.

Summan av delposterna  $\alpha_i \cdot \Delta T_i$  representerar ett beräkningsvärde för energiflödet ut ur byggnaden till den del det deltar i byggnadens temperaturhållning. Detta flöde betecknas  $E'_{eff}$ . (Prim-tecknet kommenteras senare.) Den undre delposten i UT-stapelns representerar värmeavgivning med spillvatten,  $E_v$ , som är kallvattentemperatur ( $T_{sv} - T_{kv}$ ). Denna energimängd, är som påpekats, inte verksam för byggnadens temperaturhållning.



FIGUR 8:2

Beräknad energiavgivning \* stämmer inte med tillförsel

$E'_{eff}$  = beräknad storlek av för temperaturhållning verksam energi (uppvärmning)

$E_v$  = beräknad storlek av för temperaturhållning ej verksam energi

$E_{tillf}$  = tillförd energi

$E_{eff}$  = korrigerat värde av för temperaturhållning verksam energi

$T_{ri}$  (i=1-n) - inomhustemperaturer

$T_{ei}$  (i=1-n) - utomhustemperaturer (ev modifierade)

$\alpha_i$  (i=1-n) - avgivningstal för verksam energi

\* Med energi avses här energi per tidsperiod med tillräcklig längd för att inre värmelagring skall kunna försummas.

## 8.2 KARAKTÄRISTIK AV DEN FÖR TEMPERATURHÅLLNINGEN VERKSAMMA DELEN AV ENERGIOMSÄTTNINGEN - "ENERGIGENOMGÅNGSTALET"

För att på ett meningsfullt sätt avgöra vilka åtgärder som är lönsamma krävs kunskap om storleken av de olika delposterna i energiavgivningen, dvs om potentialen för olika åtgärder.

Vi antar med anknytning till FIGUR 1 att vi beräknat samtliga delposter i UT-stapeln, varvid den för uppvärmning effektiva energin med tanke på osäkerheter i beräknade resultat anges med "prim"-tecken till:

$$E'_{\text{eff}} = \sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot \Delta T_i)$$

Vi inför ett viktat medelvärde  $\Delta \bar{T}$  för temperaturfallet inifrån och ut

$$E'_{\text{eff}} = \sum (\alpha \cdot \Delta T) = \Delta \bar{T} \cdot \sum \alpha \quad (1)$$

Antag att energibalansen inte "går ihop", vilket i figuren illustreras med en högre IN-stapel än UT-stapel.

För det verkliga energiflödet gäller i konsekvens med 8.1

$$E_{\text{eff}} = A \cdot \Delta \bar{T} \quad (2)$$

I figuren anges detta av den mittre stapeln, som för att markera osäkerhet vid bestämning av såväl IN- som UT-stapel, givits en höjd som inte stämmer med någondera av dessa.

Kopplingen mellan IN- och UT-stapeln fås enligt uttrycket.

$$A \cdot \Delta \bar{T} + E_v = E_{\text{värme}} + E_{\text{varmv}} + E_{\text{drift}} + E_{\text{pers}} + E_{\text{sol}}$$

och tidigare uttryck för  $\Delta \bar{T}$ .

I det följande och i utvärderingen antas att energitillförseln är korrekt med den reservation detta innebär för osäkerhet i beräknad solinläckning. (Den mittre stapeln i figuren ges samma höjd som IN-stapeln. Vi får

$$A = \frac{E_{\text{tillf}} - E_v}{\sum (\alpha \cdot \Delta T)} \cdot \sum \alpha \quad (3)$$

Storleken av A är specifik för den enskilda byggnaden och föreliggande driftfall.

Alternativt kan man använda det inverterade värdet  $M = 1/A$  och betrakta detta som byggnadens energigegenomgångsmotstånd.

### 8.21 Underlag för felberäkning

Numeriska kontroller visar att variationen av A vid rimliga avvikelser mellan verkligt och bedömt värde för  $\alpha$  blir liten.

Detta framgår även om man betraktar det relativa fel som uppträder på grund av felbedömning av någon storhet. Genom derivering av (3) fås för exempelvis ett fel i storheten  $\alpha_i$

$$\frac{dA}{A} = \left( \frac{1}{\sum \alpha} - \frac{T_{ri} - T_{ei}}{\sum (\alpha \cdot \Delta T)} \right) d\alpha_i \quad (4)$$

Om täljaren i den 2:a termen sätts i relation till det viktade medelvärdet av temperaturfallet enligt (1) fås

$$T_{ri} - T_{ei} = \Delta \bar{T} + \xi \quad (5)$$

där  $\xi$  är en avvikelse med begränsad storlek. Insättning av (5) i (4) och utveckling av summatermen i nämnaren ger det relativa felet

$$\frac{dA}{A} = \frac{\xi \cdot d\alpha_i}{\alpha_1 (T_{r1} - T_{e1}) + \alpha_2 (T_{r2} - T_{e2}) + \dots + \alpha_n (T_{rn} - T_{en})} \quad (6)$$

Uttrycket (6) torde med önskvärd tydlighet illustrera att en missbedömning av en enstaka storhet endast ger ett begränsat fel vid beräkning av den karaktäristiska storheten A.

### 8.22 Egenskaper hos redovisning med hjälp av A-värdet

Vi tänker oss undersöka en byggnad kontinuerligt i tiden och beräknar A-värdet för ett antal tidsavsnitt i följd. Om kunskapen om byggnaden och energiomsättningen vore korrekt, skulle vi för de olika perioderna få ett och samma värde för A - i diagram en horisontell linje parallellt med tidssaxeln så länge byggnad och driftsfall är oförändrat.

Eftersom kunskaperna när det gäller beräkning av olika delposter är ofullständiga och mätvärdena är behäftade med fel blir linjen emellertid "hackig". Det

väsentliga vid redovisning av beräknade resultat är att man inte av- eller oavsiktligt gömmer någon oförklarlig avvikelse. Den kan senare få sin förklaring.

Fördelen med nämnda redovisning är att man parallellt med redovisning av A-värdet efter en tidsaxel kan åskådliggöra variation hos klimatiska storheter efter samma tidsskala. Detta underlättar väsentligt sökande av förklaringar till oväntade avvikelser i energiomställningen.

### 8.23 Energiomsättningens beroende av värmereglering

En ideal reglering av värmeförseln innebär att byggnaden tillförs just så mycket värme som krävs för att tillsammans med processenergi (här hushållsel), solinläckning och personvärme ge önskad inomhustemperatur, dvs byggnadens effektbehov. Oavsett hur man beräknar och redovisar energiomställning bör man vara medveten om att detta idealtillstånd inte föreligger.

Vanligen styrs tillförseln från värmeanläggning av en utetemperaturgivare via reglercentral med en inställbar reglerkurva. Mycket ofta levereras, för att man skall undvika klagomål, systematiskt mer värme än vad som svarar mot behovet. Detta ger upphov till likaledes systematiskt uppträdande värmeöverskott som vädras bort genom öppna fönster (ändring av "driftsfallet").

Man måste vara medveten om detta och om att registrerad köpt energi för uppvärmning är ett uttryck för värmeanläggningens prestanda och inte för husets egenskaper.

### 8.24 Beräkning av energibesparing av åtgärd

Vi antar att vi genom en förändring av byggnaden reducerat faktorn A med ett belopp  $\Delta A$  och vill undersöka energispareffekten med avseende på betald energi.

Derivering av (2) och tillämpning av (3) ger (3)

$$\frac{d E_{\text{eff}}}{d A} = \Delta \bar{T} = \frac{E_{\text{eff}}}{A} = \frac{E_{\text{tillf}} - E_v}{A} \quad (7)$$

Energitillförseln kan med bibehållen inre temperatur reduceras med  $\Delta E_{\text{eff}}$  enligt uttrycket

$$\Delta E_{\text{eff}} = \frac{\Delta A}{A} \cdot (E_{\text{tillf}} - E_v) \quad (8)$$



### 8.3 Styrning av varmvattencirkulation

#### Uppvärmning av varmvatten

Den energi som tillförs husens varmvatten beräknas med formeln:

$$E_{vv} = Q \cdot t \cdot T \cdot \frac{4200}{3600}$$

där  $E_{vv}$  = varmvattnets energitillskott vid värmning

$Q$  = varmvattenflödet under perioden

$t$  = periodlängd

$Q \cdot t$  = förbrukningen av varmvatten under perioden

$T$  = varmvattnets temperatur när detta lämnar varmvattenberedaren minus kallvattnets temperatur in i varmvattenberedaren

4200 = antal Joule som åtgår för att värma en m<sup>3</sup> vatten 1°C

3600 = antal sekunder per timma.

Förbrukningen av varmvatten (dvs  $Q \cdot t$ ) fås genom att en mätare för mätning av vattenflödet in i varmvattenberedaren avläses vid periodens början och slut.  $T$  fås genom mätning av kall- resp varmvattnets temperatur i början och i slutet på perioden.

#### Elenergi till VVC-pumpen

Den elenergi man sparar genom att tidsstyra VVC-pumpen kan beräknas med följande formel:

$$E_p = P_p \cdot (8760 - t_p)$$

där  $E_p$  = intjänad energi per år

$P_p$  = pumpens märkeffekt (här 250W)

$t_p$  = timmar per år då pumpen arbetar vid tidsstyrning

8760 = antal timmar per år.

## 9 MÄTTEKNIK OCH DELUNDERSÖKNINGAR

Registrering av temperaturer inomhus, utomhus och i fasadytan har registrerats kontinuerligt med i interimrapporten (juni -82) beskriven utrustning. Värdena integreras i mätapparaten och avläses manuellt som medelvärden från början till slutet av varje avläsningsperiod. Energimätare och flödesmätare har också avlästs manuellt i början och slutet av varje avläsningsperiod.

Då projektet började var vi som nämnts inriktade på långa mätperioder. Vid den tidpunkten fanns ganska allmänt en sådan inriktning. Intresset rörde sig ofta om energibalanser per uppvärmningssäsong. Den ursprungliga försöksuppläggningsen gick ut på att dela uppvärmningssäsongen i två delar. På så sätt skulle den första delen före årsskiftet ägnas åt att studera energiförbrukning före en snabbt utförbar sparatåtgärd och den senare delen åt att studera effekten av åtgärderna.

Sommarhalvåret kunde sedan ägnas åt att utföra en mer tidsödande åtgärd, vars effekt sedan skulle studeras under första halvan av nästkommande vinter (jfr kap 3).

Ett tidigt skede med krånglande apparatur och mätare gjorde det nödvändigt med tätare avläsningar för att ha kontroll över att allting fungerade. Avläsningar gjordes därefter under en dag varannan vecka. Tiden mellan avläsningarna gick åt för en man att bearbeta mätvärden, jämföra dem med föregående period och kontrollera att mätsystemen fungerade. Svårigheter vid inkörningen gjorde att mätperiodernas längd kom att variera. Mot slutet av vintern 81/82 övergick vi till att upprätta energibalanser för nära månadslånga perioder. Mätresultaten från två 14-dagarsperioder sammanställes därvid till energibalanser för månadsperioder. Från vintern 84/85 sammanställdes energibalanserna för 14-dagars perioder. Även perioder före denna vinter räknades om.

Det manuella arbetet med att bearbeta mätvärden har varit omfattande men har medfört att en hel del felaktigheter i början och uppträdande fel under projektets gång kunnat upptäckas och rättas till. Från vintern 84/85 datorbearbetades dock alla mätvärden och utgör de resultat som redovisas i denna slutrapport.

Efter avslutade mätningar har mätarna kalibrerats. Samtliga mätenheter och kanaler för temperaturregistrering kalibrerades. Ett antal givare var ur funktion. Värden från dessa har inte använts vid beräkning och utvärdering. För övriga enheter och kanaler är noggrannheten 0,2 å 0,3°C.

För kalibrering av energimätare valdes som stickprov en mätare från varje husområde. Noggrannheten är god utom vid mycket låga flöden. Kalibreringsresultat framgår av BILAGA 9:1.

## 9.1 SAMMANSTÄLLNING AV UPPMÄTTA STORHETER M M

I ursprunglig programskrivning och i interimrapport (juni -82) har redovisats relativt utförliga beskrivningar av utrustning och av motiv för vald utrustning. Här redovisas kortfattat för uppläggningsen av mätningar och för uppmätta storheter. Redovisningen anknyter till de olika delposterna i energibalansstaplar för energitillförsel och energiavgivning, jfr FIGUR 8.2

### Energitillförsel till byggnaden:

- o Energi för uppvärmning fås genom avläsning av energimätare i början och slutet av mätperioderna.
- o Energi för uppvärmning av varmvatten. Avläsning av flödesmätare till beredare i början och slutet av perioden. Totala flödet under perioden multipliceras med höjning av temperaturnivå från kall- till varmvatten. Temperaturskillnaden kall/varm mäts i början och slutet av varje period.
- o Elenergi fås genom avläsning av alla mätare i början och slutet av perioderna.
- o Personvärme beräknas med utgångspunkt från bedömning av antal personer x närvaro för olika stora lägenheter.
- o Solinstrålning genom fönster. Utgångspunkten är strålning från molnfri himmel som "skuggas" av statistisk genomsnittlig molnighet för aktuell månad. Därefter överlagras en korrektion för antal soltimmar under aktuell mätperiod, som fås från SMHI, reduktion för strålningsgenomgång beroende på antalet glas och en "skuggfaktor", träd, persienner, gardiner etc.

### Energiavgivning från byggnaden:

- o Avgivning med spillvatten.  
Kallvattentemperaturen mäts i början och slutet av varje mätperiod. Energiförlusterna beräknas under antagandet att avloppsvattnet under vintern har temperaturen 28°C och under sommaren 31°C.  
(Bo Adamsson: Arbetsmaterial för kompendium, Nils-Eric Lindskoug: Rapport från Täbyprojektet)
- o Transmission  
För fönster (och dörrar) beräknas transmissionen med utgångspunkt från temperaturskillnad inne/ute.

För ytterväggar beräknas transmission med utgångspunkt från skillnad mellan temperaturen inne och fasadytans temperatur.

o Ventilation

Beräkning av avgivning med ventilation baseras på mätningar av luftväxling. Dessa görs vid enstaka tillfällen vid då rådande temperatur och korrigeras till under aktuella mätperioder rådande temperaturer.

Projektet har på denna punkt givit impulser till utveckling av nya och smidiga fältmetoder för att mäta luftväxling. Utvecklingen av dessa har skett parallellt med Sundbybergsprojektet och för att kunna betjäna detta. För dessa projekt har medel utgått från Nordtest. Ett exempel redovisas i BILAGA 9:2, som utgör rapport till Nordtest.

Projektet har även givit impuls till ett examensarbete som gått ut på att studera ventilationsluftens entalpitillskott av fukttillförsel till ventilationsluft. Examensarbetet, BILAGA 9:3, har utförts av Lennart Nordström och Jan Sjögren och redovisar intressanta och användbara resultat.

## 9.2 DELUNDERSÖKNINGAR

o Kartering och inomhustemperaturer

För att begränsa antalet mätpunkter mättes endast en inomhustemperatur i varje lägenhet och för att mätpunkten skulle vara så litet störande som möjligt och inte påverkas av solstrålning och fönstervädring placerades den i hallen. För att undersöka representativiteten hos detta värde gjordes i vart och ett av de fyra områdena kartering av lägenhets-temperaturer. Först gjordes en sonderande kartering under vintrarna 82/83. Därefter mättes under vintern 1983 temperaturer i två lägenheter vid Ateljévägen och en lägenhet i vart och ett av övriga områden hur temperaturer i olika rum och på olika höjd förhöll sig till temperaturen i hallen. På basis av resultaten fastställdes en korrektionsfaktor för genomsnittlig inomhustemperatur som påverkat slutlig beräkning av transmissionsförluster. Delundersökningen redovisas i BILAGA 9:4.

o Värmeflödesmätning Ateljévägen

En av energisparåtgärderna vid Ateljévägen bestod av tilläggsisolering av yttervägg mot norr. För att kontrollera beräknade värden för värmemotstånd hos befintlig respektive tilläggsisolrad yttervägg gjordes under vintern 83/84 värmeledningsmätning i en lägenhet. Undersökningen redovisas i BILAGA 9:5.

## 9.7

Mätprogram för värme till tappvarmvatten ur frånluft med hjälp av värmepump

Mätningar har utförts under 9 mätperioder efter att värmepumpinstallationen tagits i drift.

Sammanställning av mätperioder.

		Mån-Tors	Tors-Mån
Period 1:	12/9-15/9 1983	x	
2:	15/9-19/9		x
3:	19/9-22/9	x	
4:	22/9-26/9		x
5:	26/9-29/9	x	
6:	29/9-3/10		x
7:	3/10-6/10	x	
8:	6/10-10/10		x
9:	10/10-13/10	x	

Följande storheter har mätts:

- Lufttemperaturer före/efter batterier
- Värmebärartemperatur fram/retur
- Elenergi i VP-centralen vilket inkluderar
  - . kompressorer
  - . cirkulationspumpar
- Energi i VVC-slingan
  - . flöde
  - . fram/retur temperatur
- Energi för tappvarmvatten
  - . kallvattenflöde
  - . framledningstemp
  - . kallvattentemp

Vid mätningarna användes följande instrument:

Lufttemperatur	"Svarta lådan" och thermohygrograf uthyrd av SMHI
Vatten/värmebärartemperatur	2 st 12 punktsskrivare typ CHINO EH-100
Elenergi	
Vattenvolymer och energimätning	SVM vinghjulsmätare med integreringsverk

Mätpunkterna framgår av flödesdiagrammet i bilaga 7:2.4. Under period 4 inträffade driftsstopp på grund av att en cirkulationspump stoppade.

Aggregaten är försedda med driftstidsmätare.

Efter period 3 utfördes justering av värmepumparnas styrsystem. Bl a ställdes börvärden för pumparnas starttemperaturer ned  $5^{\circ}\text{C}$  till  $35^{\circ}\text{C}$  resp  $3^{\circ}\text{C}$  till  $48^{\circ}\text{C}$ . Stopptermostaten höjdes  $1^{\circ}\text{C}$  till  $56^{\circ}\text{C}$ .

Utvärderingen redovisas i form av diagram där perioderna 1-9 presenteras. Justeringen efter period 8 medför dock längre drifttider för värmepumparna (ackumulatortankarna laddas mer). Period 9 skall därför ses som representativ för systemets fortsatta drift. Under samtliga mätperioder var fjärrvärme-VVX avstängd.

#### Energiberäkningar

För värmepumpen gäller:

$$\phi_v = \frac{E_{\text{värme}}}{E_{\text{el}}} \quad \text{där}$$

$\phi_v$  = systemets värmefaktor

$E_{\text{värme}}$  = till vattnet avgiven värme

$E_{\text{el}}$  = elenergin till cirkulationspumpar och kompressorer. Ingen separat mätning av kompressorenergin är gjord.

I denna värmefaktor ingår ej elenergi för fläktar vid batterier på tak.

Separat mätning utförd av Fläkt Evaporator AB ger värmefaktorn för värmepumpen dvs

$$\phi_{vp} = \frac{E_{\text{värme}}}{E_{\text{el, komp}}} \quad (\text{se kap 11})$$

För tappvarmvattnet gäller:

$E_{\text{värme}}$  =  $E_{vv} + E_{vvc}$  där

$E_{vv}$  = energi för höjning av vattnes temperatur

$E_{vvc}$  = energiförlust i VVC-slingan

Vattnets temperaturhöjning beräknas ur

$$T = \frac{E_{\text{värme}}}{c \cdot m} \quad \text{där}$$

T = temperaturhöjningen

c = specifika värmekapaciteten

m = massan

Drifftiden erhålles direkt från drifftidsmätare. "Energibesparing" beräknas som differensen mellan erhållen värmeenergi och uppoffrad elenergi. Förluster till omgivningen försummas. Resultaten relateras till lägenhet och dygn.

#### Ingångsvärden

c för vatten	= 4,18 kJ/K, kg
Antal lägenheter	= 124
Total yta för lägenheter	= 9320 m <sup>2</sup>
Driftdygn	= 365

#### Kontroll av värmepumparnas levererade värmeeffekt

$$P_v = \frac{E_{\text{värme}}}{t}$$

där

t = drifftiden under perioden för båda värmepumparna

P<sub>v</sub> = medeleffekt från 1 aggregat.

### 9.11 Mätningar för styrning av varmvatten-cirkulation

I energiprojektets början ställdes frågan: "Hur spara energi med eller utan varmvattencirkulation (VVS-)ledning?" Olika alternativ studerades m h a teoretiska beräkningar nämligen:

- VVC-ledningen slopas
- VVC-flödet stryps
- Värmande elkabel på varmvatten (VVC-)ledningen i källaren
- Värmande elkabel på VVC-ledningen i källaren
- Tidstyrning av VVC-pumpen
- Ett mycket begränsat flöde (droppande kran) vid bortersta tappstället.

Av beräkningarna framkom att en värmande elkabel gav de lägsta energiförlusterna men också mycket höga anskaffningskostnader. Den ur totalkostnads-synpunkt mest lönsamma åtgärden visade sig vara tidsstyrning av VVC-pumpen.

#### Förundersökning

Det bestämdes att man praktiskt skulle undersöka om det går att spara energi genom att tidsstyra en VVC-pump. Som försökshus utvaldes Ateljévägen 18-28 med ett referenshus Ateljévägen 2-16, båda belägna i Sundbyberg.

Innan ett tidur installerades gjordes en förundersökning (se bilaga 9:11) där man i första hand ville kontrollera när det var fördelaktigt för pumpen att arbeta. Vid undersökningen mättes varmvattentemperaturen hos ett antal stammar vid olika tider på dygnet. Hög temperatur i ledningen innebar att tappning förekom. Målsättningen var att hitta perioder med låg tappningsfrekvens före belastningstoppar. Genom att låta VVC-pumpen arbeta strax innan belastningstopparna säkerställer man att varmvattentet finns tillgängligt vid tappställena utan besvärande väntan.

Förundersökningen gav till resultat att tiduret bör vara ett "veckour" då förhållandena under helger skiljer sig från de under vardagarna (se bild vid 7.311).

VVC-pumpen bör arbeta följande tider:

- Mån-Fre kl 05.00-06.00, kl 12.00-14.00
- Lör kl 06.00-07.00
- Sön kl 07.00-08.00



### Huvudundersökning

För att kunna analysera tidsstyrningens inverkan på energiåtgången mättes följande parametrar.

- Varmvattenflödet till Ateljévågen 18-22 (provhuset)
- Varmvattenflödet till Ateljévågen 24-28 (provhuset)
- Kallvattenflödet in i varmvattenberedaren för Ateljévågen 2-16 (referenshuset)
- Temperaturer i ovanstående vattenflöden
- Energiflödet tappvarmvattensystemet Ateljévågen 18-28

Följande mätutrustning användes:

- Vattenvolymmätare (SVM:s vinghjulmätare)
- Kvicksilvertermometrar
- Effektmätare med integreringsverk (endast Ateljévågen 18-28)

Tiduret inkopplades 82-01-21 och styrde sedan VVC-pumpen fram till 82-02-15 då tidprogrammet suddades ut.

Under följande tidsperioder uppmättes ovanstående parametrar:

Period	1	811222-820125
	2	820125-820302
	3	820302-820329
	4	820329-820429
	5	821018-821115
	6	821115-821213
	7	821213-830104
	8	830104-830201
	9	830201-830301
	10	830301-830329
	11	830329-830426

12 831018-831115

13 831115-831215

14 831227-840125

15 840125-840222

16 840222-840321

#### Bearbetning av data

Energiförbrukningen resp besparingen beräknas i kap 11:11. I kap 10:11 har energiförbrukningen under mätperioderna uppritats. Genom att jämföra energiförbrukningen i Ateljévägen 18-28 (provhuset) med förbrukningen i Ateljévägen 2-16 (referenshuset) kan ett mått på energibesparingen fås. Speciellt intressanta perioder är 1 och 16 som ligger före resp efter tiden för tidsstyrning. I de punkterna kan man se förhållandet i energiförbrukning mellan husen.

Besparingen av elenergi till VVC-pumpen är lätt att beräkna då man vet pumpens effekt samt den betydligt kortare tid pumpen kommer att arbeta vid tidsstyrning.

## 10. FRAMRÄKNING AV PRIMÄR-RESULTAT

Detta kapitel ger ett antal slutsidor ur det digra material, ca 150 sidor, som ingår i den fullständiga slutrapporten, daterad oktober 1985 (se förordet).

Den som söker de explicita slutresultaten finner dessa i kapitel 11 och sammanfattade i kapitel 2. Med det följande avses endast att för den intresserade visa slutstegen i beräkningen.

Teoretiskt framräknade minskningar av transmissionsförluster har som framgår beräknats för de aktuella perioderna och baserar sig på uppmätta medeltemperaturer. De benämnes i fortsättningen förväntad besparingseffekt.

Ur råmaterialet har vidare beräknats skilda energigenomgångstal, A-värden, samt övriga parametrar.

Teorin bakom A-värdet har givits i kapitel 8 med den explicita definitionen i avsnitt 8.2. Beteckningar ges i fig 8:5 och sättet att beräkna besparingen i 8.2.4.

10.1

\*\* ATELJEVAGEN 18-22

\* TEORETISK BESPARING AV TILLÄGGISOLERING

PERIOD		TRANSMISSION		kW	MWh
		k=0.77	k=0.33		
821004-821018	TID 334.6h	32.55	25.41	7.14	2.39
821018-821101	TID 336.6h	32.75	25.54	7.21	2.43
821101-821115	TID 335.9h	35.55	27.88	7.67	2.58
821115-821129	TID 335.7h	39.50	31.06	8.44	2.83
821129-821213	TID 335.8h	42.75	32.06	10.69	3.59
821213-830104	TID 529.2h	46.63	36.45	10.18	5.39
830104-830118	TID 335.8h	45.12	35.36	9.76	3.28
830118-830201	TID 335.1h	46.42	36.30	10.12	3.39
830201-830215	TID 336.2h	57.04	44.63	12.51	4.21
830215-830301	TID 336.2h	55.94	44.14	11.80	3.97
830301-830315	TID 336.6h	49.14	38.97	10.17	3.42
830315-830329	TID 334.6h	44.53	35.34	9.19	3.07
	-----				
SUMMA	4 222.3h				40.55 MWh
					-----

\*\* ATELJEVAGEN 24-28

\* TEORETISK BESPARING AV TILLÄGGSISOLERING

PERIOD		TRANSMISSION		kW	MWh
		k=0.77	k=0.33		
821004-821018	TID 334.8h	35.62	28.48	7.14	2.39
821018-821101	TID 336.4h	37.98	30.42	7.56	2.54
821101-821115	TID 335.9h	41.37	33.31	8.06	2.71
821115-821129	TID 335.7h	46.27	37.44	8.83	2.96
821129-821213	TID 335.7h	49.79	39.41	10.38	3.48
821213-830104	TID 529.3h	53.14	42.99	10.15	5.37
830104-830118	TID 335.8h	52.39	42.31	10.08	3.38
830118-830201	TID 335.1h	53.85	43.55	10.30	3.45
830201-830215	TID 336.2h	65.63	52.89	12.74	4.28
830215-830301	TID 336.5h	63.47	51.45	12.02	4.04
830301-830315	TID 334.5h	55.18	44.73	10.45	3.50
830315-830329	TID 334.7h	50.05	40.42	9.63	3.22
830329-830412	TID 336.3h	47.16	38.05	9.11	3.06
830412-830426	TID 336.7h	38.79	31.50	7.29	2.45
831018-831101	TID 336.7h	38.14	30.72	7.42	2.50
831101-831115	TID 335.5h	45.03	36.26	8.77	2.94
831115-831129	TID 336.1h	54.92	43.97	10.95	3.68
831129-831215	TID 384.6h	58.15	46.33	11.82	4.55
SUMMA	6 286.5h				60.50 MWh

## 10.2

\*\* LOGDANSVAGEN 18-26

\* TEORETISK BESPARING AV TILLÄGGSISOLERING

PERIOD		TRANSMISSION			
		k=0.7	k=0.15	kW	MWh
831018-831101	TID 337.1h	76.59	63.88	12.71	4.28
831101-831115	TID 335.3h	91.03	75.96	15.07	5.05
831115-831129	TID 336.1h	114.00	94.52	19.48	6.55
831129-831215	TID 384.2h	120.19	99.62	20.57	7.90
831215-840111	TID 648.0h	104.69	93.35	11.34	7.35
840111-840125	TID 336.0h	119.88	105.92	13.96	4.69
840125-840208	TID 335.4h	107.67	95.15	12.52	4.20
840208-840222	TID 336.3h	109.83	97.21	12.62	4.24
840222-840307	TID 335.9h	101.60	93.78	7.82	2.63
	-----				
SUMMA	3 384.3h				46.89 MWh
					-----

## 10.3

\*\* ÖRSVÄNGEN 3

\* TEORETISK BESPARING 3-GLAS FÖNSTER

PERIOD		TRANSMISSION		kW	MWh
		k=3.0	k=2.0		
831018-831101	TID 337.8h	33.02	25.80	7.22	2.44
831101-831115	TID 335.0h	39.22	30.68	8.54	2.86
831115-831129	TID 335.7h	49.52	68.79	10.73	3.60
831129-831215	TID 384.3h	52.89	41.45	11.44	4.40
831215-840111	TID 648.0h	49.10	38.04	11.06	7.17
840111-840125	TID 336.2h	55.35	43.31	12.04	4.05
840125-840208	TID 335.6h	49.12	38.42	10.70	3.59
840208-840222	TID 336.4h	53.67	41.76	11.91	4.01
840222-840307	TID 335.6h	45.25	35.66	9.59	3.22
	-----				-----
SUMMA	3 384.6h				35.34 MWh

\*\* ØRSVANGEN 5

\* TEORETISK BESPARING 3-GLAS FØNSTER

PERIOD		TRANSMISSION		kW	MWh
		k=3.0	k=2.0		
821004-821019	TID 359.5h	32.11	25.11	7.00	2.52
821019-821101	TID 311.2h	31.85	24.94	6.91	2.15
821101-821115	TID 336.1h	36.00	28.30	7.70	2.59
821115-821129	TID 335.8h	36.85	29.05	7.80	2.62
821129-821213	TID 334.5h	46.93	36.87	10.06	3.37
821213-830104	TID 511.0h	47.89	37.78	10.11	5.17
830104-830118	TID 336.0h	45.78	36.18	9.60	3.23
830118-830201	TID 334.8h	48.93	38.58	10.35	3.47
830201-830215	TID 337.1h	59.10	46.15	12.95	4.37
830215-830301	TID 335.7h	52.57	41.15	11.42	3.83
830301-830315	TID 336.3h	49.12	38.36	10.76	3.62
830315-830329	TID 335.6h	45.25	35.39	9.86	3.31
830329-830412	TID 335.8h	39.90	31.08	7.92	2.66
830412-830426	TID 337.3h	33.93	26.40	7.53	2.54
831018-831101	TID 337.2h	33.30	26.02	7.28	2.45
831101-831115	TID 334.9h	39.05	30.54	8.51	2.85
831115-831129	TID 335.9h	50.32	39.57	10.75	3.61
831129-831215	TID 384.2h	52.90	41.42	11.48	4.41
831215-840111	TID 648.0h	48.87	38.37	10.50	6.80
840111-840125	TID 336.1h	56.02	43.79	12.23	4.11
840125-840208	TID 335.7h	49.98	39.05	10.93	3.67
840208-840222	TID 336.3h	52.89	41.36	11.53	3.88
840222-840307	TID 335.7h	46.46	36.58	9.88	3.32
SUMMA	8 260.7h				80.55 MWh



## 10.4 BESPARINGAR

10.41 ATELJEVÄGEN 18-22

Åtgärd 2 Tilläggsisolering av fasad norr, 33  
lägenheter från 82-10-04

$$\begin{array}{l} \text{Period före} \quad A = 0,131 \\ \text{" efter} \quad A = 0,121 \end{array} \quad E_{\text{eff}} = 2,027 \quad \begin{array}{l} \sum t = 4222 \text{ h} \\ \text{Grh} = 82000 \end{array}$$

$$E_{\text{eff}} = 2,027 \cdot 4222 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 282 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,131 - 0,121}{0,121} \cdot 282 = 23 \text{ MWh}$$

Förväntad do 40 MWh (60 %)

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{82 \ 000} \cdot 23 = \underline{\underline{32 \text{ MWh}}}$$

Åtgärd 8 Injustering av värmesystemet  
från 84-01-25

$$\begin{array}{l} \text{Period före} \quad A = 0,128 \\ \text{" efter} \quad A = 0,127 \end{array} \quad E_{\text{eff}} = 2,41 \quad \begin{array}{l} \sum t = 2060 \text{ h} \\ \text{Grh} = 55000 \end{array}$$

$$E_{\text{eff}} = 2,41 \cdot 2060 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 200 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,128 - 0,127}{0,127} \cdot 200 = 2 \text{ MWh}$$

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{55 \ 000} \cdot 2 = 4 \text{ MWh}$$

## BESPARINGAR

ATELJEVÄGEN 24-28

Åtgärd 2 Tilläggsisolering av norrfasad, 33  
lägenheter från 82-10-04

Period före A = 0,140  
" efter A = 0,126  $E_{\text{eff}} = 2,092 \quad \sum t = 6287 \text{ h}$   
Grh=121000

$$E_{\text{eff}} = 2,092 \cdot 6287 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 434 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,140 - 0,126}{0,126} \cdot 434 = 48 \text{ MWh}$$

Förväntad do 60 MWh (80 %)

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{121 \ 000} \cdot 48 = \underline{\underline{46 \text{ MWh}}}$$

Åtgärd 8 Injustering av värmesystemet  
från 84-01-25

Period före A = 0,126  
" efter A = 0,125  $E_{\text{eff}} = 2,753 \quad \sum t = 4052 \text{ h}$   
Grh=104000

$$E_{\text{eff}} = 2,753 \cdot 4052 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 368 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,126 - 0,125}{0,125} \cdot 368 = 3 \text{ MWh}$$

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{104 \ 000} \cdot 3 = 3 \text{ MWh}$$

## 10.42 BESPARINGAR

SKOGSBACKEN 16

Åtgärd 9 Sänkning av varmvattentemperatur, 40  
lägenheter från 82-05-03

$$\begin{array}{l} \text{Period före} \quad A = 0,103 \\ \text{" efter} \quad A = 0,101 \quad E_{\text{eff}} = 1,687 \quad \Sigma t = 5496 \text{ h} \\ \text{Grh} = 102000 \end{array}$$

$$E_{\text{eff}} = 1,687 \cdot 5496 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 371 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp.eff} = \frac{0,103 - 0,101}{0,101} \cdot 371 = 7 \text{ MWh}$$

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{102 \ 000} \cdot 7 = \underline{\underline{8 \text{ MWh}}}$$

Åtgärd 6,8 Injustering av värme + ventilation  
från 83-10-18

$$\begin{array}{l} \text{Period före} \quad A = 0,101 \\ \text{" efter} \quad A = 0,115 \quad E_{\text{eff}} = 2,439 \quad \Sigma t = 5445 \text{ h} \\ \text{Grh} = 126000 \end{array}$$

$$E_{\text{eff}} = 2,439 \cdot 5445 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 531 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp.eff} = \frac{0,101 - 0,115}{0,115} \cdot 531 = -65 \text{ MWh}$$

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{126 \ 000} \cdot (-65) = \underline{\underline{-59 \text{ MWh}}}$$

## BESPARINGAR

SKOGSBACKEN 18

Åtgärd 9 Sänkning av varmvattentemperatur, 40  
lägenheter från 82-05-03

Period före A = 0,127  
" efter A = 0,126  $E_{\text{eff}} = 2,057 \quad \Sigma t = 5495 \text{ h}$   
Grh=101000

$$E_{\text{eff}} = 2,057 \cdot 5494 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 452 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,127 - 0,126}{0,101} \cdot 452 = 4 \text{ MWh}$$

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115\ 000}{101\ 000} \cdot 4 = \underline{\underline{5 \text{ MWh}}}$$

Åtgärd 6,8 Injustering av värme + ventilation  
från 83-10-18

Period före A = 0,126  
" efter A = 0,121  $E_{\text{eff}} = 2,535 \quad \Sigma t = 5445 \text{ h}$   
Grh=128000

$$E_{\text{eff}} = 2,535 \cdot 5445 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 552 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,126 - 0,121}{0,121} \cdot 552 = 23 \text{ MWh}$$

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115\ 000}{128\ 000} \cdot 23 = \underline{\underline{21 \text{ MWh}}}$$

## BESPARINGAR

10.43 LOGDANSVÄGEN 2-16

Åtgärd 8 Injustering av värmesystemet, 51  
lägenheter från 84-12-11

Period före  $A = 0,173$   
" efter  $A = 0,182$   $E_{\text{eff}} = 3,946 \sum t=2066 \text{ h}$   
 $Grh = 52000$

$$E_{\text{eff}} = 3,946 \cdot 2066 \cdot 51 \cdot 10^{-3} = 416 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,173 - 0,182}{0,182} \cdot 416 = -21 \text{ MWh}$$

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115\ 000}{52\ 000} \cdot (-21) = -46 \text{ MWh}$$

## BESPARINGAR

LOGDANSVÄGEN 18-26

Åtgärd 1 Tilläggsisolering vindsbjälklag, 73  
lägenheter från 83-10-18

Period före A = 0,148  
" efter A = 0,142  $E_{\text{eff}} = 2,615 \quad \Sigma t = 3384 \text{ h}$   
Grh = 70000

$$E_{\text{eff}} = 2,615 \cdot 3384 \cdot 73 \cdot 10^{-3} = 646 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,148 - 0,142}{0,142} \cdot 646 = 27 \text{ MWh}$$

Förväntad do 47 MWh (60 %)

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{71 \ 000} \cdot 27 = \underline{\underline{44 \text{ MWh}}}$$

Åtgärd 8 Injustering av värmesystemet  
från 84-12-11

Period före A = 0,142  
" efter A = 0,146  $E_{\text{eff}} = 3,499 \quad \Sigma t = 2066 \text{ h}$   
Grh = 55000

$$E_{\text{eff}} = 3,499 \cdot 2066 \cdot 73 \cdot 10^{-3} = 528 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,142 - 0,146}{0,146} \cdot 528 = -14 \text{ MWh}$$

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{55 \ 000} \cdot (-14) = -29 \text{ MWh}$$

## BESPARINGAR

10.44 ÖRNSVÄNGEN 3

Åtgärd 3 Konvertering 2- till 3-glasfönster, 32  
lägenheter från 83-10-18

Period före A = 0,127  
" efter A = 0,122  $E_{\text{eff}} = 2,338 \sum t = 3385 \text{ h}$   
Grh = 70000

$$E_{\text{eff}} = 2,338 \cdot 3385 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 253 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,127 - 0,122}{0,122} \cdot 253 = 10 \text{ MWh}$$

Förväntad do 35 MWh (30 %)

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{70 \ 000} \cdot 10 = \underline{\underline{16 \text{ MWh}}}$$

Åtgärd 8 Injustering av värmesystemet  
från 84-12-11

Period före A = 0,122  
" efter A = 0,121  $E_{\text{eff}} = 3,037 \sum t = 2067 \text{ h}$   
Grh = 57000

$$E_{\text{eff}} = 3,037 \cdot 2067 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 201 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,122 - 0,121}{0,121} \cdot 201 = 2 \text{ MWh}$$

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{57 \ 000} \cdot 2 = 4 \text{ MWh}$$

## BESPARINGAR

ÖRNSVÄNGEN 5

Åtgärd 3 Konvertering 2- till 3-glasfönster, 32  
lägenheter från 83-10-04

Period före A = 0,126  
" efter A = 0,120  $E_{\text{eff}} = 2,216 \quad \Sigma t = 8261 \text{ h}$   
Grh=168000

$$E_{\text{eff}} = 2,216 \cdot 8261 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 586 \text{ MWh}$$

$$\text{Besp. eff} = \frac{0,126 - 0,120}{0,120} \cdot 586 = 29 \text{ MWh}$$

Förväntad do 80 MWh (36 %)

$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{168 \ 000} \cdot 29 = \underline{\underline{20 \text{ MWh}}}$$

Åtgärd 8 Injustering av värmesystemet  
"-"- Snålspolande armaturer (duschar)  
från 84-12-11

Period före A = 0,120  
" efter A = 0,126  $E_{\text{eff}} = 3,153 \quad \Sigma t = 2067 \text{ h}$   
Grh= 57000

$$E_{\text{eff}} = 3,153 \cdot 2067 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 209 \text{ MWh}$$

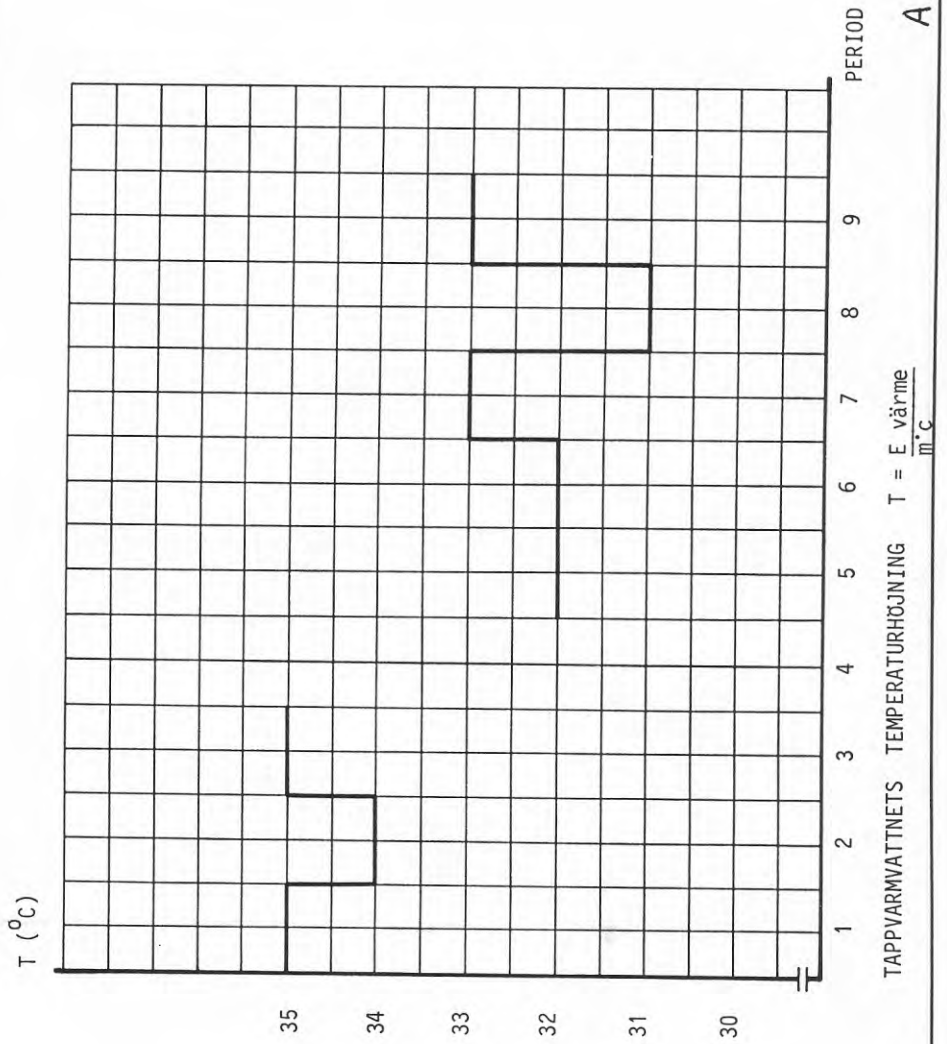
$$\text{Besp. eff} = \frac{0,120 - 0,126}{0,126} \cdot 209 = -10 \text{ MWh}$$

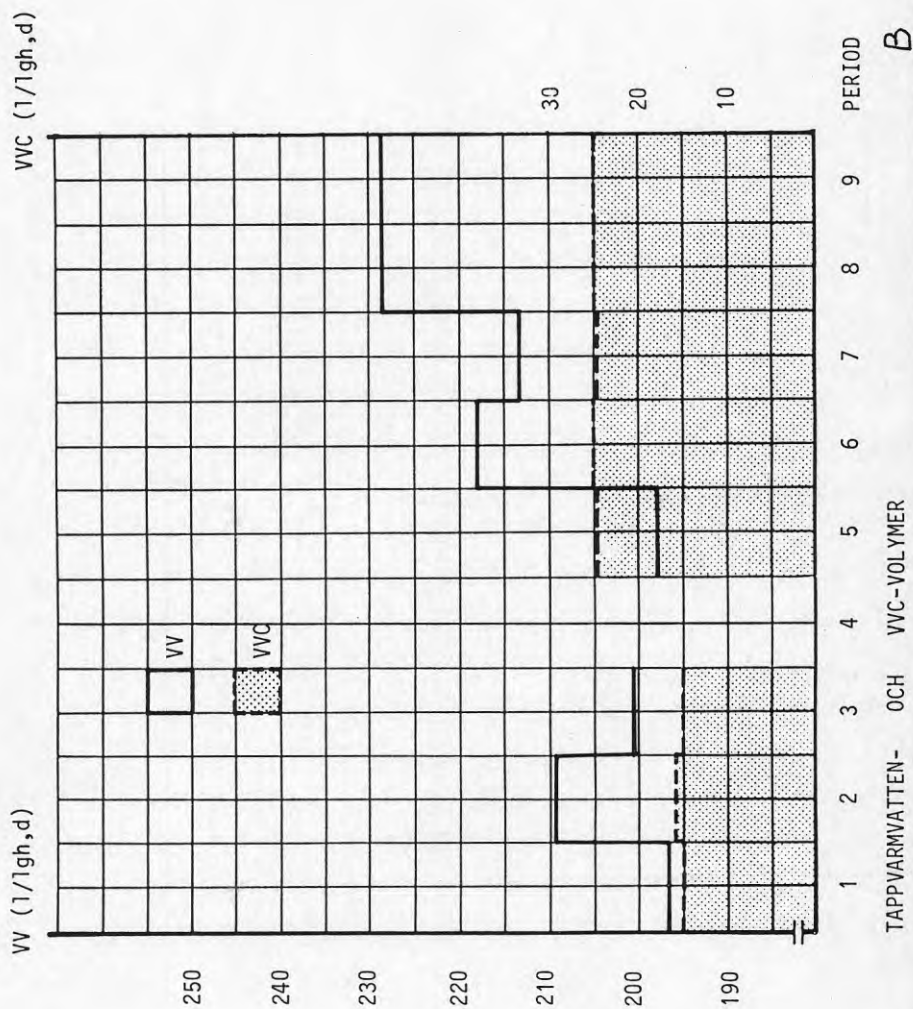
$$\text{Årlig besparingseffekt} = \frac{115 \ 000}{57 \ 000} \cdot (-10) = -20 \text{ MWh}$$

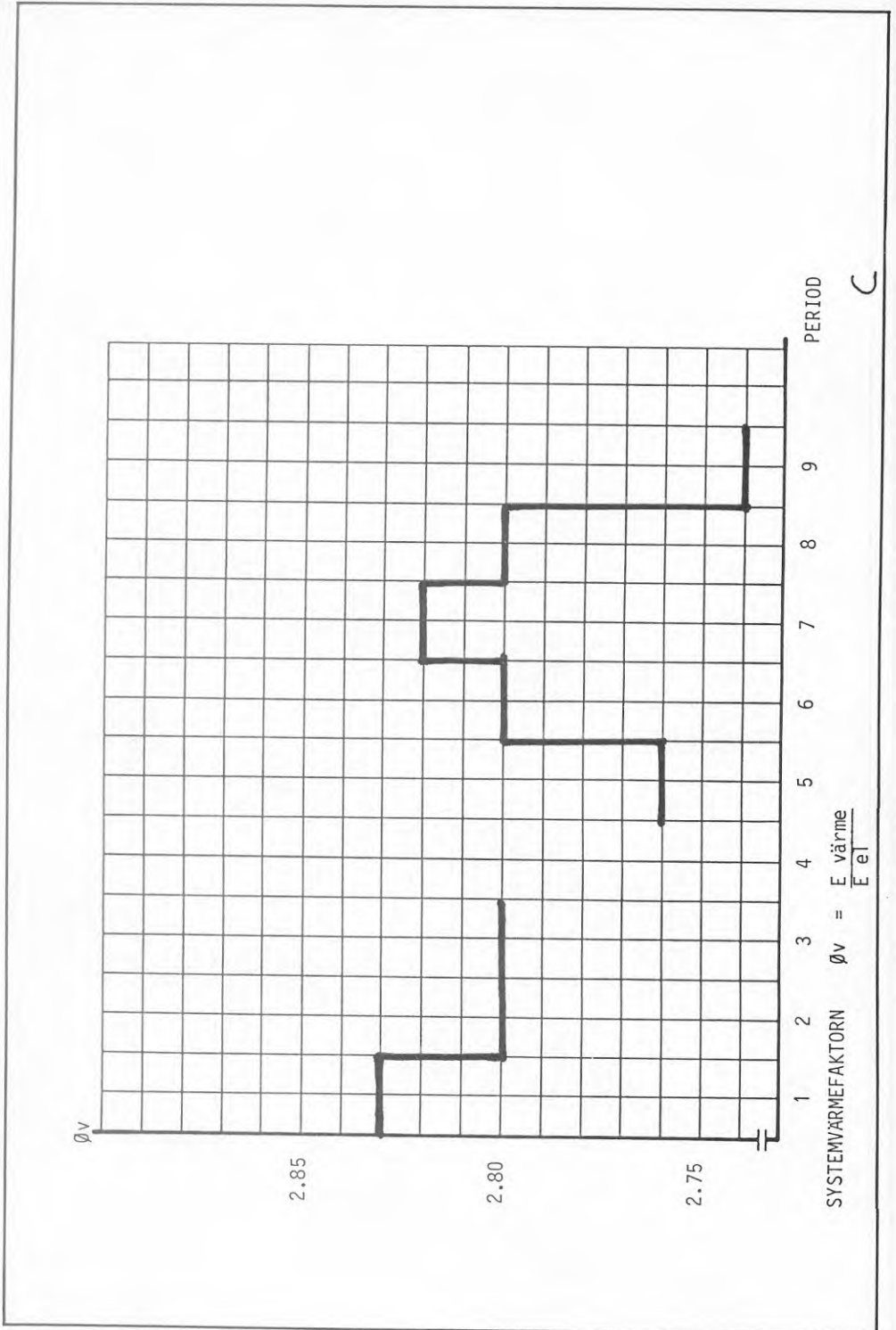


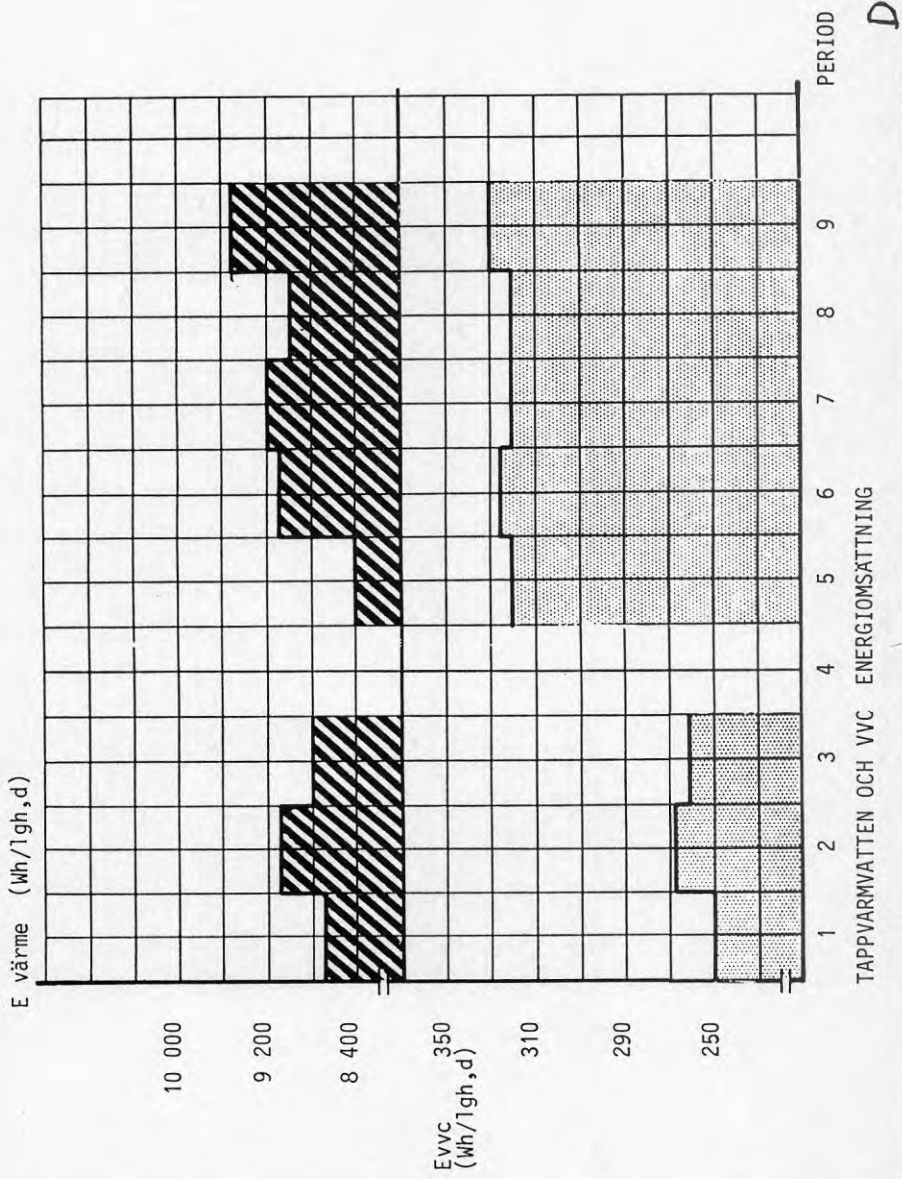
#### 10. 5 Mätresultat för värmepumpsinstallationen

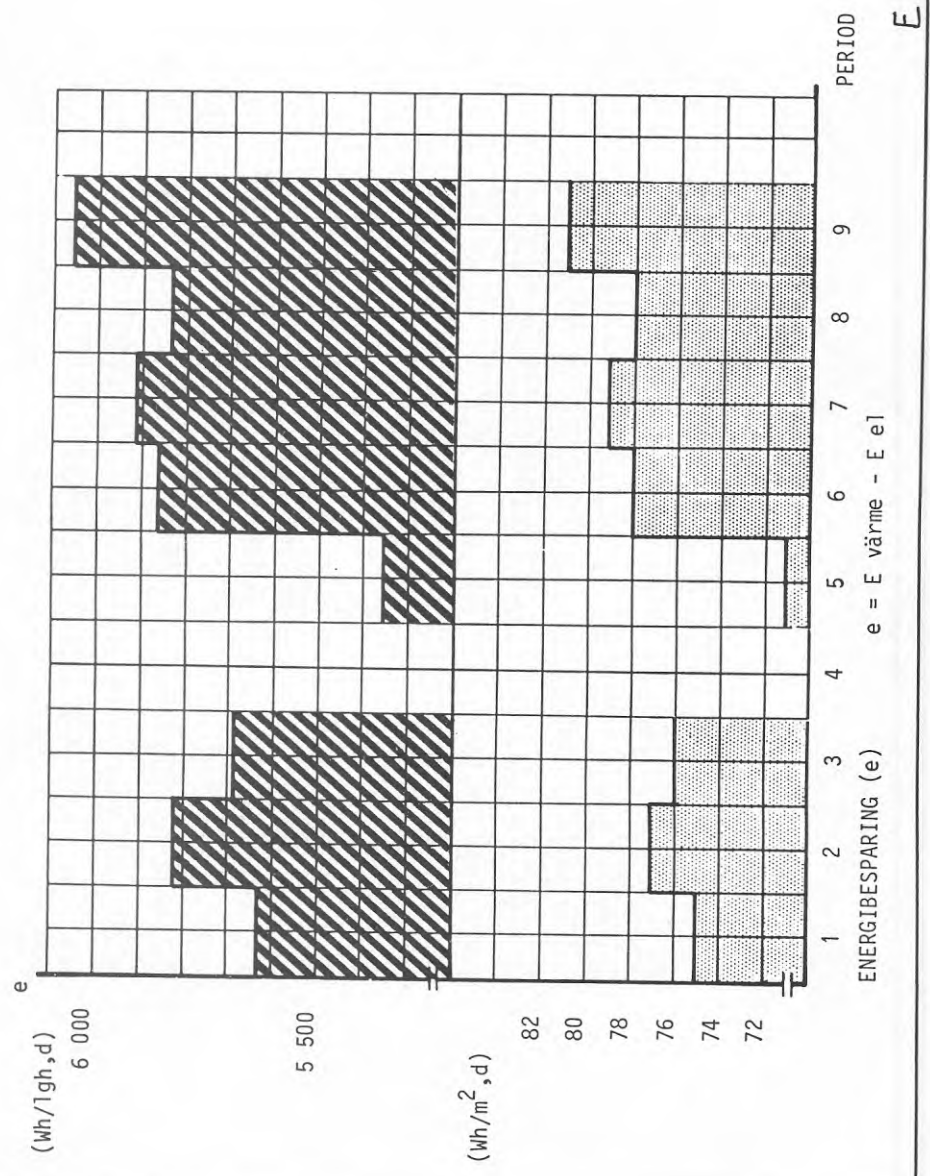
Mätresultaten för perioderna 1-9 enligt kap 9.7 är införda i följande sju diagram där innehållet framgår av figurtexten. Justeringen av styrsystemet (se kap 9:7) efter period 8 medför att period 9 motsvarar systemets nuvarande status.



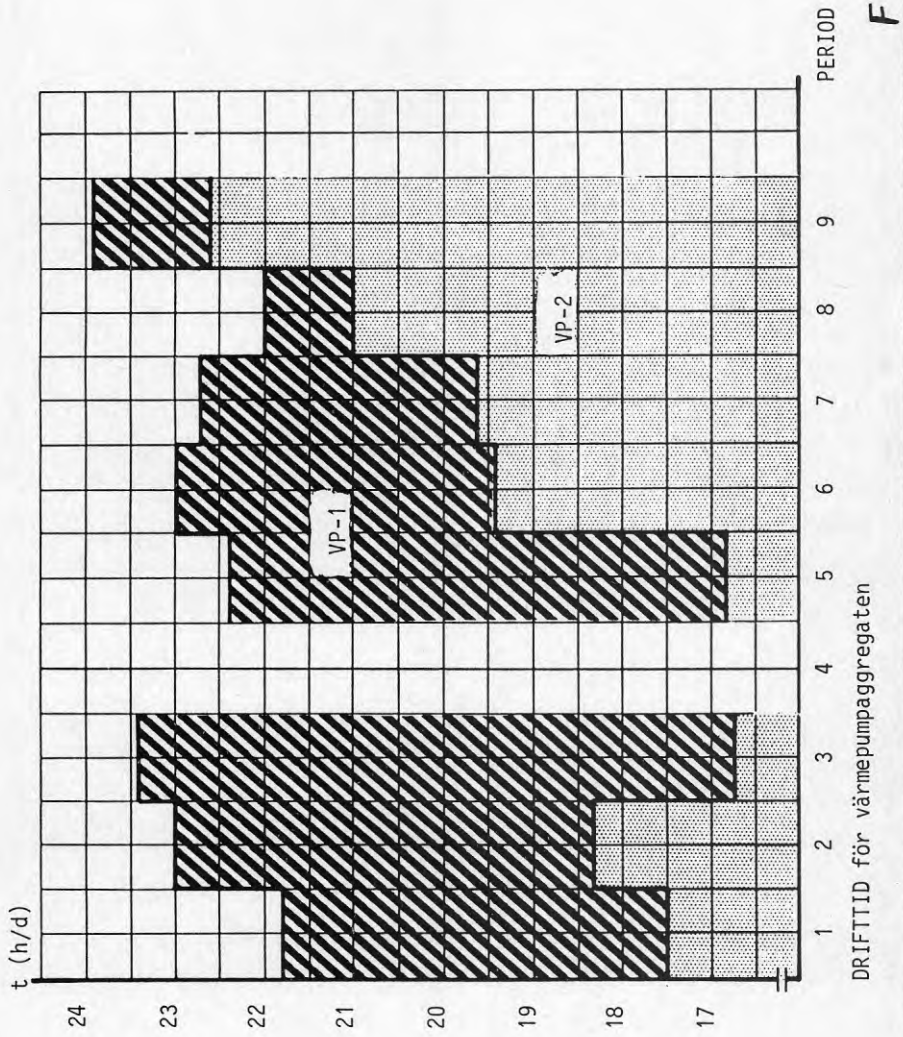






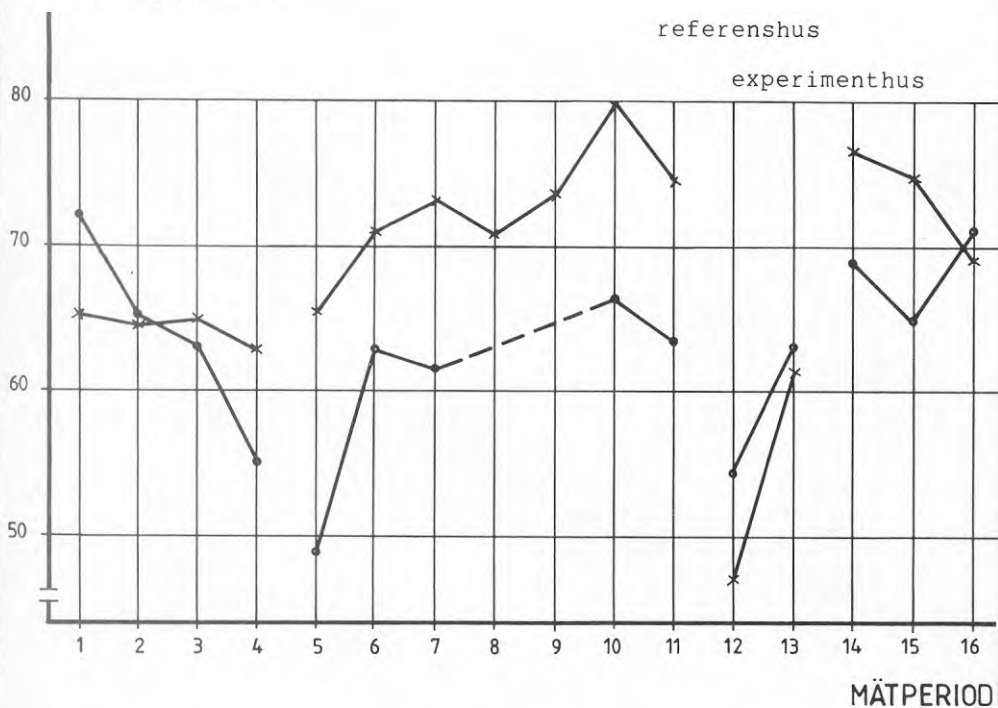


E



### 10.11 Mätresultat för styrning av varmvatten-cirkulationen

E [kWh/lqh,vecka]



— x — x — x

Ateljévågen 2-16 (referenshus)

— o — o — o

Ateljévågen 18-28 (experimenthus)

— — — — —

Tid under vilken mätresultat fattat

Tidsstyrning av VVC-pumpen på Ateljévågen 18-28 pågick under period 2-15

Energiförbrukning för tappvarmvatten för Ateljévågen 2-16 samt 18-28 under tiden 811222-840321. Mätperiodernas läge och längd i tiden, se kap 8.



## 11. UTVÄRDERING OCH VISSA KOMMENTARER TILL SPARRESULTATEN

I det följande utvärderas energispareffekten av olika åtgärder. Sammanställningen finns i kapitel 2.

### 11.1 TILLÄGGSISOLERING AV VINDSBJÄLKLAG VID LOGDANSVÄGEN

Som tidigare redovisats kom tilläggsisoleringen vid Logdansvägen 2-16 att utföras redan innan projektet startades.

För Logdansvägen 18-26 utfördes tilläggsisolering i oktober -83, som kom att sammanfalla med inkoplandet av värmepumpen. Effekten av värmepumpen inverkar i och för sig inte på storleken av energigenomgångstalet A. (För byggnaden innebär nämligen värmepumpen endast att varmvattentillförsel från fjärrvärme ersätts med värme från annan källa.) Emellertid medförde kompletterande fläktar vid Logdansvägen 22, 24 och 26 att ventilationsflödet (vid nya, rena filter) ökade med 1700 m<sup>3</sup>/h. För de aktuella filtren är tryckfallet vid rena filter 30 resp 40 Pa och vid föreskrivet byte 90 resp 110 Pa. Det är då rimligt att anta ett genomsnittligt tryckfall under perioden som är 30 à 35 Pa större än vid rena filter.

Karaktäristik för systemet av fläktar (en ny i serie med en gammal) har uppmätts enligt bilaga. Man konstaterar att vid 35 Pa ökat tryck faller flödet 200 m<sup>3</sup>/h (5,7% av 3600). Rimligen samma reduktion på de ej mätta batterierna ger totalt 650, dvs vid genomsnittligt igensatta filter 1700-650 = 1050 m<sup>3</sup>/h.\* (Sid 10:12)

Den årliga besparingseffekten av isoleringen har beräknats till 44 MWh. Till detta läggs det belopp som "äts upp" av den ovannämnda ökningen av ventilationen, dvs

$$1050 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{°C} \times 115.000 \text{ °C.h} = 35 \text{ MWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Total besparingseffekt/år} &= 79 \text{ MWh/år} (44+35) \\ \text{Motsvarande förväntade effekt} &= 76 \text{ MWh/år} \end{aligned}$$

$$\frac{115}{71} \times 47 \text{ enligt sid 7:0 och 7:8.}$$

Uppskattningarna av ventilationsförlusterna är som framgår inte så säkra. Det hela tyder dock på att den förväntade isoleringseffekten nåtts.

Fotnot:

\*I andra sammanhang har för dessa extra ventilationsförluster använts värdet ca 1300 m<sup>3</sup>/h.

## 11.2 TILLÄGGSISOLERING AV NORRVÄGG, ATELJEVÄGEN 18-22 OCH 24-28

Beräkningarna ger (sid 73 och 74).

	A18-22	A24-28	Tot A18-28
Beräkn bespar. effekt, MWh/år	32	46	78
Förväntad	56	58	114

Det kan tilläggas att jämförelsen "före/efter" åtgärd kan vara störd av åtgärderna 11.5 och 11.11 - springventil resp styrning av varmvattencirkulation.

### Övrigt

Resultaten från värmefflödesmätning kan sammanfattas i form av k-värden.

	k-värde beräknat enl SBN W/m <sup>2</sup> °C	k-värde enl flödes- mätningar W/m <sup>2</sup> °C
Inre del av yttervägg = tidigare befintlig	0,72	0,68
Totalt för ytter- väggen	0,28	0,31

Resultaten från mätningarna indikerar att väggen i tilläggsisolerat skick har något sämre isolerförmåga än den som fås vid beräkning enligt SBN.

För den ursprungliga väggen anger värdena ovan det omvända förhållandet. Det beräknade värdet kan här emellertid vara korrekt. Den tidigare befintliga väggen var vid värmefflödesmätningen skyddad mot exponering från uteklimat och därmed torrare än när den inte skyddats av tilläggs-skikten.

11.3	KONVERTERING AV ÖRSVÄNGEN 3 OCH 5	2-GLAS	TILL 3-GLASFÖNSTER,
	Ör 3	Ör 5	Totalt 3 och 5
Beräkn bespar. effekt, MWh/år	16	20	36
Förväntad d:o	58	55	113

Ett närmare studium indikerar att konverteringen till tre-glasfönster har effekt under kalla perioder men inte under vår och höst. Detta skulle kunna bero på att man vädrar bort energi i väsentlig omfattning. Denna hypotes stämmer väl med iakttagelser från t ex det kontorshusprojekt som utförts av TYRENS i samråd med byggnadsstyrelsen.

11.6 INJUSTERING AV VENTILATION OCH VÄRMESYSTEM SKOGS-  
BACKEN 16 OCH 18

	S 16	S 18	Totalt 16 o 18
Beräkn bespar. effekt, MWh/år	-59	+21	-19

Någon förväntad besparingseffekt kan inte beräknas i detta fall.

Den negativa effekten kan här mycket väl bero på att ventilationen ökat efter åtgärden. Den utveckling av mätmetoder för total ventilationsmängd som tidigare nämnts hade inte kommit så långt att totalflödet i detta fall kunnat mätas före åtgärden. (Flätkamrarna är i Skogsbacken svåråtkomliga för mätning.) Inför behovet att mäta totalflöden och kontrollera injusteringen skedde en vidareutveckling på mät- sidan, så att detta mätproblem löstes. Någon tillförlitlig uppgift om förändringen av flödet har vi emellertid inte på grund av avsaknad av mätvärden före åtgärd.

### 11.7 Analys av mätresultat för värmepumpsinstallationen

Resultat (period 9, som motsvarar systemets nuvarande status)

Elenergi till kompressorer och pumpar

$$E_{el} = 1295 \text{ kWh}$$

Energi för uppvärmning av tappvarmvatten inklusive VVC förluster.

$$E_{\text{värme}} = 3550 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{värme/lgh, d}} = 9,54 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{värme/år}} = 432 \text{ MWh}$$

Systemets värmefaktor (se kommentarer kap 9)

$$\phi_v = 2,74$$

Vattenvolymer

Tappat varmvatten under period 9

$$V_{vv} = 83,7 \text{ m}^3$$

$$V_{vv}/\text{lgh, d} = 225,1 \text{ l}$$

(Man bör betänka att fjärrvärme-VVX är avstängd varför inget vatten kommer in och värms vid denna VVX.)

Energibesparing (e)

$$e = E_{\text{värme}} - E_{el} = 3550 - 1295 = 2255 \text{ kWh}$$

$$e/\text{lgh, d} = 6,1 \text{ kWh}; \quad e/\text{lgh, år} = \underline{2230 \text{ kWh}}$$

$$e/\text{år} = 274,4 \text{ MWh}; \quad e/\text{m}^2, \text{år} = \underline{29 \text{ kWh}}$$

Åtminstone vid rena filter har dock luftomsättningen och därmed ventilationsförlusterna ökat, vilket uppmätts och beräknats till 64 MWh/år (se 11.1). Detta bör belasta värmepumpens spareffekt som blir 210 MWh.

$$e/\text{lgh, år} = \underline{1730 \text{ kWh}}$$

$$e/\text{m}^2, \text{år} = \underline{22 \text{ kWh}}$$

Denna ventilationsförlust bör kunna justeras ned utan att försämra lika mycket för värmepumpen.

### Diskussion:

Avsikten med värmepumpinstallationen är att förvärma tappvarmvatten. Lagring i ackumulatorer minskar erforderlig tillsatsvärme (i detta fall fj v-VVX) men eliminerar den inte.

Mätningarna utfördes med avstängd tillsatsvärme. Detta kan tänkas medföra en lägre vattenförbrukning på grund av sjunkande vattentemperaturer vid stort-tappning. Efter justering före period 9 ser man en viss ökning av tappvattenförbrukningen.

Flödet i VVC-slingan har ökat efter pumpstoppet i period 4. "Energibesparing" ökar i period 9 trots lägre värmefaktor vilket förklaras av att total avgiven energi är större än tidigare.

Kontroll av avgiven värmeeffekt från VP-aggregaten (period 9).

$$P_v = \frac{3550}{3 (23,9+22,6)} = 25,4 \text{ kW/aggregat}$$

Inklusive cirkulationspumpar har varje aggregat dragit  $P_{el} = 9,3 \text{ kW}$ .

Mätningar utförda av Fläkt Evaporator AB 1984-04-19 visar något högre värden än tidigare uppmätta.

Vid dessa mätningar mättes bl a


- flöde/temp i värmebärarkretsar
- eleffekt till kompressorer

Resultat av entreprenörens mätningar:

Totalt avgiven värme	61,8 kW
Total kompressoreffekt	18,8 kW
Värmefaktor för värmepumparna	3,41

Resultaten från de olika mätningarna varierar. Det är sannolikt att värmemängdsmätare vid mätningar av tappvarmvatten inte "hänger med" vid låga flöden. Felet under mätperioderna medför i så fall att redovisade värden sannolikt är lägre (sämre) än de verkliga.

## 11.8 INJUSTERING AV UPPVÄRMNINGSSYSTEM

	A18-22	A24-28	L2-16	L18-26	Ö3	Ö5
Beräkn. bespar. effekt, MWh/år	4	3	-46	-29	4	-20
Beräkn. bespar. effekt, kWh/m <sup>2</sup> , år						
	1,6					

Som synes resultat som är negativa eller obetydligt positiva.

11.9 SÄNKNING AV VARMVATTENTEMPERATUREN I SKOGSBACKEN  
16 OCH 18

Beräkningar enligt listor

	S 16	S 18	Totalt 16 o 18
Beräkn. bespar. effekt MWh/år	8	5	13

Någon samvariation mellan besparingseffekten och vattentemperaturen har egentligen ej registrerats.



### 11.11 Analys av styrning av varmvattencirkulation

#### Energibesparing vid tappvarmvattenuppvärmning

I projektets början kunde man på goda grunder anta att tappvarmvattenkonsumtionen skulle öka något vid införande av tidsstyrd VVC-pump. Detta på grund av att väntan på varmvatten blir längre vissa tider vid tidsstyrning, vilket skulle innebära att hyresgästen först spolat ut det "kalla" vattennet, som också det någon gång har uppvärmts, till ingen nytta. I diagram 10.11 kan man dock se en minskning i energiförbrukningen, som är så stor att sannolikt inte hela energibesparingen består av minskade förluster från rörledningar.

Förklaringen till detta torde bero på ändrade levnadsvanor. Inte så att hyresgästerna t ex badar mer sällan utan att de kanske använder kallvatten i större utsträckning då de märker att det vissa tider inte kommer varmt vatten med detsamma.

Medelvärde på energibesparing enligt diagram 10.11 under perioderna, om man utgår från att de båda husen före tidsstyrningens införande har samma energiförbrukning per lägenhet, är för

- period 2-4	3.1 kWh/lgh, vecka
- period 5-11	10.9 "
- period 12-13	-4.4 "
- period 14-15	8.5 "

sammanvägning ger

$$\frac{1392.3,1 + 3887.10,9 - 720-4,4 + 1344.8,5}{1392 + 3887 + 720 + 1344} =$$

$$= 7,5 \text{ kWh/lgh, vecka}$$

eller uttryckt i % av referenshusets totala energiförbrukning

- period 2-4	ca 5%
- period 5-11	ca 15%
- period 12-13	ca -8%
- period 14-15	ca 11%

sammanvägning ger 10,1%

#### Energibesparing för VVC-pumpen

Energibesparingen per år beräknas enligt kap 8.3 som  $E_p = 250 \times (8760 - t_p)$  där  $t_p$  = tiden då pumpen arbetar per år.

I kap 9.11 framgår att pumpen arbetar 4 timmar på vardagar samt 2 timmar på lördagar och söndagar, dvs 24 timmar i veckan eller 1248 timmar per år. Energibesparingen per år skulle således bli:

$$E_p = 250 \cdot (8760 - 1248) = 1878 \text{ kWh/år.}$$

Uttryckt per lägenhet och vecka för Ateljévägen 18-28 (66 lägenheter) blir energibesparingen:

$$E_p = \frac{1878}{66 \cdot 52} = 0,55 \text{ kWh/lgh, vecka}$$

#### Energibesparing på grund av minskade förluster från rörledningar

Den totala energiförbrukningen för uppvärmning av tappvarmvatten har under mätperioderna uppmätts och inprickats i diagram 10:11. Hur stor del av den, under många perioder, minskade energikonsumtionen som beror på minskade värmeförluster från rörledningar, måste dock utredas vidare.

#### Diskussion:

När man analyserar diagrammet är det intressanta att energiförbrukningen under tidsstyrningen av VVC-pumpen (mätperiod 2-15) är lägre hos experimenthuset, utom under två mätperioder, jämfört med referenshuset.

Detta är än mera intressant då man ser att förbrukningen före resp efter tidsstyrningen är högre för experimenthuset (mätperiod 1 och 16).

Om man helt krasst jämför värdena under period 5-11 skulle den genomsnittliga energibesparingen vara minst 10 kWh/lgh, vecka. Man kan vara missnöjsksam mot de dåliga värdena i period 12-13, men för säkerhets skull har de tagits med i beräkningen på föregående sida, som gav medelvärdet 7,5 kWh. Ytterligare mätningar utförda efter period 16 (men ej analyserade) kan tydligen visa ytterligare höjd besparing.

Innan man slutgiltigt kan anse att diagram 10.6 är ett direkt mått på energibesparing bör inverkan av ytterligare faktorer analyseras t ex följande:

- Noggrannheten i mätinstrument och avläsningar. Enligt en undersökning gjord under 1983 var ett antal vattenmätare felmonterade och visade därför ett felaktigt värde. Vidare avlästes ej vattenmätarna momentant utan en viss tid förflöt mellan två avläsningar vid ett och samma mättillfälle. Dessutom kunde avläsningen vid nästa mättillfälle ske från "motsatt håll". Slutligen kan nämnas att temperaturen hos vattenflödena inte registrerades momentant utan endast vid varje mättillfälle.
- VVC-pumpen stannade under mätperiod 16. Hur länge den stod stilla har inte re-

gistrerats. Man vet dock att stilleståndet varade mindre än två veckor.

- Hur mycket av energibesparingen som består av minskade värmeförluster från rörledningar i förhållande till hur mycket som består av minskad tappning av varmvatten.

Slutsats: Ett värde i underkant av det sammanvägda, säg 7 kWh/lgh, vecka, bör vara ett försiktigt antagande, särskilt om vi låter  $E_p = 0,55$  kWh ingå. Man får på  $7 \cdot 52 = \underline{360 \text{ kWh/lgh}}$  och för hela byggnaden  $66 \cdot 360 = \underline{24\ 000 \text{ kWh}}$ .\*

\*En del av denna energi var tidigare förluster från ledningen som bör ha tillfallit huset, men detta mest i källargångar där den varit tämligen värdelös.

11:12 Resultat av installation av flödesbegränsande duschmunstycken

Den uppmätta varmvattenförbrukningen framgår av följande sida.

$$\begin{array}{rcl} \text{Medelflödet minskade med } 0,08 \text{ m}^3/\text{h} & & \\ 24 \times 80 = & & 1920 \text{ l/dygn} \\ 8760 \times 0,08 = & & 700 \text{ m}^3/\text{år} \end{array}$$

Om temperaturen hålls konstant vid exempelvis 50° skulle tillhörande energibesparing bli (kallvatten är 8°C):

$$700 \times (50-8) \times 1,16 = 34300 \text{ kWh/år}$$

Installationen avser 2 av 3 likadana hus med gemensam mätning. Besparingen faller på 64 av 96 lägenheter.

$$\frac{1920}{64} = 30 \text{ l/lgh, dygn}$$

$$\frac{34300}{64} = 536 \text{ kWh/lgh, år}$$

$$\text{eller } \frac{34300 \times 3}{7368 \times 2} = 6,9 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$$

Emellertid har temperaturen efter flödesminskningen uppmätts till genomsnittligt 51,5°. Året innan var den 47,6°. Detta innebär en fullständig kompensation energimässigt. Om beredaren går med konstant effekt och uppehållstiden genom flödesbegränsningen ökar, fås automatiskt den nämnda temperaturökningen.

Den ovan beräknade besparingen utgör alltså endast en maximal potential, som faller ut om beredareffekten justeras och de duschande ej kompenserar sig för detta vid sina duschblandare. Detta har ej testats. Enligt energimätningarna har energi ej sparats.

## Varmvattenförbrukning Örsvängen

	hela Örsvängen 3-7 (m <sup>3</sup> /period)	(m <sup>3</sup> /h)		Temp.
	2173.90	1.01		
	885.80	1.03		
	1084.50	1.03		
	677.40	0.97		
	341.30	0.95		
	307.50	0.99		
	345.79	1.03	Medel	
	346.34	1.03	1.01	48,0°C
	338.82	1.01		
	547.55	1.07		
	338.25	1.01		
	340.75	1.02		
	341.60	1.01		
	332.34	1.01		
830305	331.44	0.99		
	336.34	1.00		
	339.89	1.01		
	340.17	1.01		
ca 1 år	328.60	0.97	Medel	
	345.59	1.03	1.01	47,6°C
	344.55	1.03		
	393.94	1.03		
	688.52	1.06		
Flödesbegränsande duschmunstycke införda i Örsvängen 3 o 5	332.46	0.99		
	343.43	1.02		
	339.15	1.01		
840222	328.75	0.98		
	730.63	1.01		
ca 1 år	316.94	0.94	Medel	
	271.35	0.87	0.93	51,5°C
	298.36	0.83		
850307	314.85	0.94		

## 12. Kostnader och lönsamhet

12.1 För bedömning av energispåråtgärdens lönsamhet finns flera metoder som har sitt värde i olika sammanhang. Exempelvis:

- beräkning av energisparkostnaden som skall uttrycka kostnaden i dagens penningvärde per framtida sparad kWh
- nuvärdemetoden där man kapitaliserar framtida besparingar och ev underhållsåtgärder till dagsläget och jämför med investeringskostnaden
- pay-off-metoden med eller utan hänsynstagande till ränta, där man beräknar antalet år för att på grund av spareffekten "få tillbaka" investerade medel.

För en beslutsfattare har dessa metoder relevans först sedan han gjort klart sina finansierings-, skatte- och subventionsförhållanden samt lagt sig till med en uppfattning om hur dessa kommer att förändras, och hur inflationen och energipriserna kommer att utvecklas. Dessutom har han eventuellt möjlighet att välja mellan olika energislag med olika kostnadsprofil och förväntad utveckling.

Vi har mot den bakgrunden bedömt att den enda entydiga uppgift man kan ge är antalet sparade kWh per år och den investering (och ev kommande drift och underhåll) som denna krävt. På denna uppgift kan var och en grunda de för honom relevanta beräkningarna, varav pay-off-metoden utan ränta är den allra enklaste.

12.2 Momsbeloppet drabbar olika i olika förvaltningsformer. För allmännyttiga bostadsföretag drabbar den som en ren kostnad.

Nedan redovisas investeringsbeloppen både med och utan moms. I sammanfattningen kap 2 används *EXCI*. moms, som är mera renodlat.

12.3 Kostnadsuppföljningen har skett med hjälp av fakturor på projekteringen, material och underentreprenörer samt uppföljning av arbetstimmar. Totalentreprenören har haft ett påslag för arbetsledning och ett för central administration. Dessa ingår i redovisade kostnader, som i avsaknad av vinstpåslag blir något under marknadsmässigt pris. Å andra sidan kompenseras detta av den relativt lilla arbetsvolymen per åtgärd, som gett begränsade rationaliseringsmöjligheter.

## 12.4 Kostnadssammanställning

Åtgärd	Proj kkr	Genomförande kkr		Fördelad kostnad exkl moms inkl proj
		exkl moms	inkl	
Tilläggsisolering av vindsbjälklag	-	119,7	135,1	36:-/m <sup>2</sup> pBRA
Tilläggsisolering yttervägg (tm)	10,0	807,2	911,1	630:-/m <sup>2</sup> fasad 191:-/m <sup>2</sup> pBRA
Komplettering av fönster alt 1 (isolerglas)	-	249,5	281,6	670:-/fönster
Dito alt 2 (Duplo)	-	133,3	150,5	360:-/fönster
Förbättring av täthet (Ateljév)	-	27,3	30,8	6:40/m <sup>2</sup> pBRA
Förbättring själv- drag (Sparven)	2,9	76,5	86,3	19:-/m <sup>2</sup> pBRA
Injustering av ventilationsflöde	16,2	136,2	153,7	27:-/m <sup>2</sup> pBRA
Värmepump	110*	599,6	676,8	-
Injustering värmesystem (Skogsbacken)	50,4	101,5	114,6	22:-/m <sup>2</sup> pBRA** (+)
Sänkning varm- vattentemperatur	5,2	109,4	123,5	24:-/m <sup>2</sup> pBRA
Snålspolande armatur (dusch)	2,8	5,5	6,2	75:-/st
Styrning av varmvattencirk.	2,4	9,4	10,6	2:75/pBRA

\*Normaliserat med hänsyn till dubbelprojektering som inte kommit till nytta - jfr 7.307

\*\*Exklusive tilläggskostnader.

### 13. Informationsinsatser



#### 13.1 till de boende

I projektet har Förvaltaren i första hand svarat för den organiserade informationen till de boende. Denna har skett i skriftlig form, några organiserade informationsmöten till de boende har inte hållits.

I ett tidigt skede sändes en allmän information ut till alla hyresgäster innehållande bl a den framtagna informationsbroschyren. Här beskrevs allmänt uppläggningsen, syfte, tider, organisation mm.

Inför varje åtgärd har sedan Förvaltaren sänt ut separat information med en återkoppling till det inledande brevet, en översikt över projektläget samt en redogörelse för den förestående åtgärden.

Arten av informationen framgår av den fullständiga rapporten daterad oktober 1985.

Vidare har överläggningar förekommit med Hyresgäströrelsens representanter.

Dessutom har de boende på Ateljévågen informerats skriftligen i samband med byte av springventiler.

För denna information svarade Tyréns.

Montage och byte av springventiler har skett i tre omgångar. I första omgången byttes till automatiska springventiler i Ateljévågen 18-22. Detta föregicks av en skriftlig information. I samband med monteringen gavs en grundlig muntlig informa-



tion och en tid därefter sändes en enkät ut till hyresgästerna som även innehöll information.

Andra "omgången" bestod av byte till automatiska ventiler med manuell inställning i 18-22 och denna åtgärd följdes av ytterligare en enkät. Slutligen monterades samma ventiler i Ateljévägen 24-28 och även detta föregicks av skriftlig information.

Trots denna - får man väl säga -massiva insats på Ateljévägen har vi i senare kontakter med hyresgästerna förstått att många inte är medvetna om informationen.

Bilden kan ha förvirrats av att någon av montörerna i den sista omgången själv inte kände funktionen och därmed gav negativ och motsäggande information.

Förutom ovan nämnda informationsinsatser har samtliga i projektet engagerade vid en mängd tillfällen varit i kontakt med personer bland de boende och då förstås försökt att ge så lättfattlig information som möjligt. Framför allt de som skött mätningar och avläsningar för projektet har ägnat ansevärd tid åt information och "sociala kontakter".

Här kan konstateras, att informationen till de boende är en mycket svår uppgift och att det vi genomfört i detta projekt inte varit tillräckligt för att alla ska ha förstått vad som försiggått och varför.

Förklaringarna är naturligtvis många och många synpunkter kan läggas på utformning och omfattning av informationsinsatserna. Bland faktorer som försvårar för informationen att nå fram kan nämnas:

- \* Intresset varierar
- \* Kunskapsnivån kring dessa frågor varierar
- \* Information drunknar bland reklam mm
- \* Hyresgästen känner ingen ekonomisk eller miljömässig morot att engagera sig

I slutskedet (vintern 1984) har vissa samlade klagomål framförts från hyresgästgruppen på Logdansvägen. För att undersöka bakgrunden till dessa har med IMU:s hjälp genomförts en undersökning. Den ger även en uppfattning om hur informationen gått fram.

### 13.2 till fastighetsägare

Ansvariga för Förvaltarens driftfrågor har aktivt deltagit i projektets möten och åtgärdernas genomförande.

### 13.3 till övriga intressenter

För EPD:s informationsprojekt har en informationslokal iordningställt i anslutning till värmepumparna på Logdansvägen.

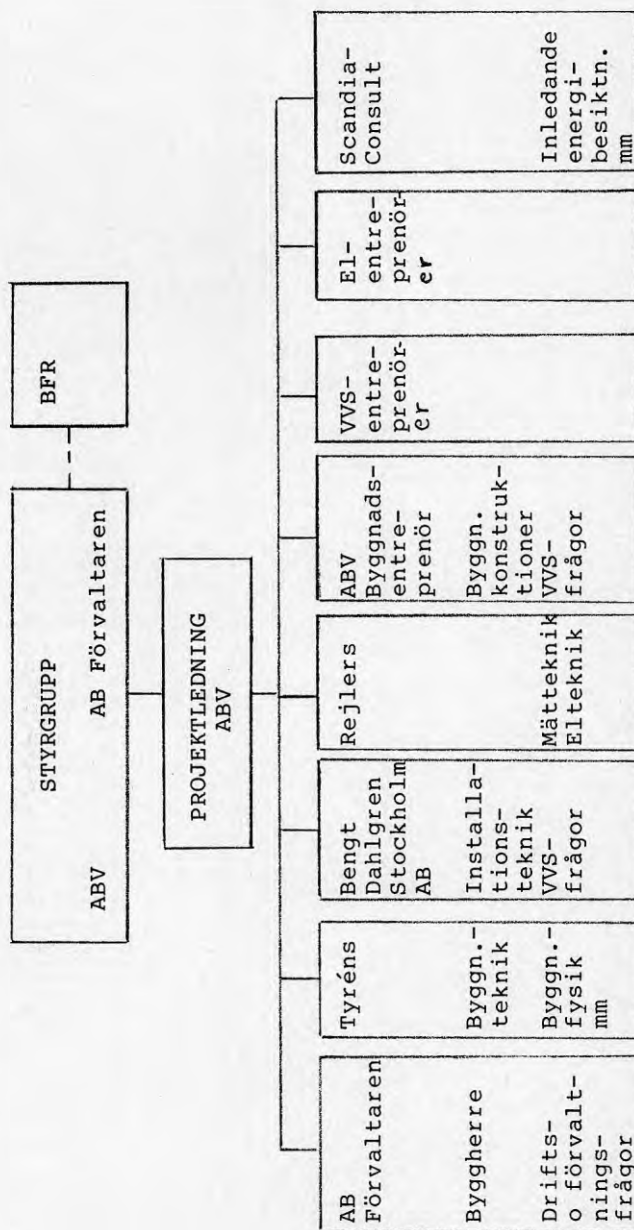
Lokalen är inrättad för ca 30 personer och innehåller förutom stolar och något bord, möjligheter för bildvisning och hyllor för uppläggning av broschyrmaterial mm. Lokalen har utnyttjats för sitt syfte vid några tillfällen under hösten 1983 och de första månaderna 1984. Vid dessa tillfällen har man vänt sig till grupper från Förvaltaren, kommunen samt olika utbildningsinstanser.

Även tidigare har förekommit flera studiebesök av fackmän och studerande, flera utländska än svenska.

## Bilaga 3:1, Projektorganisation

1

## PROJEKTORGANISATION



# "Vi vill inte vara försökskaniner"

Vet ni hur man kan vara säker på att man befinner sig i energispar-kvarteret i Ör?

Jo, hyresgästerna har extra termometrar inomhus. Det stormar i brevn-kasten och dålig lukt tränger upp i lägenheter-na.

I förra veckan berättade vi att Sundbybergs kommunala fast-egenskaps Förvaltaren sökt 4,9 miljoner i energisparån. Försö-ken med värmepumpar ansågs ha utfallit så väl, att Förvaltaren vill försöka med ytterligare 709 lägenheter.

Den arken väldade en storm av förargelse, framför allt från ö-kvarter, där energisparprojektet pågår.

Wärmepumparna, som förser lägenheterna med varmvatten, är bara en del i det projektet. Man har samtidigt sänkt inomhus-temperaturerna och med termome-tar och isolering försökt få samma värmenivå i alla lägenheter.

## Försökskaniner

— Försöksstiden har varit ett enda långt lösnade för oss hyres-gäster. Vi har frustat i våra lägen-heter. Våra hem har invaderats av reparatörer och installatörer. Hur länge ska vi behöva vara försökskaniner? säger hyresgästerna.

I fredags träffade DN ett tretti-åtta poenda utanför Logdangsvägen 3. De hade med sig drovor av papper. Brevväxlingar med hyresvar-

den. Felanmälningar och klagomål. Minnesanteckningar från samtal med hyresgästförening-en. Protokoll från näsövarde-nämnden, som mött till 10 och 17 grader i taket och på väggarna i lägenheterna, samtidigt som projek-tets termometrar visat 20 och 21 grader. Andra mätningar visar på undertryck i lägenheterna.

— Och undertrycket betyder att det stinker hemma hos oss. När luften i lägenheten inte räcker till för värmepumpen, sugs det in i läluftande luft från golv-benarna.

## Sus och brak

Vi går in i en yttorgång på Log-dangsvägen. När hyresgästerna öpp-erar sin ytterdörr, hörs ett brak inifrån lägenheten. Det är dörren, som farigen av draget.

Det susar i brevlådeinkasten. Vid en ytterdörr sitter en ventil in till en lägenhet. När man lägger handflatan emot, sugs den fast mot öppningen, precis som när man tappat vatten ur ett bad-kar.

— Vi får in massor av kalluft från trapphusen i våra lägen-eter genom ytterdörrar och brev-inkast. Eftersom vi redan har kallt, så tar det lång tid för ute-luften att värmas upp och så fryser vi än värre, förklarar hyresgäst-erna.

De visar på sina termometrar. Sölen lysor in genom fönstret. Ändå visar termometrarna 19 och på en del ställen 20 grader.

— Men när vi klagar får vi veta att man inte kan lita på vägg-temometrar. Vi har fått så många



— Vi är trötta på att vara försökskaniner. Vi har kallt och dragigt inomhus och det stinker i våra lägenheter, säger hyresgästerna i energisparkvarteret på Logdangsvägen i Ör.

Foto: ULF BLUMENBERG

förklaringar, säger hyresgäst-erna. En del säger att husen är för väl tätade. Andra säger att det drar för att husen är för dåligt tätade.

— Men nu har vi fått nog! Vi har inte fått något gott av att vi har ställt upp, bara besvär och försämringar.

I veckan sammanstälde hyres-gästerna i Ör en protestlista, som nu skickas runt i husen. Den ska Förvaltaren få.

KAREN SÖDERBERG

## Så här tycker de ansvariga

Jürgen Hammarstedt, sekre-tare i energisparprojektet:

— Projektet har givit energi-besparningar, men kanske inte så stora som förväntat. Vi arbetar just nu med utvärderingen och ska lämna en rapport till byggskånska rådet i slutet av maj.

Har hyresgästerna kommit i kläm under försöksstiden?

— Felanmälan har pårmvis med klagomål, men det har lagts ner ett enormt arbete på att finna grundarna för klagomålen. De har enligt min mening sällan varit berättigade.

Så hyresgästerna har inte haft för kallt i sina lägenheter?

— Vi har haft problem med den stora injeckeringen och en del har haft det kallt. När besiktningen är klar, ska vi se vad vi kan göra.

Kent Ahrling, ekonomichef i Förvaltaren:

— Vi måste mäta effekterna av projektet innan vi kan ta ställning till om och hur stor ersätt-ningen till hyresgästerna kan bli. Kan man se just de hyresgäst-er som har sparat energi kompen-sation på hyran?

— Det får vi i så fall förhandla med hyresgästföreningen om. Men vi har nogval just av när hyres-gästerna kompen-sation för-teras medverkan och sett löftet måste vi naturligtvis hålla.

Vad blir det för kompen-sation?

— Det har jag ingen aning om just nu.

Lars Holm, ombudsman i hyres-gästföreningen:

— Ingen medlem har vänt sig hit och klagat. Hade någon gjort det, skulle vi väl fått diskutera med Förvaltarens ledning.

Har hyresgästföreningen god-känt projektet?

— Ja det har vi, men det har skötts löfligt och jag vet att många hyresgäster hållt det för jävligt.

Tycker du att de ska ha kompen-sation för det?

— Det får dom ju. Värme-kostnaderna har sänkts och det har slagit igenom på hyrorna i Sund-byberget. Upplever någon men i sitt boende, har han rätt att begä-ra hyressänkning. Men det har ingen gjort.

Nicke Daniell, fastighetstest i Förvaltaren:

— När vi ställde upp i det här projektet åtog vi oss också an-svar för det. Menningen är trots allt att komma fram till något som är till nytta för hela nation-en.

— Men jag kan gott tillstå att en del skulle på exempel annor-lunda. Vi borde till exempel ha sänkt temperaturen stegvis till 20 grader och inte så plötsligt.

Många hyresgäster tycker att de bara nåt elände av projektet;

kalla lägenheter, drag och dålig lukt. Vad tänker ni göra för dem?

— Vi tänker rätta till bristerna. Ventilationsen är ett stort pro-blem. Om det här systemet ska fungera, måste vi skära bort tät-ningssisterna i fönstrens överkant eller sätta in en ventil. Där ska frisk luft strömma in och värmas av elementen, som sitter under fönstret. Detta har vi velat göra hos en del hyresgäster, men de har tackat nej.

Det besör väl på att de tycker att de redan har kallt i sina lägenheter?

— Vi har insett det. Vi kommer att få höja temperaturen i ele-menten, så att den räcker för att värma friskluften.

Tycker du att hyresgäster ska behöva vara försökskaniner så här länge?

— Det är helt nödvändigt att vi sparar energi, det kräver stats-makterna av oss. Men naturligtvis är det lättare att göra det i bostadsråtsföreningar, där man genast märker resultatet på hy-ran.

Tycker du att hyresgästerna bara gnäller?

— Nej det tycker jag inte. Dom ska nu 20 grader i lägenheterna och det ska inte bli lika illa. Men jag tycker också att man måste inse att en del ändå är negativa till förändringen.

## Sparplan i Solna

### Kan bli flyttkarusell för skolelever

På måndag presenterar K-G Svensson (s), skolstyrelsens ordförande i Solna, de förslag som nu finns för skolorna i Huvudsta.

Bakgrunden är att Solna måste spara minst 17 miljoner under nästa läsårs. Du ner som kan sparas på lokalkostnader, desto mindre drabbas undervisningen.

Skolkontoret har nu tagit fram sex alternativ, som presenteras för lärare, skolpersonal och föräldrar i Talbacka-skolans aula, måndagen den 9 april kl 19.

Så här ser de ut:

1. Ångkärrskolans. Lägstadium flyttas ihop med mellan-stadiet. De tomma lokalerna hyrs ut. Utan hänsyn tagen till den hyra man kan ta in, är besparingen på 185 000 kronor.

2. Papirkaskolans läggs ner. Klasserna flyttas till Stenbacka som blir en ren lågstadieskola. Stenbackas mellanstadium flyttas till Talbacka och Ångkärrskolan. Besparing ca 370 000 kronor.

3. Papirkaskolans läggs ner och Ångkärrskolans lägstadium flyttas ihop med mellanstadiet.

Konsekvenser som i alternativen 1 och 2. Besparing ca 830 000 kronor.

4. Stenbackaskolans läggs ner. Lägstadiet flyttas till Ångkärrskolan. Från mellanstadiet flyttas fyra klasser till Talbacka och tre till Huvudsta nya skola. Besparingen 1,4 miljoner.

5. Ångkärrskolan läggs ner. Lägstadiet flyttas till Stenbacka nya, Talbacka eller Stenbacka. Besparing ca 1 miljon.

6. Ångkärrskolans mellanstadium läggs ner och flyttas till Talbacka. Besparing ca 800 000 kronor.

— Av de skollokalerna som i dag finns i Huvudsta är Ångkärrskolans näst anpassade till den nuvarande läroplanen. Där finns t ex inga grupper. Bäst lokaler har Stenbackaskolans, säger Hugo Seren, skoldirektör i Solna och den som arbetat fram förslagen, som politikerna i skolstyrelsen nu har fått.

Målsättningen är att hålla ihop klasser och lärare. Ingen klass ska behöva flyttas.

I slutet av april fattar skolstyrelsen sitt beslut. Förändringarna ska i stort vara genomförda när terminen börjar i augusti.

KAREN SÖDERBERG

## Bilaga 7:2.1

Systembeskrivning avseende värme till tappvarmvatten ur frånluft med hjälp av värmepump

Med begreppet frånluft avses här byggnadens avluft. I bostadshus utan återluftsföring blir dessa begrepp överensstämmande. Installationen har genomförts i byggnaderna Logdansvägen 2-26. Se bifogad situationsplan. Den aktuella installationens olika komponenter och systemets utformning framgår av bifogad flödesschema.

Beskrivning av systemet

Systemet består huvudsakligen av

- 2 st frånluftsvärmepumpar av Fläkts typ PVBA-01-110 kopplade i serie
- 3 st värmeåtervinningsenheter av Fläkts typ ESSA med filter och kylbatterier samt takfläktar av typ STDE
- 6 st ackumuleringstankar à 1000 l. Fabrikat NIBE.

Ett rörsystem med cirkulationspumpar, expansionskärl, påfyllningsanordningar mm

Reglerutrustning

Värmeåtervinningsenheterna är placerade på yttertak hus L, över utblåsningshuvar för frånluftaggregaten EL-3, EL-4 och EL-5. Värmepumpar och ackumuleringstankar är placerade i apparatrum inom hus K. Rörledningar mellan hus K och L är förlagda i kulvert.

Systemets funktion

Värme ur frånluften tillvaratages i värmeåtervinningsenheternas kylbatterier. I dessa värms värmebäraren, glykolblandat vatten. Värmebäraren leds via rörsystemet till värmepumparnas förångare. Tappvarmvattnet värms i värmepumparnas kondensorer och lagras i ackumuleringstankarna. Start och stopp av aggregaten sker vid förinställda vattentemperaturer genom termostater.

Tillsatsvärme vid belastningstoppar tas via den befintliga värmeväxlaren ur fjärrvärmenätet.

## Bilaga 7:2.2

Tekniska data

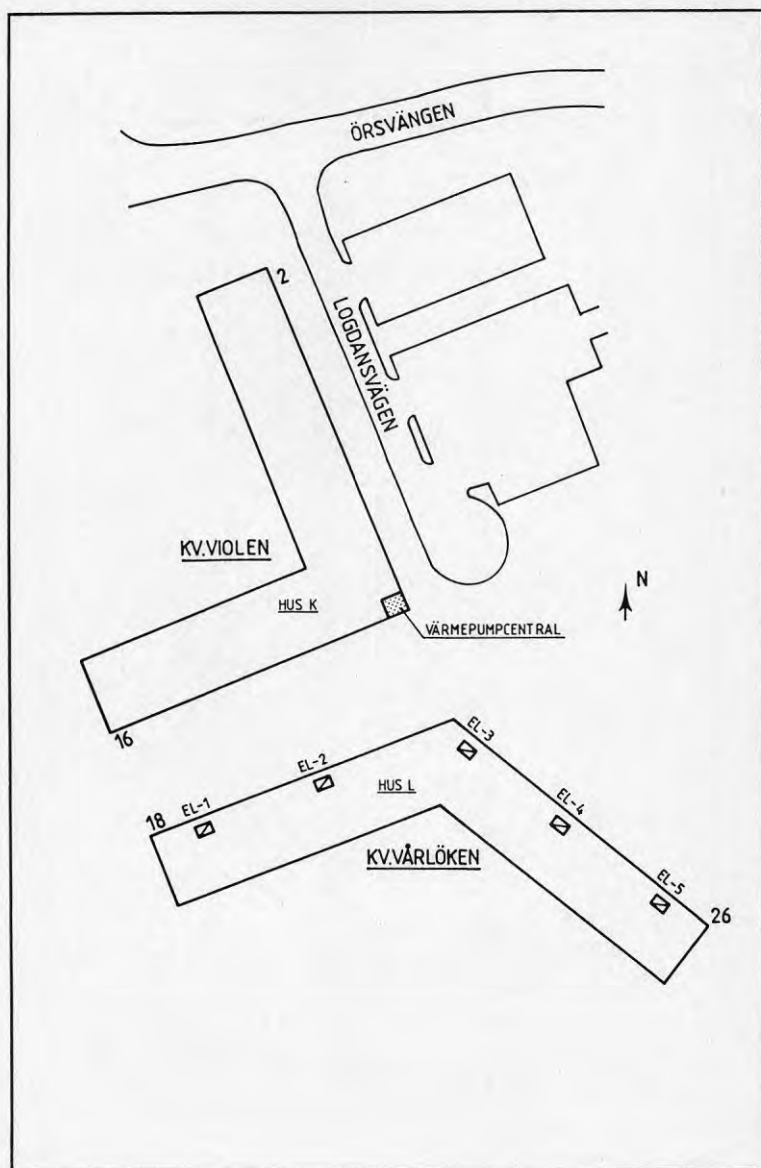
Med värmepumparna tillvaratages energi ur frånluft från 45 lägenheter och utnyttjas för uppvärmning av tappvarmvatten till 124 lägenheter.

Frånluftflöde	2,6-3,1	m <sup>3</sup> /s	
Energi för tappvarmvatten	450	MWh/år	(inkl fjärrvärme)
Värmepumparnas värmeeffekt	max 64	kW	
Värmepumparnas kyleffekt	max 44	kW	
Kompressoreffekt	20	kW	
Värmebärare	vatten med 25%	glykol	
Köldmedium	R22		

Total ventilation

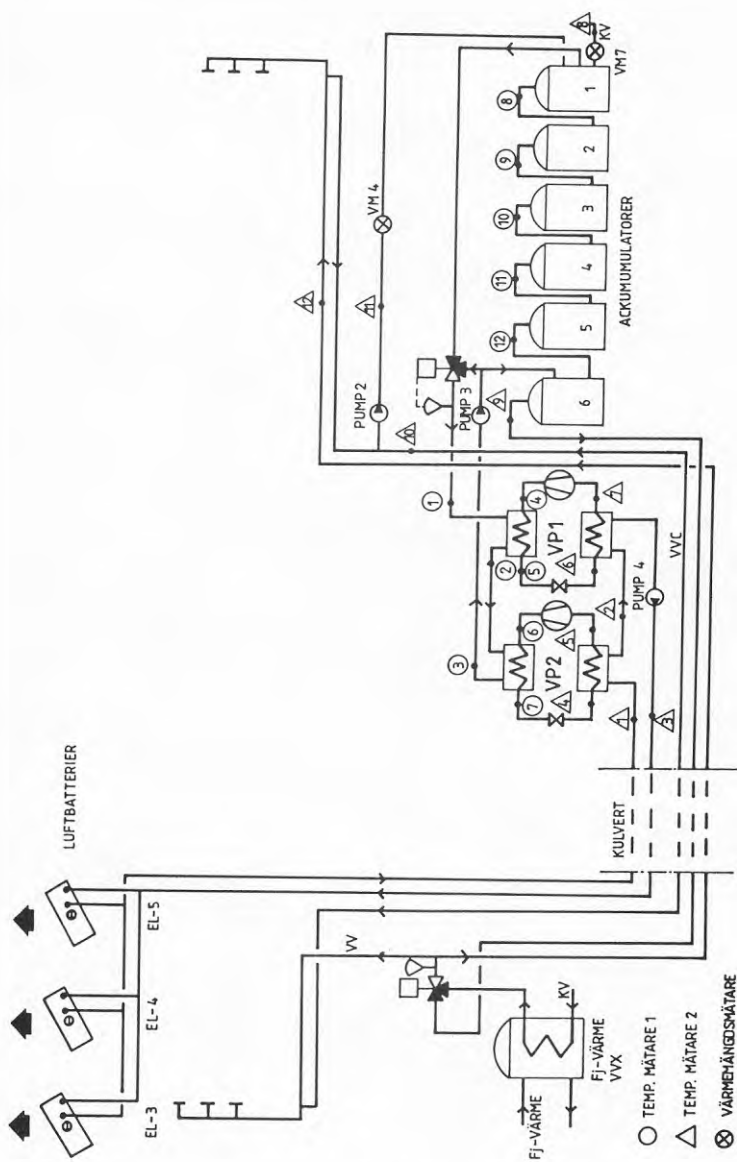
Period	Logdansvägen 2-16 (m <sup>3</sup> /h)	
830329-830426	Q4 = 4600	Q6 = 700
830301-830329		
830201-830301	Q8 = 3600	Q10 = 500
830104-830201		
821213-830104	Q12 = 7700	Q16 = 100
821115-821213		
821018-821115		
Vid mättillfället maj/juni -82	Q4 = 4571	Q6 = 661
	Q8 = 3576	Q10 = 467
	Q12 = 7623	
	Logdansvägen 18-26	
830201-830301	Q18 = 3000	Q24 = 3000
830104-830201		
821213-830104	Q20 = 300	Q26 = 2800
821115-821213		
821018-821115	Q22 = 3700	
Vid mättillfället april -82	Q18 = 2950	Q24 = 2980
	Q20 = 2970	Q26 = 2790
	Q22 = 3680	
Vid mätningarna augusti -83 på Logdansvägen 22, 24 och 26 var monterade uppmättes följande flöden:		
	Q20 = 3470	Q24 = 3470
	Q22 = 4120	Q26 = 3580
	Q24 = 3560	(nov -83)

## Bilaga 7:2.3



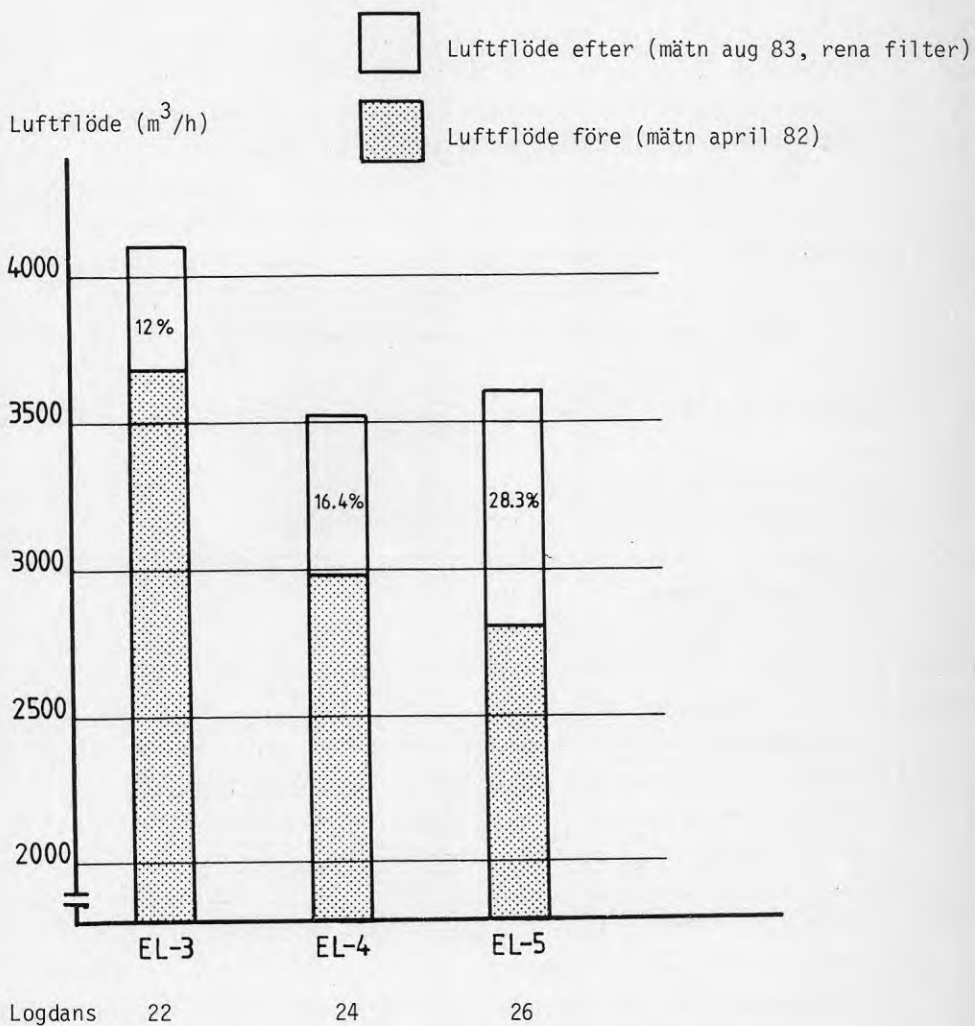
SITUATIONSPLAN över Logdansvägen 2-26 med värmepumpinstallation.

## Bilaga 7:2.4



FLÖDESHEMA för värmepumpinstallation för värmning av tappvarmvatten med energi ur avluft.





AVLUFTFLÖDEN före och efter värmepumpinstallation på Logdansv 22-26. Luftomsättningen ökar från ca 1.0 oms/h till ca 1.18 oms/h efter installation.

Injustering av uppvärmningssystem m h a den s k "Mandorffmetoden"

Den ovan angivna injusteringsmetoden har använts vid injustering av värmesystem i 2 st fastigheter på Skogsbacken 16-18 samt 2 st fastigheter på Logdansvägen 2-26, samtliga belägna i Sundbyberg. (Inregleringen är ännu ej godkänd, april-84.) Som referenshus har fastigheten Skogsbacken 10 valts, en fastighet med samma form och av samma storlek som Skogsbacken 16 och 18. Läget skiljer sig heller inte nämnvärt. Som referenshus till Logdansvägen 2-26 valdes Logdansvägen 28-34, en fastighet i samma område. Storleken och formen på referenshuset skiljer sig visserligen från de fastigheter som skall injusteras men i övrigt kan fastigheterna anses likvärdiga.

Injusteringsmetod

Första skall här klarläggas att då man allmänt talar om den injusteringsmetod som här knutits till namnet "Mandorffmetoden", menar man den konventionellt använda injusteringsmetod som fås igenom att tryckfallsberäkna hela värmesystemet.

Injustering av uppvärmningssystem med "Mandorffmetoden" går till på följande sätt:

- Fastigheten transmissionsberäknas vid LUT (dimensionerande lägsta utetemperatur), m h a de k-värden som gäller för fastigheten.
- Radiatoreffekten dimensioneras utifrån transmissionseffektbehovet med hänsyn tagen till luftomsättningen i rummet.
- Tryckfallsberäkning utförs på den sämst belägna radiatorn dvs samtliga tryckfall i rörledningen från pumpen till sämst belägna radiator samt tillbaka till pumpen summeras.
- Värmesystemets pump dimensioneras utifrån det totala effektbehovet för fastigheten samt för tryckfallet för den sämst belägna radiatorn i systemet.
- Tryckfallet över själva radiatorn väljs lågt i jämförelse med hela systemets tryckfall. Över den sämst belägna radiatorn brukar tryckfallet vanligtvis väljas till ca 400 mmvp.

## Bilaga 7:4.2

- Temperaturfallet genom radiatorn är vanligtvis  $20^{\circ}\text{C}$  dvs  $\Delta T=50^{\circ}\text{C}$  om en rumstemperatur på  $+20^{\circ}\text{C}$  eftersträvas vid en framledningstemperatur på  $+80^{\circ}\text{C}$ , (80/60-systemet).
- Tryckfallsberäkning utförs sedan på samtliga stammar så att man vid varje radiator vet det tillgängliga trycket.
- Radiatorer kopplade till samma stam inregleras sinsemellan så att tryckfallet från stamregleringsventilen genom varje radiator blir lika.
- Stamregleringsventilerna inregleras så att tryckfallet från pumpen upp genom i varje stam sämst belägna radiator får samma tryckfall som den sämst belägna radiatorn i systemet.

Vid utbredda värmesystem kan differensen på det tillgängliga trycket mellan en radiator belägen nära pumpen samt en avlägsen belägen radiator vara stor. Denna differens kan visa sig vara helt omöjlig att strypa med endast radiatorventilen. I dessa lägen är en stamreglerventil ett måste, samtidigt som man med den får tillgång till en kontrollpunkt för temperatur och flöde.

#### Injustering av Skogsbacken 16 och 18 samt Logdansvägen 2-26

Radiatorventilernas injusteringsvärden grundar sig på transmissionsberäkningar utifrån de k-värden som gäller för husen samt ett ventilationsflöde av 0.5 oms/h, lgh. Transmissionsförlusterna beräknades vid LUT, (dimensionerande lägsta utetemperatur, för Stockholmsområdet  $-18^{\circ}\text{C}$ ) med antagandet att vid denna temperatur kunna hålla  $+20^{\circ}\text{C}$  i lägenheterna. I övrigt har normerna i SBN -80 följts. De injusteringsvärden som på detta sätt blev framtagna får ses som riktvärden med vilka en korrekt fördelning av värme till radiatorerna skall erhållas.

Injusteringsarbetet skall i stort sett gå till på följande sätt:

- Samtliga befintliga radiatorventiler skall bytas till nya hand- resp termostatstyrda ventiler. De nya ventilerna skall vara i utförande med förinställningsmöjlighet. Förslagsvis TA:s typ RVT-58-F med fast termostatdel RVT 50.
- Samtliga returkopplingsventiler skall öppnas helt eller lämnas helt öppna.

## Bilaga 7:4.3

- Skogsbacken: Samtliga stamavstängningsventiler bytes till nya avstängningsventiler på tilloppet och stängbara reglerventiler på returen.
- Logdansvägen: Övriga ventiler (inkl luftningsventiler) som visar en bristande funktion bytes ut i erforderlig omfattning i samråd med beställaren. Avstängningsventiler bytes där så erfordras ut till nya av förslagsvis typ AJ.
- Demonterat material överlämnas till beställaren.
- Radiatorventiler och stamreglerventiler injusteras till de förinställningsvärden som entreprenören har angivna på ritningar över resp fastighet.
- Efter gjorda förinställningar och innan termostatdelen monteras in kontrolleras injusteringen genom mätningar av flöde och temperaturfall i samtliga stammar. Uppmätt flöde skall då överensstämma med de på ritningarna angivna och beräknade flödet. Om obalans föreligger görs omjusteringar utgående från förinställningsvärdena.
- Därefter görs stickprov på temperaturdifferensen över ett antal radiatorer (ca 10% jämn spridning) och om så erfordras ändras radiatorventilens förinställningsvärde.
- Alla under injusteringsarbetet erforderliga mätningar och justeringar skall dokumenteras och resultatet överlämnas till beställaren.
- Termostatdelen monteras in.
- Det befintliga systemet skall avtappas, renspolas, påfyllas samt avluftas.
- Injusteringsarbetet skall utföras med hyresgäster i fastigheten.
- Maximalt 4 st stammar får tappas av samtidigt, dock högst en stam per lägenhet.
- Under icke arbetstid skall det alltid finnas tillgång till värme i hela fastigheten.

Då inregleringen ännu inte (april -84) är helt genomförda finns för närvarande inga uppgifter på demonterat/monterat material samt injusteringsprotokoll att tillgå. Den specifikation på sakvaror som VVS-konsulten (Bengt Dahlgren Stockholm AB) hade föreslagit för Skogsbacken 16 och 18, ser dock ut på följande sätt:

## Bilaga 7:4.4

SakvarorRadiatorventiler

TA:s typ RVT 58-F med förinställning samt böj och erforderliga anslutningsdetaljer till bef system.

Dim

10      416 st

15      4 st

Termostatdel

TA:s typ RVT 50 max 21<sup>0</sup>C. För syd- och västfasader      156 st.

Handtratt

För RVT-58-F För nord- och ostfasader, samt inre lokaler      264 st.

Injusteringsdon för RVT-ventil

Överlämnas till beställaren.

För ventil dim 10      10 st

För ventil dim 15      10 st

Radiatorventiler

TA:s typ RVO med lös nyckel med låsbart förinställningsläge samt böj och erforderliga anslutningsdetaljer till bef system. För gemensamma utrymmen.

Dim

10      23 st

15      2 st

Reglernyckel för RVO-ventil

Överlämnas till beställaren      10 st

## Bilaga 7:4.5

Avstängningsventiler

RSK 440 48 med avtappningsdon och erforderliga anslutningsdetaljer till befintligt system.

Dim	
10	2 st
15	6 st
20	10 st
25	8 st
32	2 st

Gruppventiler

RSK 489 16 (TA:s STA-D) med erforderliga anslutningsdetaljer till befintligt system.

Dim	
10	2 st
15	6 st
20	10 st
25	8 st
32	2 st

Utöver dessa sakvaror byttes även den befintliga pumpen ut till en av Flygts fabrikat AL/AT 1082 med hjul 241. Under injusteringens gång blev det nödvändigt att på Logdansvägen placera en reglerventil av TA:s fabrikat typ STA-F på tryckröret ut från pumpen, för att på så sätt kunna inreglera systemet samt få tillgång till kontroll och justeringsmöjligheter.

Förseningen av injusteringsåtgärden beror på en mängd faktorer bl a följande:

- Svårt att få tillgång till vissa lägenheter.
- Försenade materialleveranser.
- Under injusteringens gång har ytterligare åtgärder måst vidtas som den nämnda installationen av reglerventilen på Logdansvägen.
- Leverantören av termostatventiler har missat genom att leverera en äldre instruktion tillsammans med nyare ventiler. Dessa ventiler blev sedan samtliga injusterade på ett felaktigt sätt p g a att montören utgick från inställningsvärden gällande för en äldre typ av radiatorventil.

Injustering av uppvärmningssystemet m h a en modifierad version av "Sandbergs-metoden"

Injusteringen omfattar fastigheterna Ateljévägen 18-28, Örsvängen 3 samt Örsvängen 5, samtliga belägna i Sundbyberg. Som referenshus har valts Ateljévägen 2-16 resp. Örsvängen 7. Örsvängen 7 är till storlek och form lika de hus där justering sker. Ateljévägen 2-16 är något mindre de hus där injustering sker men har samma antal våningar, 3 st lägenhetsplan plus ett källarplan. De båda referenshusens läge skiljer sig inte nämnvärt från läget för de hus där injustering sker. Fastigheterna Örsvängen 3, 5 och 7 betjänas av en gemensamt undercentral belägen i Örsvängen 5. Eftersom Örsvängen 7 inte skall justeras innebär det att värmesystemet dit inte får tappas av. Innan något injusteringsarbete påbörjas mäts därför det totala flödet till samt tryckfallet över värmarna i Örsvängen 7. Mätningarna utförs på de utgående fram- och returledningarna från Örsvängen 5. Dessa mätningar skall dokumenteras och resultatet överlämnas till beställaren. Efter injustering av Örsvängen 3 och 5 skall tryck och flöde överensstämma med de före injusteringen uppmätta värdena. (Injustering ej ännu godkänd april-84).

Injusteringmetod

Injusteringsmetoden som skall användas är en modifierad version av den s k "Sandbergs-metoden" vilket innebär följande:

- Stamventiler justeras ej. (Där sådana finns, öppnas de helt.)
- Injustering och strypning av flödet vid varje radiator till ett värde som bestäms av radiatorns storlek och värmande uppgift. (Vid den modifierade metod som det här är frågan om blir injusteringen i stort sett uteslutande bestämd av transmissionsbehovet. Vid injusteringen har relativt noggrant beräknade strypvärden för radiatorventilerna framräknats med hänsyn tagen till radiator, radiatorventiltyp, transmissionsbehov, läge samt luftomsättningens storlek.)
- Radiatorerna får mycket små flöden, mycket stora temperaturfall samt tryckfall. ( Över radiatoren:  $\Delta T$  upp till  $50^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta p = 1-2$  mvp.)
- Injusteringen tar inte hänsyn till radiatorns placering i förhållande till pumpen. Huvuddelen av tryckfallet ligger över radiatoren vilket beror på att det låga flödet endast ger små tryckfall i ledningsnäten.

## Bilaga 7:5.2

Man har alltså samma tillgängliga tryck vid första som sista stammen.

Injustering av Ateljévägen 18-28 samt Örsvängen 3 och 5

Radiatorventilernas injusteringsvärden grundar sig på transmissionsberäkningar utifrån de k-värden som gäller för husen samt ett ventilationsflöde av 0,5 oms/h, lgh och 0,2 oms/h i övriga lokaler. Transmissionsförlusterna beräknades vid LUT, (dimensionerande lägsta utetemperatur) med antagandet att vid denna temperatur kunna hålla +20°C i lägenheterna samt +10°C i källaren. I övrigt har normerna i SBN-80 följts. De injusteringsvärden som på detta sätt blev framtagna får ses som riktvärden med vilka en korrekt fördelning av värme till radiatorerna skall kunna erhållas.

Injusteringsarbetet skall i stort sett gå till på följande sätt:

- Samtliga ventiler och erforderliga anslutningsdetaljer till befintligt system (inkl luftningsventiler) som visar bristande funktion skall bytas ut till motsvarande, förslagsvis av typ TA.
- Avstängningsventiler där så erfordrades bytas ut till motsvarande kulkiksventiler, förslagsvis av typ AJ.
- Demonterat material skall lämnas till beställaren.
- Samtliga retur- och stamsstrypventiler skall öppnas helt.
- Radiatorventilerna skall injusteras till de beräknade förinställningsvärdena. Dessa värden finns angivna på respektive ritning som entreprenören har tillgängligt vid injusteringen.
- Efter gjorda förinställningar skall injusteringen kontrolleras genom mätning av flöde i samtliga stammar. Uppmätta flöden skall då överensstämma med de flöden som finns angivna på ritningarna.
- Därefter görs efter behov efterjusteringar.
- Alla under injusteringsarbetet erforderliga mätningar skall dokumenteras och resultaten överlämnas till beställaren.



## Bilaga 7:5.3

- Det befintliga systemet skall avtappas, renspolas, påfyllas samt avluftas.
- Injusteringsarbetet skall utföras med hyresgäster i fastigheten.
- Maximalt skall 4 st stammar tappas av samtidigt .
- Under icke arbetstid skall det alltid finnas tillgång till värme i hela fastigheten.

På Örsvängen blir det nödvändigt att installera vissa gruppregleringsventiler, i första hand för att kunna isolera Örsvängen 7 från injusteringen i Örsvängen 3 och 5 men också med hänsyn till att få tillgång till kontroll och efterjusteringsmöjligheter.

På Ateljévägen skall den befintliga pumpen bytas då det har visat sig att den befintliga pumpkurvan inte sammanfaller med den nya arbetspunkten. Pumpen är dessutom av mycket gammal årgång utan fungerande tryckmätare och erforderliga avstängningsventiler samt har med svårighet gått att inreglera till den nya arbetspunkten.

Då inregleringarna inte ännu (april-84) är helt genomförda finns för närvarande inga uppgifter på demonterat/monterat material samt injusteringsprotokoll. Förseningen beror på en mängd faktorer bl a följande:

- Svårt att få tillgång till vissa lägenheter.
- Försenade materialleveranser.
- Under injusteringens gång har ytterligare åtgärder måst vidtas som de nämnda installationerna av vissa gruppregleringsventiler på Örsvängen samt pumpbytet på Ateljévägen.
- Bristande intresse eller i alla fall kunskap hos de montörer som har installerat samtliga radiatorventiler på Ateljévägen på ett felaktigt sätt.

<b>VÄLLINGBY MÄTARSERVICE</b> Björnsonsgatan 127 Bromma Telefon 08/87 56 35	<b>Provningsprotokoll</b> för <b>Vätskemätare</b>	Eder order  Besök
---	---	-------------------------

Beställare Björnbergs Rör AB

	Storlek	Fabrikat	Fabr. nr.	Ställning m <sup>3</sup>	Provningsförhållanden			m <sup>3</sup> /h / lit./h
					12	6	0,800	
1	80mm	Pollux PDH	80777887	434614	-1	-1,5	-4,4	%
2	"	" "	81778038	742549	+0,6	+0	-10,1	%
3	"	" "	80777888	744096	+0,3	+1,3	-2,7	%
4	"	" "	81778037	661103	-1,4	-0,8	-9,2	%
5								
6								
7								
8								
9								
10								

- 1) Logdansvägen 22
- 2) Örsvängen 5
- 3) Skogsbacken 14
- 4) Ateljévägen 16

Kontrollprovning av mätarna.

Bromma den 1985-07-29

Pallin

#### LUFTVÄXLING VID FRÅNLUFTSVENTILATION

Metod och utrustning för bestämning av fläktanläggningens prestanda och flöden i kanaler.

Rapporten avser Nordtest-projekt 504-84

av P.O. Nylund, TYRENS

## Bilaga 9:2.2

## INLEDNING

En stor del av flervåningsbostadshusen har mekanisk frånluftsventilation. Kontrollen av systemens funktion är ofta bristfällig och injusteringsverksamheten är satt på undantag. En av orsakerna är att det saknas smidiga metoder att bestämma systemprestanda och luftväxling.

I denna rapport beskrivs en enkel metod och enkel utrustning för att bestämma systemprestanda i form av anläggningens kapacitetskurva eller "fläktanläggningskurvan" som den kallas i fortsättningen. Som bakgrund till metodbeskrivning och för definition av använda benämningar följer närmast en översiktlig redogörelse för funktions sätt.

Systemfunktion - definition av fläktanläggningskurva

FIGUR 1a visar schematiskt en byggnad med frånluftsventilation. Ventilationskanalerna utmynnar i en undertryckskammare som evakueras av fläkten. Systemet i figuren har två parallella kanalstammar som förgrenar sig nedåt i huset. Tilluften sugas in genom otätheter i ytterhöljet, vidare genom evakueringsdon in i kanalsystem, upp till fläktkammaren och sen ut.

I FIGUR 1b visas skillnaden mellan fläktkurva och fläktanläggningskurva. Den övre streckade fläktkurvan anger total tryckförhöjning för en fläkt. Den heldragna fläktanläggningskurvan anger den nettokapacitet som finns till förfogande för att suga luft in genom ytterhöljet, genom don och kanaler och upp till fläktrummet. Sektorn mellan kurvorna är tryckförluster vid evakueringen av fläktrummet. Utöver motstånd i fläkten tillkommer nämligen tryckfall i t ex gällerskydd vid fläktintag, evakueringskanal och takhuv med gällerskydd vid utblåsning. Storleken av dessa förluster och fläktkurvans form saknar intresse när vi kan gå direkt på målet och genom mätningar bestämma fläktanläggningskurvan. Figuren illustrerar också hur termisk drivkraft adderas till drivkraft av fläktanläggning.

## MÄTPRINCIP

Vid mätningen kopplas huset bort från fläktanläggningen genom att kanalinnenloppen blockeras. Luft till fläktkammaren tas i stället via en flödesmätningstrustning in genom en provisorisk lucka som vid mätningen ersätter fläktrumsluckan. Genom att variera motståndet på tillförselsidan varieras flödet och undertrycket i fläktkammaren. Samhörande värden för undertryck och luftflöde ger fläktanläggningskurvan.

## Bilaga 9:2.3

## UTRUSTNING OCH ARRANGEMANG FÖR MÄTNING

Flödesmätare

Ett särdeles smidigt och samtidigt noggrant sätt att i detta fall mäta luftflöde är att använda bländare som placeras i den provisoriska luckan till fläktkammaren. Bilden i FIGUR 2 visar en sådan bländaröppning i en skiva. Materialet är hårdplast med tjockleken 2 mm. Mätmetoden har god noggrannhet när bländaren skiljer två utrymmen där skillnaden i statiskt tryck kan säkerställas. Det dynamiska trycket i fläktkammaren vid sidan av den inströmmande luftstrålen är som regel mycket lågt och på utsidan är det noll. Ett villkor är att luftstrålen inte skall träffa på något hinder inom ett avstånd av ca 3 ggr diametern.

Hålet skall vara skarpkantat och särskilt inströmningen skall vara ostörd av föremål på ytan intill öppningen.

För cirkulära öppningar fås flödet ur uttrycket:

$$Q = 2180 \cdot d^2 \cdot \sqrt{P_m} \cdot \sqrt{\frac{273 + \vartheta_m}{293}} \quad \text{där} \quad (1)$$

$Q$  = flöde ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),  $d$  = håldiameter (m),  $P_m$  = uppmätt tryckskillnad (Pa) och  $\vartheta_m$  = lufttemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Uttrycket (1) kan skrivas som

$$Q = B \cdot K_{\vartheta} \cdot \sqrt{P_m} \quad \text{där} \quad (1b)$$

$B = 2180 \cdot d^2$  anger "bländarkonstant" vid fast bländaröppning

$K_{\vartheta} = \sqrt{\frac{273 + \vartheta_m}{293}}$  anger korrektionskoefficient för temperatur

Mätutrustningen utgörs av ett antal skivor vardera med ett hål med successivt ökad diameter. Varje bländarskiva har sin bländarkonstant  $B$ . Skivorna kan lämpligen tejpas samman till ett "bladderblock" BILD 2.

Övrig utrustning

Utöver hålskivorna behövs:

- o Manometer med gummislang och gärna någon meter kopparrör.
- o Fotbollsblåsor e d för att täta kanalmyningar.
- o Lösvirke, plastfolie, tejp och verktyg

## Bilaga 9:2.4

Iordningsställande för mätning

FIGUR 3 föreställer en fläktkammare där luckan häktats av och ersatts med en provisorisk (tillverkad av lösvirke, plast och tejp). En del av luckan består av en slät skiva med ett väl tilltaget hål. Figuren visar manometer- och manometerslang för mätning av undertryck i fläktkammare. Manometerslangen skall mynna i "ett lugnt hörn" av fläktkammaren. Det brukar inte vara några problem att hitta sådana. Vid uppsökandet av lämpligt ställe ansluts kopparröret till manometerslangen och sticks in genom plastfolien i luckan och används som sond.

Före mätning tillses att takluckor är öppna så att ytterluften har fritt tillträde (utan tryckförlust) till vinden och därmed till inloppet i fläktkammaren.

## BESTÄMNING AV FLÄKTANLÄGGNINGSKURVA

Mätning av tryck

Efter noggrann nollställning av manometern påbörjas mätningarna. Öppningen till fläktkammaren förses med bländare med varierande diameter.

Det är lämpligt att börja med stor bländaröppning och sedan successivt minska öppningen genom att lägga på skiva efter skiva. Om skivorna arrangeras som i BILD 2 tejpas den största skivan med största öppningen fast vid öppningen till fläktkammaren. De övriga fälls upp vid den första mätningen. Därefter fälls den ena efter den andra ned. För var och en görs avläsning av undertrycket.

Tabellen i FIGUR 4a är exempel på resultat från mätning av en anläggning. Vid mättillfället var vindstemperaturen  $\vartheta_m = -3^{\circ}\text{C}$  och avluftstemperaturen  $\vartheta_i = 22^{\circ}\text{C}$ . Den första kolumnen anger bländardiameter  $d$  i mm. Den andra anger bländarkonstant  $B$ . I den tredje återges mätvärden för undertryck  $P_m$  i fläktkammaren = tryckskillnad över bländaröppning.

Flöden

Flöden bestäms enligt (1b) och redovisas i kolumn 4 i exemplet.

Fläktanläggningskurvan

De uppmätta trycken avser luft med annan och normalt lägre temperatur än inomhustemperaturen. (I exemplet skedde mätningarna vid  $-3^{\circ}\text{C}$  mot fläktens normala arbetstemperatur drygt  $\vartheta_i = 22^{\circ}\text{C}$ .)

## Bilaga 9:2.5

Omräkning till normal driftstemperatur sker enligt uttrycket:

$$P = P_m \cdot K_p, \text{ där} \quad (2)$$

$$K_p = \frac{273 + v_m}{273 + v_i}$$

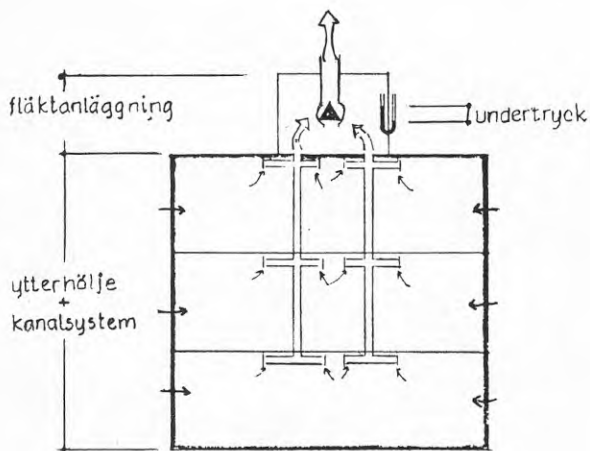
Korrigerade värden anges i kolumn 5. Kolumnerna 4 och 5 utgör de värdepar som representerar anläggningsprestanda och fläktanläggningskurva.

## ÖVRIGA MÄTNINGAR OCH RESULTAT

När mätningen för bestämningen av fläktanläggningskurvan är klar återställs anläggningen genom att den ordinarie luckan sätts på plats. För att bestämma luftväxlingen i driftsfallet och för att ta hänsyn till termiska drivkrafter gör ytterligare några mätningar av tryck i flätkammaren.

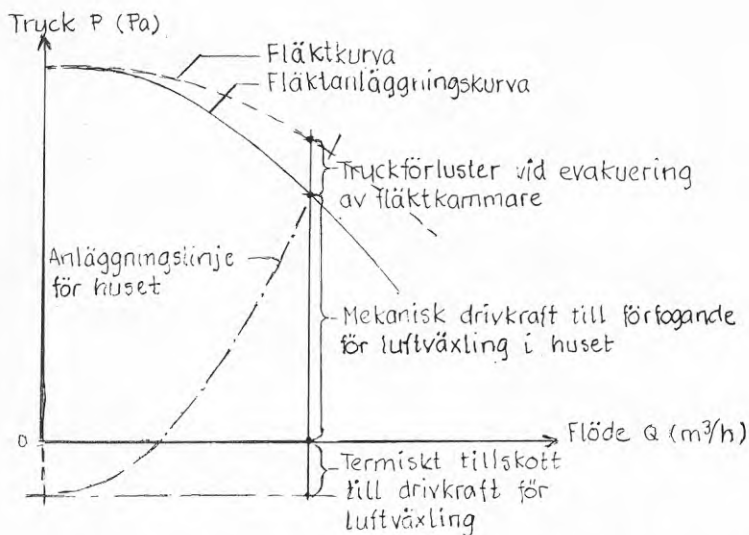
1. Undertrycket i driftsfallet dvs med alla kanalmyrningar öppna mäts. Skärningspunkten mellan detta undertryck och fläktanläggningskurvan anger det totala luftflödet genom huset. Den markerar arbetspunkten för sammanlagd drivkraft av fläktanläggning och termik verkande på anläggningslinjen för huset.
2. Undertrycket mäts då alla kanalmyrningar utom en är öppna. På det sättet kan flödet i denna (och andra enstaka) kanaler bestämmas.
3. Övertryck vid stängd och tätad fläkt och öppna kanaler ned till huset ger termikens bidrag vid den aktuella utetemperaturen och origo för anläggningslinjer.

Uppgifter från tryckmätning i dessa tre fall redovisas bland mätdata i FIGUR 4a och hanteringen av värden framgår av FIGUR 4b. Till grund för uppritning av anläggningslinjer ligger arbetspunktens koordinater i förhållande till origo och en kurvform som med tillräcklig noggrannhet kan antas vara en andragsgradsparabel.



a) Frånluftsventilerad byggnad

Det kopplade systemet ytterhölje + kanalsystem har markerats med ram och benämns hus. Fläktanläggningen utgör påverkande (mekaniskt) kraftsystem.



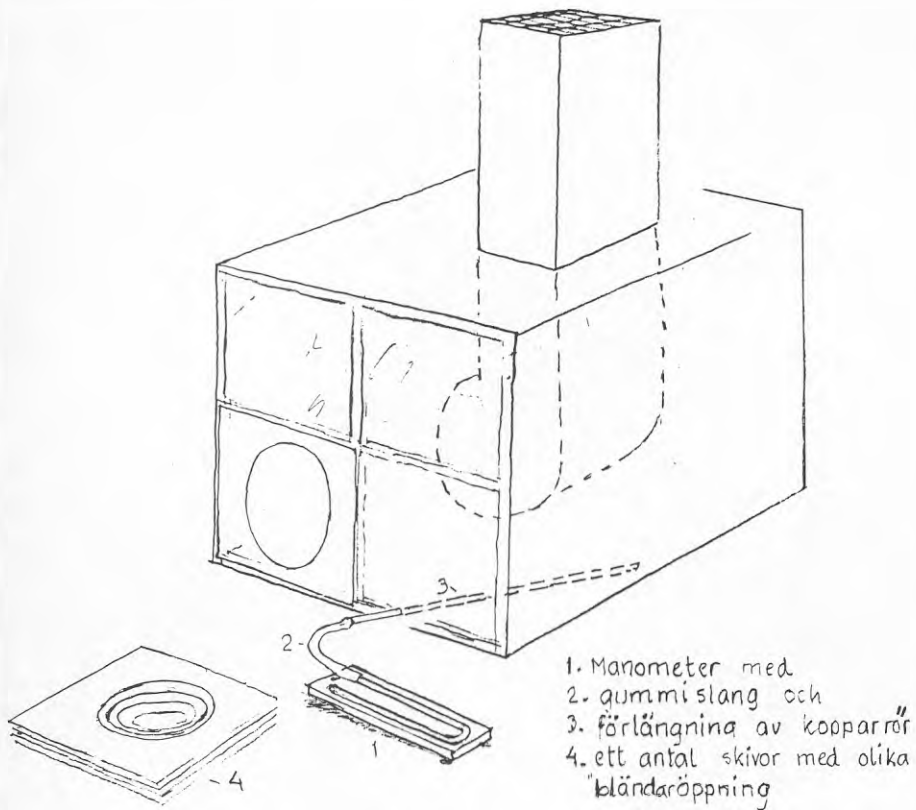
b) Samband mellan fläktkurva och fläktanläggningskurva, drivkrafter och anläggningslinje för huset

FIGUR 1 Grundläggande samband och definitioner





FIGUR 2 Bländare med diameter 150 mm och bländar-  
konstant = 49.0



FIGUR 3 Arrangemang för mätning

Luckan till fläktkammaren är ersatt med en provisorisk lucka av lösvirke, plast och tejp med påtejpad hålskiva. Ventilationskanalernas mynningar är tätade.

Kv. Storåkeren Luftväxling Mätning 84-03-06

Uttemp  $\vartheta_m = -3^\circ\text{C}$

Avlufttemp  $\vartheta_l = 22^\circ\text{C}$

Korr:  $K_g = \sqrt{\frac{273-3}{293}} = 0,96$

$k_p = \frac{273-3}{273+22} = 0,91$

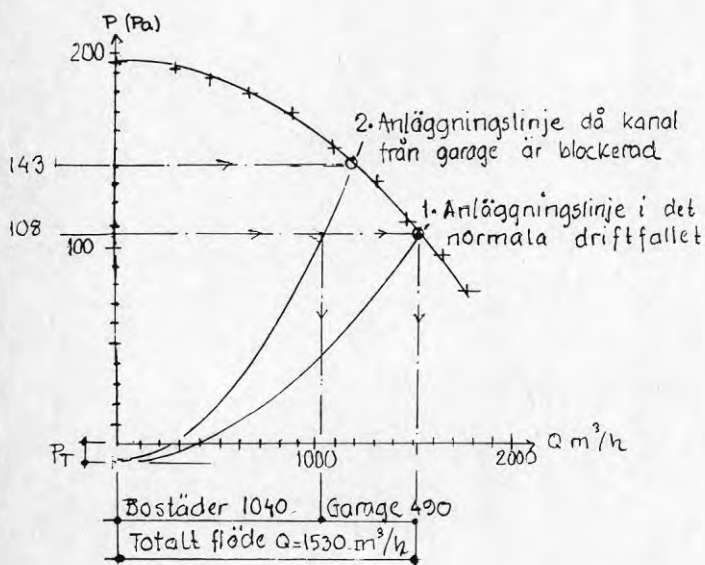
Fläktanläggning: (huset bortkopplat)

Huset inkopplat

Bländar-diam. d	Bländar-konst. B	Uppmätt tryck $P_m$	Flöde $Q = B \cdot K_g \cdot \sqrt{P_m}$	Korr. tryck $P = P_m \cdot k_p$
1	2	3	4	5
298,5	194	-90	1770	-82
275	165	-108	1650	-98
250	136	-126	1470	-115
226	111	-150	1300	-137
201	88	-167	1090	-152
175	66,7	-187	875	-170
150	49	-197	660	-179
125	34	-206	470	-187
100	21,8	-212	300	-193
0	0	-215	0	-196

Driftfall	Truck $P$ (Pa)	Flöde $Q$ (m <sup>3</sup> /h)
1) Normalfallet Alla (fem) kanaler öppna	-108	Totalt flöde $Q = 1530$
2) kanal till garage tätad övriga öppna	-143	Flöde bostäder $Q = 1040$
3) Alla kanaler öppna. Fläkten stängd och tätad	$P_T = +10$	Flöde garage $Q = 490$

a) Mätvärden och resultat



b) Bestämning av flöden

FIGUR 4 Mätvärden och grafisk bestämning av flöden

# FUKTTILLSKOTT TILL VENTILATIONSLUFTEN I FLERBOSTADSHUS

LENNART NORDSTRÖM

JAN SJÖGREN

## Bilaga 9:3.2

FÖRORD

Vid Institutionen för Byggnadsteknik har undertecknade under tiden november 1982 till maj 1983 som examensarbete utfört mätningar av fuktillskott till ventilationsluften vid dess väg genom flerbostadshus. Undersökningen har initierats av Per Olof Nylund vid Tyréns.

Vi vill rikta ett tack till P. O. Nylund och Jan Mesch, Tyréns, för handledning, goda råd och hjälp med mätutrustning. Vi vill även tacka Mätcentralen för energiforskning vid KTH för lån av datorutrustning.

Stockholm 1983-12-11

Lennart Nordström

Jan Sjögren

### SAMMANFATTNING

Föreliggande examensarbete är resultatet av en serie mätningar av fukttillskott (och därmed energitillskott) till ventilationsluften på dess väg genom ett flerbostadshus.

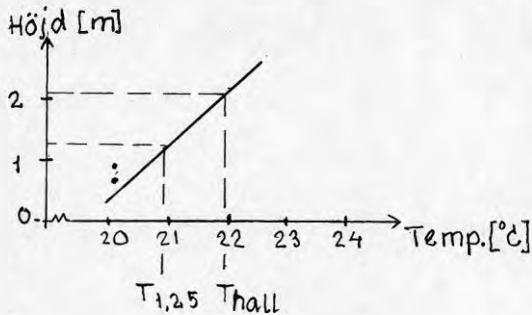
Vid beräkningen av energiförluster till följd av ventilation räknar man i regel endast med förluster p g a temperaturdifferenser. Vanligen tas ej någon hänsyn till att energi transporteras ut med ventilationsluften till följd av ökat fukttinnehåll.

För att erhålla storleken på fukttillskottet till ventilationsluften har temperatur och relativ fuktighet registrerats, dels utomhus, dels i frånluft. Mätningarna har utförts både fortlöpande och vid enstaka tillfällen. Mätvärdena har bearbetats med dator och resultatet presenteras i diagramform.

Vi har kunnat konstatera att fukttillskottet ofta är av storleksordningen  $2-4 \text{ g/m}^3$  under undersökningsperioden.

TEMPERATURKARTERING

Bilaga 9:4.1



Vid mättillfället har vi

$$\left. \begin{array}{l} T_{\text{hall}} \\ T_{1,25} \\ T_{\text{ytteryta}} \end{array} \right\} \implies \text{korr. koeff. } \kappa_1 = \frac{T_{1,25} - T_{\text{ytteryta}}}{T_{\text{hall}} - T_{\text{ytteryta}}}$$

Tidigare beräknades transmission på följande sätt

$$E = A \cdot K \cdot (T_{\text{hall}}^{\text{med}} - T_{\text{ytteryta}}) \cdot t \quad \text{Denna formel justeras till } E_{\text{korr}} = \kappa_1 \cdot E$$

Eventuell korrigerig av K-värde ger en korr.koeff.  $\kappa_2$

$$E_{\text{korr}} = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot E$$

ATELJEVÄGEN	20	$T_{\text{ytteryta}} = 1,25^{\circ}\text{C} \rightarrow \kappa_1 = 0,96$
ATELJEVÄGEN	26	$T_{\text{ytteryta}} = 1,25^{\circ}\text{C} \rightarrow \kappa_1 = 0,95$
SKOGSBACKEN	16	$T_{\text{ytteryta}} = 1,14^{\circ}\text{C} \rightarrow \kappa_1 = 0,96$
LOGDANSVÄGEN	10	$T_{\text{ytteryta}} = 1,45^{\circ}\text{C} \rightarrow \kappa_1 = 0,94$
ÖRNSVÄNGEN	3	$T_{\text{ytteryta}} = 1,28^{\circ}\text{C} \rightarrow \kappa_1 = 0,98$

Värmeflödesmätning vid Ateljévägen

Värmeflödesmätningen gjordes i januari på norr-  
vägg med flödesmätning i tre punkter.

Värmemotstånd har bestämts för den tilläggsisole-  
rade hela väggen, dvs befintlig vägg + tilläggs-  
isolering samt för den inre delen som tidigare ut-  
gjorde befintlig vägg.

Medelvärde av värmegenomgångstal exklusive yttre  
övergångsmotstånd blev för den totala väggen

$$K^1 = 0,33 \text{ W/m}^2\text{C}$$

och för den inre tidigare befintliga väggen

$$K^1 = 0,77 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Medelvärdet inklusive yttre värmemotstånd (trad.  
k-värde) blir då för den totala väggen

$$K = 0,31 \text{ W/m}^2\text{C}$$

och för den del som tidigare utgjorde yttervägg

$$K = 0,68 \text{ W/m}^2\text{C}$$



Förundersökning. Registrering av tappningsfrekvensen av varmvatten, Ateljévägen 18-28

Syftet med undersökningen var att studera behovet av varmvattencirkulations(VVC-)ledning. Om tappning av varmvatten förekommer tillräckligt ofta och är jämnt fördelat över dygnet samt stammar, har man i de flesta fall alltid varmvatten tillgängligt vid tappkranen. Det skulle innebära att VVC-ledningen kan slopas. Skulle det i stället visa sig att VVC-ledning är nödvändig under vissa tider på dygnet kan en energispareffekt åstadkommas genom att tidstyra VVC-pumpen. Den energibesparing som man av ovanstående tänkbara åtgärder skulle få består av följande:

- Inga eller minskade värmeförluster från VVC-ledningen
- Minskade värmeförluster från varmvattenledningar
- Ingen eller minskad åtgång av energi för att driva VVC-pumpen.

I gengäld finns risken att varmvattenförbrukningen ökar vid införande av dessa åtgärder. Den ökade konsumtionen av varmvatten kan då "äta upp" den erhållna energibesparingen. Detta kan inträffa om hyresgästernas vanor blir sådana att det "kalla" vattnet från varmvattenkranen orsakar onödiga och kanske långvariga tappningar.

Undersökningens genomförande och resultat

Mätningen genomfördes med hjälp av en registrerande skrivare typ Chino med möjlighet för inkoppling av 12 st termoelement. Dessa termoelement placerades på ett antal varmvattenstammar (enl figur 8) där de med visst intervall registrerade temperaturen i ledningen. En hög temperatur i ledningen innebar att tappning förekom. Någon kalibrering av instrumentet för att eliminera absolutvärdenas fel genomfördes inte, då det endast var av intresse att se när tappning förekom.

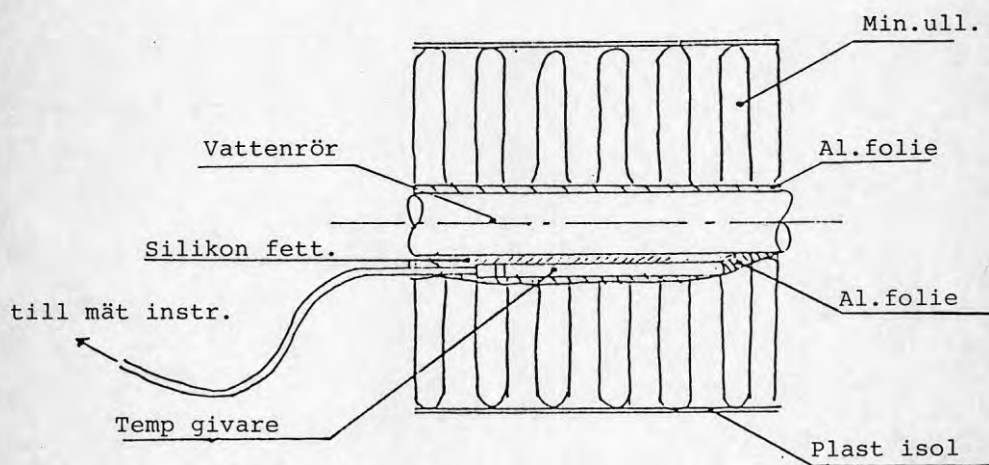
Temperaturstudien visade att tappningsfrekvensen varierar högst avsevärt under dygnet. (Se diagram 8.) Detta innebar att ett slopande av VVC-ledning var uteslutet medan det däremot visade sig att det bör vara fördelaktigt att tidstyra VVC-pumpen.

Temperaturdiagrammet togs till underlag för fastställande av ett lämpligt tidprogram för VVC-pumpens drifttider. Det framgick klart att ett veckour erfordrades då förhållandena under helger är helt annorlunda än under vardagar. Under en normal vardag var tappningsfrekvensen låg under natten och fick sedan en topp mellan kl 07.00 och kl 08.00 på morgonen. Därefter sjönk den för att

## Bilaga 9:6.2

åter stiga omkring kl 11.00. Under resten av dagen och kvällen var tappningsfrekvensen rätt så hög och stabil med undantag för en topp kl 16.30. Liknande iakttagelser kunde göras på helger, dock något förskjutna. Eftersom VVC-pumpen bör starta strax inom första varmvattentappningen, bestämdes programmet för VVC-pumpen till följande tider:

- Mån-fre kl 05.00-06.00 samt  
kl 12.00-14.00
- Lör kl 06.00-07.00
- Sön kl 07.00-08.00



Figur 8. PLACERING AV TEMPERATURGIVARE, THERMOELEMENT.

## Bilaga 9:6.4

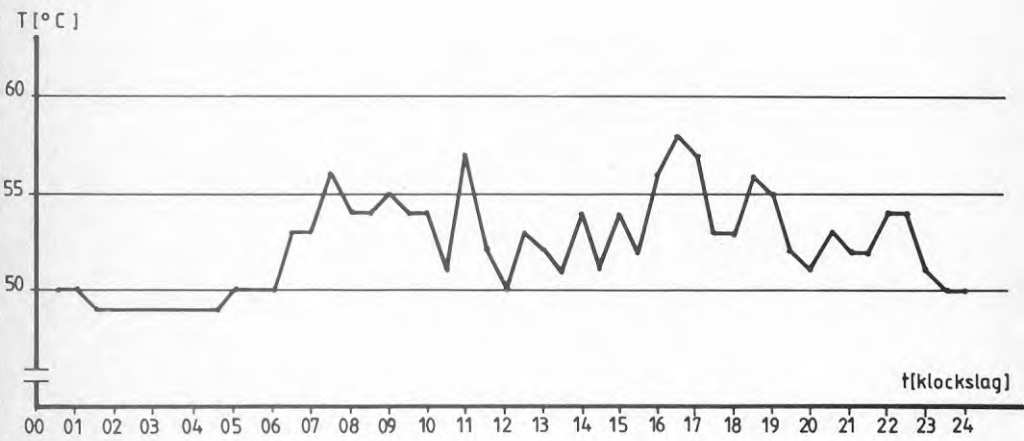


Diagram 8. Temperaturvariationer i varmvattenstammar en "normal" vardag, Ateljävägen 18-28.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791495-1  
från Statens råd för byggnadsforskning till ABV, Solna.**

**R90: 1987**

**ISBN 91-540-4796-X**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6707090**

**Abonnemangsgrupp:  
T. Fastighetsförvaltning  
W. Installationer**

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

**Cirkapris: 54 kr exkl moms**