



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.



ANDERS NILSON  
CHRISTER HJALMARSSON

# Elanvändning i fyra kontorsbyggnader

R56: 1993

Mätningar, analyser  
och erfarenheter

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400129296

 BYGGFORSKNINGSRÅDET

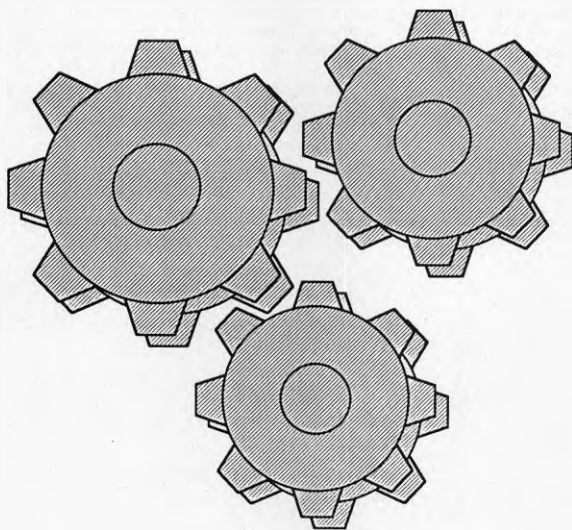
FR

R56:1993

## ELANVÄNDNING I FYRA KONTORSBYGGNADER

Mätningar, analyser och erfarenheter

Anders Nilson  
Christer Hjalmarsson



Helhetssynen är ett måste !

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 910849-4  
från Byggeforskningsrådet till Bengt Dahlgren AB, Göteborg.

**V-BIBLIOTEKET**  
**BYGG & KONSTRUKTION**  
**SEKTIONEN FÖR VÄG & VATTEN**  
**LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA**  
Box 118, 221 00 LUND

## REFERAT

Rapporten behandlar ett projekt vars huvudsyfte har varit att kartlägga och undersöka möjligheten till att minska elanvändningen i kontorsbyggnader ägda av fyra av landets största försäkringsbolag. Det främsta syftet med energikartläggningen har varit att skapa en bild av fördelningen mellan el- och värmeenergi med tonvikt på effektiviseringsmöjligheter. I rapporten redovisas i huvudsak resultatet från genomförda mätningar före åtgärd samt resultatet från datorsimuleringar med hjälp av det amerikanska simuleringsprogrammet DOE2.

Två av de fyra byggnaderna representerar systemval mm från början av 1980-talet medan de två övriga är typiska för slutet av 1980-talet. En sammanställning av över ett års mätningar, på timbasis, av elanvändningen i respektive kontorsbyggnad redovisas, uppdelad på större delposter.

Ett mycket intressant delresultat från bl a dessa byggnader är att sammanlagringen av samtliga elektriska belastningar på typiska enskilda kontorsplan är så stor som 40 - 60 %.

Om motsvarande sammanlagring hade analyserats för hela byggnaden torde den ha blivit ännu mycket större. Att detta är av väsentlig betydelse för såväl den abonnerade elfeffektens storlek som hela klimatanläggningens dimensionering och kostnader för dess drift torde vara uppenbart! Här föreligger ett behov av ökade FoU-insatser.

Utifrån de kunskaper och erfarenheter som erhållits kan man konstatera att i huvudsak fyra olika insatsområden för effektivisering föreligger, nämligen inom områdena belysning, kontorsutrustning, luftbehandling samt styr-, regler och övervakning. För att rätt kunna utnyttja såväl de tekniska som ekonomiska möjligheterna till effektivisering, anges ett antal viktiga punkter, vilka ger idéer om hur man kan finna de rätta objekten.

Även om elfrågorna under senare år fått stor betydelse är det mycket viktigt att alltid anlägga en systemteknisk helhetsyn på byggnaden. Det gäller att inte göra om tidigare misstag från 1970- och 1980-talen, då energieffektiviseringen i flertalet fall skedde på bekostnad av en ökad elanvändning. Det föreligger en risk att dagens starka fokusering på i huvudsak effektivisering medför en omfördelning mellan energislagen i omvärd ordning om man inte ser till helheten!

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R56:1993

ISBN 91-540-5600-4  
Byggeforskningsrådet, Stockholm

gotab 99055, Stockholm 1993



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sida

	<b>FIGURFÖRTECKNING</b>	<b>5</b>
<b>0</b>	<b>FÖRORD</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>BAKGRUND</b>	<b>17</b>
2.1	Allmänt	17
2.2	Elanvändningens utveckling i lokalbeståndet	18
2.3	Syfte och mål	20
<b>3</b>	<b>VAL AV OBJEKT</b>	<b>21</b>
3.1	Allmänt	21
3.2	Kvarter Kastellholm, Folksam	23
3.3	Kvarter Svaneholm, Trygg-Hansa	25
3.4	Kvarter Stampen, Wasa	26
3.5	Kvarter Lagern, Skandia	27
3.6	Sammanfattning	29
<b>4</b>	<b>ENERGIKARTLÄGGNING</b>	<b>30</b>
4.1	Allmänt	30
4.2	Mätprogram	31
4.3	Mätinsamlingssystem	33
4.4	Bearbetning av data	35
<b>5</b>	<b>OBJEKTENS TEKNISKA STATUS</b>	<b>36</b>
5.1	Allmänt	36
5.2	Kvarter Kastellholm, Folksam	39
5.2.1	Elinstallationer allmänt	39
5.2.2	Verksamhet och planlösning	39
5.2.3	Belysning	40
5.2.4	Ventilation och kyla	43
5.2.5	Övriga stora elanvändare	46
5.2.6	Styr, regler och övervakning	47
5.3	Kvarter Svaneholm, Trygg-Hansa	48
5.3.1	Elinstallationer allmänt	48
5.3.2	Verksamhet och planlösning	48
5.3.3	Belysning	49
5.3.4	Ventilation och kyla	51
5.3.5	Övriga stora elanvändare	53
5.3.6	Styr, regler och övervakning	54

	4
<b>5.4 Kvarter Stampen, Wasa</b>	<b>55</b>
5.4.1 Elinstallationer allmänt	55
5.4.2 Verksamhet och planlösning	55
5.4.3 Belysning	56
5.4.4 Ventilation och kyla	57
5.4.5 Övriga stora elanvändare	59
5.4.6 Styr, regler och övervakning	60
<b>5.5 Kvarter Lagern, Skandia</b>	<b>61</b>
5.5.1 Elinstallationer allmänt	61
5.5.2 Verksamhet och planlösning	61
5.5.3 Belysning	62
5.5.4 Ventilation och kyla	63
5.5.5 Övriga stora elanvändare	66
5.5.6 Styr, regler och övervakning	67
<b>5.6 Sammanfattning</b>	<b>68</b>
<b>6 MÄTDATAANALYSER</b>	<b>70</b>
6.1 Allmänt	70
6.2 Kvarter Kastellholm, Folksam	71
6.3 Kvarter Svaneholm, Trygg-Hansa	94
6.4 Kvarter Stampen, Wasa	118
6.5 Kvarter Lagern, Skandia	140
6.6 Sammanfattning	163
<b>7 DATORSIMULERINGAR</b>	<b>168</b>
7.1 Allmänt och ramavtalets krav	168
7.2 Simuleringsprogram - DOE2	168
7.3 Kvarter Svaneholm, Trygg-Hansa	169
7.4 Kvarter Rosteriet, KBS	173
7.5 Sammanfattning	176
<b>8 DISKUSSIONER OCH SLUTSATSER</b>	<b>177</b>
8.1 Resultat	177
8.2 Erfarenheter	184
8.3 Insatsområden	188
<b>9 REFERENSER</b>	<b>192</b>

## FIGURFÖRTECKNING

B= Bild eller diagram, T= Tabell, F= Foto, C= CAD-ritning

### Kapitel 1

- Figur 1.1(B)** Specifik energianvändning i 17 stycken olika kontorsbyggnader  
**Figur 1.2(T)** Sammanfattning av uppmätta karakteristika för kontorsbyggnaderna

### Kapitel 2

- Figur 2.1(B)** Elanvändningen i svenska byggnader  
**Figur 2.2(B)** Elanvändningens utveckling i lokalbeståndet  
**Figur 2.3(B)** Värme- och elenergianvändningen i lokalbeståndet

### Kapitel 3

- Figur 3.1(F)** Kvarter Kastellholm, Folksam Göteborg  
**Figur 3.2(F)** Kvarter Svaneholm, Trygg-Hansa Göteborg  
**Figur 3.3(F)** Kvarter Stampen, Wasa Göteborg  
**Figur 3.4(F)** Kvarter Lagern, Skandia Solna  
**Figur 3.5(T)** Sammanställning av areor per verksamhet  
**Figur 3.6(T)** Sammanställning av areor per verksamhet  
**Figur 3.7(T)** Sammanställning av areor per verksamhet  
**Figur 3.8(T)** Sammanställning av areor per verksamhet  
**Figur 3.9(T)** Sammanfattande karakteristika för de fyra kontorsbyggnaderna

### Kapitel 4

- Figur 4.1(B)** Principiell uppdelning av el i lokaler  
**Figur 4.2(F)** Mätskåp med datalogger, anslutningsledningarna och övrig kringutrustning

### Kapitel 5

- Figur 5.1(B)** Samband mellan specifik fläkteffekt och tryckupsättning  
**Figur 5.2(T)** Sammanställning av areor per plan  
**Figur 5.3(C)** Typiskt kontorsplan  
**Figur 5.4(T)** Tak- och platsbelysning på kontorsplan 5  
**Figur 5.5(T)** Sammanställning av installerade specifika belysningseffekter  
**Figur 5.6(T)** Sammanställning av data för större fläktar  
**Figur 5.7(T)** Sammanställning av uppmätta CO<sub>2</sub>-halter  
**Figur 5.8(T)** Installerad eleffekt på kontorsplan 5 [Mätplan]  
**Figur 5.9(T)** Sammanställning av areor per plan  
**Figur 5.10(C)** Typiskt kontorsplan

- Figur 5.11(T)** Tak- och platsbelysning på kontorsplan 4  
**Figur 5.12(T)** Allmänbelysningens specifika effekter i olika lokaler  
**Figur 5.13(T)** Sammanfattning av fläktdata för större aggregat  
**Figur 5.14(T)** Sammanställning av uppmätta CO<sub>2</sub>-halter  
**Figur 5.15(T)** Installerad eleffekt på kontorsplan 4 [Mätplan]
- Figur 5.16(T)** Sammanställning av areor per plan  
**Figur 5.17(C)** Typiskt kontorsplan  
**Figur 5.18(T)** Tak- och platsbelysning på del av kontorsplan 4  
**Figur 5.19(T)** Sammanfattning av fläktdata för större aggregat  
**Figur 5.20(T)** Sammanställning av uppmätta CO<sub>2</sub>-halter
- Figur 5.21(T)** Installerad eleffekt på **del av ett** kontorsplan 4 [Mätplan]  
**Figur 5.22(T)** Sammanställning av areor per plan  
**Figur 5.23(C)** Typiskt kontorsplan i höghuset  
**Figur 5.24(T)** Tak- och platsbelysning på mätplan  
**Figur 5.25(T)** Sammanställning av data för större fläktar
- Figur 5.26(T)** Sammanställning av uppmätta CO<sub>2</sub>-halter  
**Figur 5.27(T)** Installerad eleffekt på kontorsplan 14 [Mätplan]  
**Figur 5.28(T)** Sammanfattning av inventerade och uppmätta karakteristika för kontorsbyggnaderna
- ## Kapitel 6
- Figur 6.1(B)** Huvudsaklig mätstrategi kv Kastellholm  
**Figur 6.2(B)** Sammanställning av total energianvändning 1984 – 1991  
**Figur 6.3(B)** Fördelningen mellan fjärrvärme- och elanvändning 1984–1991  
**Figur 6.4(B)** Elanvändningen under 1990 uppdelad på årets månader  
**Figur 6.5(B)** Elanvändningens fördelning på "slutanvändare" 1990
- Figur 6.6(B)** Effektbehov månad för månad gällande 1990  
**Figur 6.7(B)** Tiominuterseffekter luciadagen 1990  
**Figur 6.8(B)** Timmedeleffekter luciadagen 1990  
**Figur 6.9(B)** Effektprofilen för en **vintervecka** 1990  
**Figur 6.10(B)** Effektprofilen för en **sommarvecka** 1990
- Figur 6.11(B)** Effektprofilen för ett **vinterdygn** 1990  
**Figur 6.12(B)** Effektprofilen för ett **sommardygn** 1990  
**Figur 6.13(B)** Effektprofilen för kyla en **sommarvecka** 1990  
**Figur 6.14(B)** Effektprofilen uppdelad på större delposter för en **vintervecka** 1990  
**Figur 6.15(B)** Effektprofilen uppdelad på större delposter för en **sommarvecka** 1990
- Figur 6.16(B)** Effektfaktor  $\cos \phi$  vid olika motorbelastningar  
**Figur 6.17(T)** Specifik fläkteleffekt för kontorsfläktar  
**Figur 6.18(B)** Effektprofilen för hissar en **sommarvecka** 1990  
**Figur 6.19(B)** Effektprofilen för mätplan en **vintervecka** 1990

- Figur 6.20(B)** Effektprofilen för mätplan en **sommarvecka** 1990
- Figur 6.21(B)** Belastningsfaktor för mätplan en **vintervecka** 1990
- Figur 6.22(B)** Belastningsfaktor för mätplan en **sommarvecka** 1990
- Figur 6.23(B)** **Före** bytet till personatorer på mätplan
- Figur 6.24(B)** **Efter** bytet av personatorer på mätplan
- Figur 6.25(B)** Belastningsfaktor för fan-coil på mätplanet en **sommarvecka** 1990
- Figur 6.26(T)** Inomhustemperaturer för olika perioder i fastigheten Kastellholm
- Figur 6.27(B)** Huvudsaklig mätstrategi kv Svaneholm
- Figur 6.28(B)** Sammanställning av total energianvändning 1986 – 1991
- Figur 6.29(B)** Fördelningen mellan fjärrvärme- och elanvändning 1986–1991
- Figur 6.30(B)** Elanvändningen under 1990 uppdelad på årets månader
- Figur 6.31(B)** Elanvändningens fördelning på "slutanvändare" [1990]
- Figur 6.32(B)** Effektbehov månad för månad gällande 1990 **inkl** bostäder
- Figur 6.33(B)** Tiominutereffekter luciadagen 1990
- Figur 6.34(B)** Timmedeleffekter luciadagen 1990
- Figur 6.35(B)** Effektprofilen för en **vintervecka** 1990
- Figur 6.36(B)** Effektprofilen för en **sommarvecka** 1990
- Figur 6.37(B)** Effektprofilen för ett **vinterdygn** 1990
- Figur 6.38(B)** Effektprofilen för ett **sommardyg** 1990
- Figur 6.39(B)** Effektprofilen för kylmaskinerna tillhörande aggregat TA5, en **sommarvecka** 1990
- Figur 6.40(B)** Effektprofilen uppdelad på större delposter för en **vintervecka** 1990
- Figur 6.41(B)** Effektprofilen uppdelad på större delposter för en **sommarvecka** 1990
- Figur 6.42(B)** Effektfaktor  $\cos \phi$  vid olika motorbelastningar
- Figur 6.43(T)** Specifik fläkteffekt för kontorsfläktarna
- Figur 6.44(B)** Effektprofilen för hissar en **vintervecka** 1990
- Figur 6.45(B)** **Före** åtgärder i telerum och datorrum
- Figur 6.46(B)** **Efter** åtgärder i telerum och datorrum
- Figur 6.47(B)** Effektprofilen för mätplan en **vintervecka** 1990
- Figur 6.48(B)** Effektprofilen för mätplan en **sommarvecka** 1990
- Figur 6.49(B)** Belastningsfaktor för mätplan en **vintervecka** 1990
- Figur 6.50(B)** Belastningsfaktor för mätplan en **sommarvecka** 1990
- Figur 6.51(B)** Belysningstest på plan 4 – tiominutersmedeleffekter
- Figur 6.52(B)** Belysningstest på plan 4 – timmedeleffekter
- Figur 6.53(T)** Inomhustemperaturer i fastigheten Svaneholm
- Figur 6.54(B)** Temperaturvariationer en **vintervecka** 1990
- Figur 6.55(B)** Temperaturvariationer en **sommarvecka** 1990
- Figur 6.56(B)** Effektprofilen för kök och matsal en **sommarvecka**
- Figur 6.57(B)** Huvudsaklig mätstrategi kv Stampen

- Figur 6.58(B)** Sammanställning av total energianvändning 1989 – 1991  
**Figur 6.59(B)** Fördelningen mellan fjärrvärme- och elanvändning 1989–1991  
**Figur 6.60(B)** Elanvändningen under 1991 uppdelad på årets månader
- Figur 6.61(B)** Elanvändningens fördelning på "slutanvändare" [1991]  
**Figur 6.62(B)** Effektbehov månad för månad gällande 1991  
**Figur 6.63(B)** Tiominuterseffekter luciadagen 1990  
**Figur 6.64(B)** Timmedeleffekter luciadagen 1990  
**Figur 6.65(B)** Effektprofilen för en **vintervecka** 1991
- Figur 6.66(B)** Effektprofilen för en **sommarvecka** 1991  
**Figur 6.67(B)** Effektprofilen för ett **vinterdygn** 1991  
**Figur 6.68(B)** Effektprofilen för ett **sommardygn** 1991  
**Figur 6.69(B)** Effektprofilen för fastighetens driftel uppdelad på större delposter för en **vintervecka** 1991  
**Figur 6.70(B)** Effektprofilen för fastighetens driftel uppdelad på större delposter för en **sommarvecka** 1991
- Figur 6.71(T)** Specifik fläkteffekt för kontorsfläktarna  
**Figur 6.72(B)** Effektprofilen för kylmaskin/värmepump inkl kondensorpump en **vintervecka** 1991  
**Figur 6.73(B)** Effektprofilen för kylmaskin/värmepump inkl kondensorpump en **sommarvecka** 1991  
**Figur 6.74(B)** Effektprofilen för hissar en **vintervecka** 1991  
**Figur 6.75(B)** Effektprofilen för mätplan en **vintervecka** 1991
- Figur 6.76(B)** Effektprofilen för mätplan en **sommarvecka** 1991  
**Figur 6.77(B)** Belastningsfaktor för mätplan en **vintervecka** 1991  
**Figur 6.78(B)** Belastningsfaktor för mätplan en **sommarvecka** 1991  
**Figur 6.79(B)** Belysningstest på plan 4 – tiominutersmedeleffekter  
**Figur 6.80(B)** Belysningstest på plan 4 – timmedeleffekter
- Figur 6.81(T)** Inomhustemperaturer i fastigheten Stampen  
**Figur 6.82(B)** Temperaturvariationer en **vintervecka** 1991  
**Figur 6.83(B)** Temperaturvariationer en **sommarvecka** 1991  
**Figur 6.84(B)** Effektprofilen för övriga hyresgäster en **vintervecka** 1991  
**Figur 6.85(B)** Huvudsaklig mätstrategi kv Lagern
- Figur 6.86(B)** Sammanställning av total energianvändning 1987 – 1991  
**Figur 6.87(B)** Fördelningen mellan fjärrvärme- och elanvändning 1987–1991  
**Figur 6.88(B)** Elanvändningen under 1991 uppdelad på årets månader  
**Figur 6.89(B)** Elanvändningens fördelning på "slutanvändare" [1991]  
**Figur 6.90(B)** Effektbehov månad för månad gällande 1991
- Figur 6.91(B)** Tiominuterseffekter luciadagen 1990  
**Figur 6.92(B)** Timmedeleffekter luciadagen 1990  
**Figur 6.93(B)** Effektprofilen för en **vintervecka** 1991  
**Figur 6.94(B)** Effektprofilen för en **sommarvecka** 1991



- Figur 6.95(B)** Effektprofilen för ett **vinterdygn** 1991
- Figur 6.96(B)** Effektprofilen för ett **sommardyg**n 1991
- Figur 6.97(B)** Effektprofilen för fastighetens driftel uppdelad på större delposter för en **vintervecka** 1991
- Figur 6.98(B)** Effektprofilen för fastighetens driftel uppdelad på större delposter för en **sommarvecka** 1991
- Figur 6.99(B)** Effektprofilen för fastighetens driftel uppdelad på större delposter för ett **vinterdygn** 1991
- Figur 6.100(B)** Effektprofilen för fastighetens driftel uppdelad på större delposter för ett **sommardyg**n 1991
- Figur 6.101(B)** Effektfaktor  $\cos \phi$  vid olika belastningar
- Figur 6.102(T)** Specifik fläkteffekt för kontorsfläktarna
- Figur 6.103(B)** Effektprofilen för hissar en **vintervecka** 1991
- Figur 6.104(B)** Effektprofilen för mätplan en **vintervecka** 1991
- Figur 6.105(B)** Effektprofilen för mätplan en **sommarvecka** 1991
- Figur 6.106(B)** Belastningsfaktor för mätplan en **vintervecka** 1991
- Figur 6.107(B)** Belastningsfaktor för mätplan en **sommarvecka** 1991
- Figur 6.108(B)** Belysningstest på plan 4 – tiominutersmedeleffekter
- Figur 6.109(B)** Belysningstest på plan 4 – timmedeleffekter
- Figur 6.110(T)** Inomhustemperaturer i fastigheten Lagern
- Figur 6.111(B)** Temperaturvariationer en **vintervecka** 1991
- Figur 6.112(B)** Temperaturvariationer en **sommarvecka** 1991
- Figur 6.113(B)** Effektprofilen för restaurangen en **sommarvecka** 1991
- Figur 6.114(T)** Sammanfattning av inventerade och uppmätta karakteristika för **samtliga kontorsbyggnader**
- Figur 6.115(T)** Jämförelse mellan den specifika energianvändningen för likartade verksamheter i de fyra **kontorsbyggnader**
- Figur 6.116(B)** Energianvändningen uppdelad på delposter för **fastigheterna**
- Figur 6.117(T)** Sammanfattning av inventerade och uppmätta karakteristika för **ett kontorsplan**
- Figur 6.118(T)** Sammanfattning av inventerade och uppmätta karakteristika för takarmaturer på **ett kontorsplan**

## Kapitel 7

- Figur 7.1(T)** Mätning- och simuleringsresultat för kontorsdel i kv Svaneholm
- Figur 7.2(T)** Simulerad energianvändning före och efter genomförda eleffektiviseringsåtgärder enligt NUTEKs krav för kontorsdel i kv Svaneholm
- Figur 7.3(T)** NUTEK-åtgärder på belysning och ventilation i kv Svaneholm
- Figur 7.4(T)** Sammanfattning av mätningar och DOE2-simuleringar
- Figur 7.5(B)** Simulerad energianvändning före och efter genomförda eleffektiviseringsåtgärder enligt NUTEKs krav i kv Svaneholm

- Figur 7.6(T)** Sammanfattande karakteristika för kvarteret Rosteriet  
**Figur 7.7(T)** Energianvändning före och efter genomförande av åtgärder enligt NUTEKs krav i kv Rosteriet  
**Figur 7.8(T)** NUTEK-åtgärder på belysning och ventilation i kv Rosteriet  
**Figur 7.9(B)** Energianvändning före och efter genomförande av åtgärder enligt NUTEKs krav i kv Rosteriet

## Kapitel 8

- Figur 8.1(T)** Sammanfattande karakteristika för kontorsbyggnaderna  
**Figur 8.2(T)** Sammanfattning av inventerade och momentant uppmätta karakteristika för kontorsbyggnader  
**Figur 8.3(T)** Sammanfattning av uppmätta karakteristika för **kontorsbyggnaderna**  
**Figur 8.4(B)** Elanvändning inom Folksams fastighet uppdelad på delposter  
**Figur 8.5(B)** Elanvändning inom Trygg-Hansas fastighet uppdelad på delposter  
**Figur 8.6(B)** Elanvändning inom Wasas fastighet uppdelad på delposter  
**Figur 8.7(B)** Elanvändning inom Skandias fastighet uppdelad på delposter  
**Figur 8.8(T)** Sammanfattning av inventerade och uppmätta karakteristika för **ett kontorsplan**  
**Figur 8.9(B)** Specifik energianvändning i 17 stycken olika kontorsbyggnader  
**Figur 8.10(B)** Helhetssyn är ett måste  
**Figur 8.11(B)** Uppmätt belastning och effektfaktor för 127 st fläktmotorer

## 0 FÖRORD

Regeringen gav för några år sedan genom dåvarande Miljö- och Energidepartementet i uppdrag åt Byggforskningsrådet (BFR) att genomföra ett starkt målinriktat FoUD-program inom området effektiv elanvändning - eleffektiva byggnader.

Följande BFR-projekt avser ett av de största delprojekten i denna satsning, vilket syftar till att genom bli omfattande mätinsatser kartlägga och också minska elanvändningen i kontorsbyggnader ägda av fyra av landets största försäkringsbolag, nämligen försäkringsbolagen Folksam, Skandia, Trygg-Hansa/SPP samt Wasa.

De aktuella byggnaderna är kv Kastellholm, Göteborg (Folksam), kv Svaneholm, Göteborg (Trygg-Hansa/SPP), kv Stampen, Göteborg (Wasa) samt kv Lagern, Solna (Skandia/Folksam och Svenska Fotbollsförbundet).

De fyra kontorsbyggnaderna, av olika åldrar och med delvis olika systemlösningar vad avser de installationstekniska systemen samt användning, ger en bra bild av hur elanvändningen ser ut i den kommersiella fastighetssektorn.

Inom detta delprojekt har Bengt Dahlgren AB, Göteborg ansvarat för all mätdatainsamling med tillhörande utvärdering, analys, datorsimuleringar samt förslag till eleffektiviseringsåtgärder.

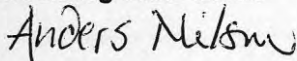
Föreliggande rapport utgör en första **delrapport** rörande föremätningar och datorsimuleringar för det i huvudsak av Byggforskningsrådet finansierade projektet "Kontorsprojekt II". Resultaten visar också på lämpliga eleffektiviseringsåtgärder. De detaljerade åtgärdsförslagen har i huvudsak finansierats av berörda försäkringsbolag och detaljredovisas därför ej i denna rapport.

Att kortfattat försöka sammanfatta nästan två års mätningar och andra resultat från fyra olika kontorsbyggnader är inte lätt. Vi har valt att redovisa byggnaderna var för sig i respektive kapitel med ett avslutande sammanfattningsavsnitt i varje kapitel och hoppas att vi till läsaren kunnat förmedla några av de viktigaste huvudresultaten.

Till samtliga som gjort det möjligt att genomföra projektet riktas ett varmt tack. Vårt tack riktas i första hand till alla fastighetsägare och fastighetsskötare, som välvilligt och intresserat ställt upp och låtit oss använda deras byggnader i projektet samt också deltagit i ett stort antal referensgruppsmöten.

Även till övriga delar av arbetsgruppen, med ordförande Lars Sundbom, L-E Sundbom AB, Stockholm, samt professor Enno Abel, Chalmers Tekniska Högskola, Installations-teknik, Göteborg, riktas ett varmt tack för inspirerande diskussioner och erfarenhetsutbyten.

Göteborg 1993-06-30



Anders Nilson

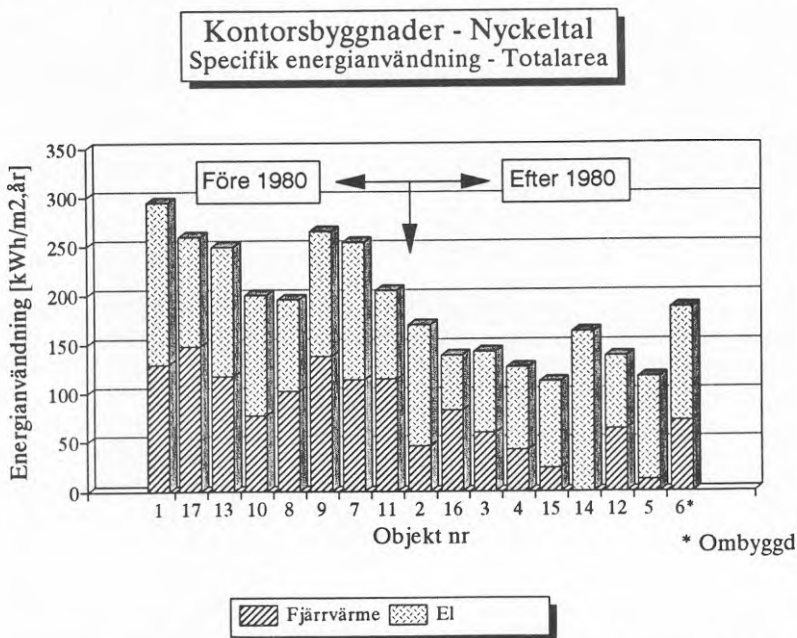
## 1 SAMMANFATTNING

Detta BFR-projekt har som syfte att kartlägga och undersöka möjligheten till att minska elanvändningen i kontorsbyggnader ägda av fyra av landets största försäkringsbolag. Inom detta projekt, som gått under arbetsnamnet Kontorsprojekt II, har Bengt Dahlgren AB, Göteborg ansvarat för all mätdatainsamling med tillhörande utvärdering och analys, datorsimuleringar samt förslag till eleffektiviseringsåtgärder för de fyra berörda kontorsbyggnaderna.

Det främsta syftet med energikartläggningen har varit att skapa **en bild av fördelningen mellan el- och värmeenergi**. Då projektet **främst** handlar om eleffektivisering, har det största arbetet lagts ned på att kunna dela upp elanvändningen i delposter.

I denna **delrapport** redovisas i huvudsak resultatet från genomförda mätningar **före** åtgärd samt resultatet från datorsimuleringar med hjälp av det amerikanska simuleringsprogrammet DOE2. Vissa erfarenheter från system- och energianalyser av ytterligare 13 st kontorsbyggnader runt om i landet redovisas också.

Valet av de fyra kontorsbyggnaderna, tre belägna i Göteborg och en i Stockholm, har skett i samarbete med bl a berörda försäkringsbolag och Institutionen för Installationsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola. Två av dessa byggnader representerar systemval mm från början av 1980-talet medan de två övriga är typiska för slutet av 1980-talet.



Anm: Objekt nr 2 är Trygg-Hansas kontorsbyggnad, objekt nr 3 är Folksam, objekt nr 4 är Skandias och nr 5 är Wasas

**Figur 1.1** Specifik energianvändning i 17 stycken olika kontorsbyggnader

I **figur 1.1** jämförs den specifika energianvändningen för de i denna rapport redovisade byggnaderna med motsvarande värden för 13 st andra kontorsbyggnader vars energianvändning Bengt Dahlgren AB analyserat. Nyckeltalen avser den **totala energianvändningen** fördelat på värme respektive el för såväl belysning, kontorsutrustning som klimatisering. De olika objekten representerar såväl olika åldrar, storlek, lokalisering som systemval för klimatisering mm.

Av figuren framgår att det finns ett klart samband mellan byggnadsår och total energianvändning. Nya byggnader har lägre **total** energianvändning men oftast mycket **större elandel**. Undantag finns självklart!

Några andra karakteristiska data för här aktuella byggnader framgår av **figur 1.2**.

	Folksam	Trygg-Hansa <sup>1</sup>	Wasa	Skandia
Bruksarea ca [m <sup>2</sup> ]	8900	9800	12000	23000
<b>Total energi:</b> [MWh/år]	1285	1755	1410	2900
varav – elenergi	750	1205	1270	1940
varav – värmeenergi	535	550	140	960
<b>Specifik energi:</b> [kWh/m <sup>2</sup> ,år]				
– totalt	145	179 (179) <sup>2</sup>	117	126
varav – elenergi	85	123 (100) <sup>2</sup>	105	84
varav – värmeenergi	60	56 (79) <sup>2</sup>	12	42
<b>Uppmätt maximal eleffekt</b> [kW]	169	253 (278) <sup>2</sup>	353	462
[W/m <sup>2</sup> ]	19	26 (20) <sup>2</sup>	29	20
<b>Specifik fläkteffekt (SFP) för kontorsaggrat</b> <sup>3</sup> [kW/(m <sup>3</sup> /s)]				
Märkdata	3.7	3.6	5.2	2.9
Uppmätt	2.2	2.6	4.6	2.8

<sup>1</sup> Exklusive bostäder

<sup>2</sup> Inom parentes anges värdet **inklusive** bostäder

<sup>3</sup> Gäller alla aggregat för hela luftdistributionssystemet för kontorsplanen

**Figur 1.2** Sammanfattning av uppmätta karakteristika för **kontorsbyggnaderna**

Vid analys av olika nyckeltal är det väsentligt att jämföra dessa för likartade verksamheter. Annars finns stor risk att fel "signaler" ges (jfr Trygg-Hansa ovan).

Vad beträffar värdena för den specifika fläkteffekten (SFP) framgår klart att inga av dessa ens ligger i nivå med värdet 1.0 kW/(m<sup>3</sup>/s) som anges i Inneklimatinstitutets Riktlinjer R2 för **s k eleffektiva system**.

En sammanställning av **ett års mätningar** i Folksams fastighet ger följande fördelning



av elanvändningen. Den **totala elanvändningen** är ca 750 MWh/år varav fastighetens **klimatisering** svarar för ca 30 % (fläktar ca 20 %, kyla ca 10 %), **kontorsplanen** för ca 40 % och elanvändningen i **butiker** för ca 25 %.

En sammanställning av **ett års mätningar** i Trygg-Hansas fastighet ger följande fördelning av elanvändningen. **Total elanvändning** är ca 1200 MWh/år, varav fastighetens **klimatisering** svarar för 35 % (fläktar ca 30 %, kyla ca 5%), **kontorsplanen** för ca 35 % medan den relativt stora restaurangen använder ca 5 % för **matberedning mm**.

Av **över ett års mätningar** i de två "äldre" kontorsbyggnaderna har vi också kunnat konstatera att **årstidsvariationen på totala effektnivån** varit **måttlig!**

Vad gäller **skillnaden mellan sommar/vinter** har vi kunnat konstatera att en **omfördelning** sker mellan el för **belysning** och el för **kyla** i både Trygg-Hansas och Folksams fastighet.

Wasas fastighet var klar att tas i bruk under 1988. Den är till vissa delar ännu inte helt uttyrd vad beträffar vissa butiker mm i bottenplan. Byggnaden är försedd med en **kombinerad kylvärmepump med ISAC energiackumulatörer**.

Skandias fastighet var klar att tas i bruk under 1985. Den del mätningar utförts på är ett **17 våningars höghus med glasfasad**. Att notera är att byggnaden **inte** har försetts med **komfortkyla** (endast förberedd för detta).

En sammanställning av **ett års mätningar** i Wasas fastighet ger följande fördelning av elanvändningen. Den **totala elanvändningen** är ca 1270 MWh/år varav fastighetens **klimatisering** svarar för ca 45 % (fläktar ca 15 %, kyla/värme ca 30 %), **kontorsplanen** för ca 30 % och elanvändningen i **butiker** för ca 6 %.

En sammanställning av **ett års mätningar** i Skandias fastighet ger följande fördelning av elanvändningen. **Total elanvändning** är ca 1940 MWh/år, varav fastighetens **klimatisering** svarar för 15 % – enbart fläktar – datorkyla svarar för ca 25% och **kontorsplanen** för ca 30 %.

Av **över ett års mätningar** i de två "nyare" kontorsbyggnaderna har vi kunnat konstatera att **årstidsvariationen på totala effektnivån** varit något **större** än vad som varit fallet i de äldre.

Ett mycket intressant delresultat från bl a dessa byggnader är att **sammanlagringen** av samtliga elektriska belastningar på typiska **enskilda kontorsplan** är så stor som 40 – 60 %. Om motsvarande sammanlagring hade analyserats för **hela byggnaden** torde den ha blivit ännu mycket större. Att detta är av väsentlig betydelse för såväl den abonnerade eleffektens storlek som hela klimatanläggningens dimensionering och kostnader för dess drift torde vara uppenbart! Här föreligger ett behov av ökade FoU-insatser.

Utifrån de kunskaper och erfarenheter som erhållits kan man konstatera att i huvudsak fyra olika insatsområden för eleffektivisering föreligger, nämligen inom områdena **belysning, kontorsutrustning, luftbehandling** samt **styr-, regler och övervakning**.



Framför allt på **belysningsidan** finns det mycket att göra i form av såväl direkta elleffektiviseringsåtgärder som underhållsåtgärder samt åtgärder vad avser belysningsplanering mm. Dessa åtgärder bidrar också i hög grad till att förbättra arbetsmiljön.

När det gäller **kontorsutrustning** består den till allt större del av datorer med kringutrustningar. Genom information till de anställda att stänga av utrustningen då den inte används, kan man komma mycket långt utan större investeringar – ibland enbart genom ett ändrat beteende. Nya billiga produkter i form av t ex bildskärmsläckare börjar nu också komma ut på marknaden.

När det gäller elleffektivisering inom **luftbehandlingsområdet** finns det en rad olika insatsområden att beakta, bl a luftflödets storlek, drifttider, tryckuppsättning, fläkt-, transmissions- samt motorverkningsgrad. Här finns stora möjligheter till effektivisering, inte minst vid nybyggnad under förutsättning att elleffektiviseringsfrågorna ges ökad vikt och **tidigt** beaktas i program- och projekteringskedena.

En av de mer grundläggande frågorna är dock det övergripande **systemvalet**. Detta är också något som måste anpassas efter de unika förutsättningarna som finns för varje objekt. Detta, tillsammans med bra möjligheter att styra och reglera, skapar förutsättningar för en effektiv energianvändning av **både** värme **och** el.

För att rätt kunna utnyttja såväl de tekniska som ekonomiska möjligheterna till elleffektivisering, bör följande punkter kunna ge idéer om hur man kan **finna de rätta objekten**.

- Energistatistik för värme och el med kostnadsuppföljning
- Tag fram egna nyckeltal. Jämför med andra likvärdiga objekt!
- Är fastighetens drift- och underhållskostnader för höga?
- Tycker hyresgästerna att deras elkostnader rusat i höjden?
- Finns klagomål på klimatiseringsinstallationernas funktion?
- Finns klagomål på belysningsklimatet?
- Skall renovering, ombyggnad eller större hyresgästomflyttning ske?

Det finns i praktiken tre olika situationer som en fastighetsägare kan befinna sig i inför beslut om eleffektivisering av sin byggnad:

- (1) Enbart **minska elanvändningen** i byggnaden utan att förhållandena i övrigt påverkas,
- (2) **Minska elanvändningen och få en bättre funktion** av anläggningen i byggnaden,
- (3) Byggnaden måste **rustas upp eller byggas om**.

Varje situation ger sina specifika förutsättningar för hur effektiviseringsarbetet kan och bör bedrivas. Detta gäller inte minst ur ekonomisk synvinkel. Målsättningen måste vara att **inte missa tillfället** att effektivisera anläggningen och att också göra detta med god ekonomisk lönsamhet.

Även om elfrågorna under senare år fått stor betydelse är det **mycket viktigt** att alltid anlägga en **systemteknisk helhetssyn** på byggnaden. Det gäller att **inte** göra om tidigare misstag från 1970- och 1980-talen, då energieffektiviseringen i flertalet fall skedde på bekostnad av en ökad elanvändning. Det föreligger en risk att dagens starka fokusering på i huvudsak eleffektivisering medför en omfördelning mellan energislagen i omvänd ordning om man inte ser till helheten!

Det är förhoppningen att här redovisade resultat och erfarenheter skall kunna bidra till en förbättrad kunskap om **energieffektivisering av byggnader** och därmed också kunna tjäna som underlag för och inspiration till en **vidgad syn på energifrågorna inom byggbranschen**.

## 2 BAKGRUND

### 2.1 Allmänt

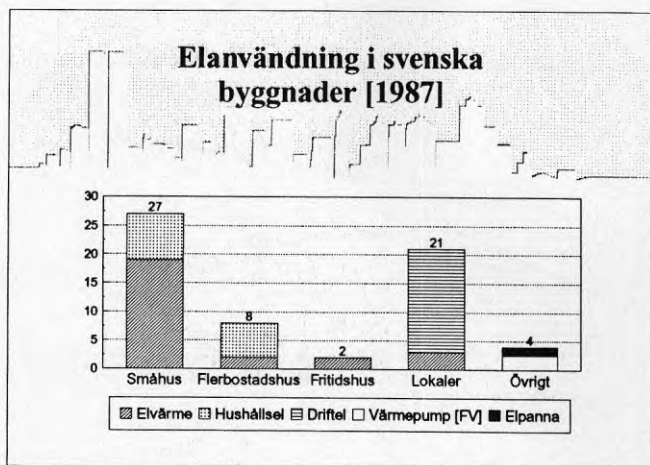
Eleffektivisering är eller kanske snarare borde vara en angelägenhet för oss alla. Låt oss därför börja globalt! Det känns angeläget att vi ibland vidgar våra vyer, vilket ökar förståelsen för vad vi som tekniker arbetar med.

Största delen av världens el produceras i **fossileldade** kraftverk. Pumpning och luftbehandling svarar för ca 30 – 40 % av världens totala elanvändning. Detta motsvarar ca 3000 TWh till 4000 TWh per år. Producerad i fossileldade kraftverk motsvarar detta ca 15 % av de globala utsläppen av CO<sub>2</sub> från fossila bränslen. Utsläppen av CO<sub>2</sub> ["Växthuseffekten"] är kanske vårt **största miljöproblem** alla kategorier.

**Figur 2.1** visar hur förhållandena är här hemma och ger oss några ramar inom vilka detta och andra eleffektiviseringsprojekt arbetar. Bilden avser elanvändningen i **bostäder och lokaler** 1987 enligt den statliga **s k ELIN-utredningen** [29], dvs **exklusive** industrin. Totalt åtgick ca 62 TWh för detta bestånd 1987. Som klart framgår är elanvändningen mycket stor i **småhus** (huvudsakligen direktelvärmda småhus) och **lokaler**.

Direktelvärmda småhus svarar här för ca 17 TWh för uppvärmning medan **driftel i lokaler svarar för ca 18 TWh**, dvs dessa sektorer svarar tillsammans för **ca 50 % av den totala elanvändningen** inom bostäder och lokaler. Dessa två områden har under de senaste åren varit **högt prioriterade områden** för olika aktörer på central nivå.

Även elproducenter och eldistributörer har visat stort intresse för dessa frågor såväl i Sverige som utomlands. Erfarenheterna från de amerikanska kraftföretagens verksamhet har i mångt och mycket fått stå modell för de senare svenska aktörernas agerande inom området.



**Figur 2.1** Elanvändningen i svenska byggnader

Regeringen gav för några år sedan genom dåvarande Miljö- och Energidepartementet i uppdrag åt Byggnadsforskningsrådet (BFR) att genomföra ett starkt målinriktat FoUD-program inom området effektiv elanvändning – eleffektiva byggnader.

Här presenterat BFR-projekt avser ett av de största delprojekten i denna satsning, vilket syftar till att genom mycket omfattande mätningar kartlägga och också minska elanvändningen i typiska kontorsfastigheter ägda av fyra av landets största försäkringsbolag, nämligen Folksam, Skandia, Trygg-Hansa/SPP och Wasa.

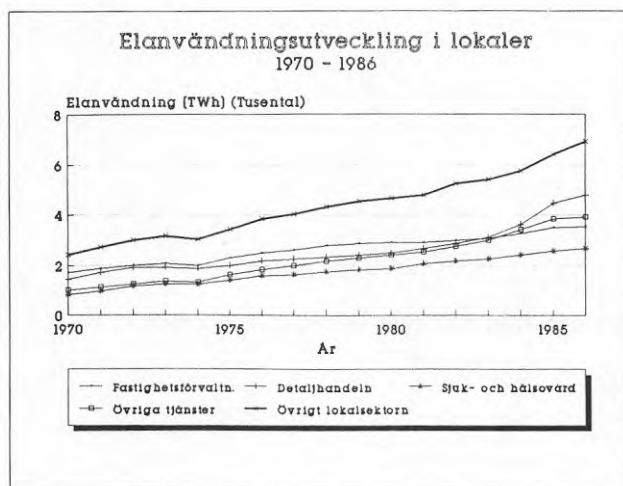
Inom detta delprojekt har Bengt Dahlgren AB, Göteborg ansvarat för all mätdatainsamling med tillhörande utvärdering och analys, datorsimuleringar samt förslag till eleffektiviseringsåtgärder.

Projektet har gått under arbetsnamnet Kontorsprojekt II, vilket i övrigt har samordnats av L-E Sundbom AB, Stockholm. I mitten av 1980-talet genomfördes ett liknande projekt med samma aktörer inom området värmeeffektivisering, som då gick under arbetsnamnet Kontorsprojekt I [25,27].

## 2.2 Elanvändningens utveckling i lokalbeståndet

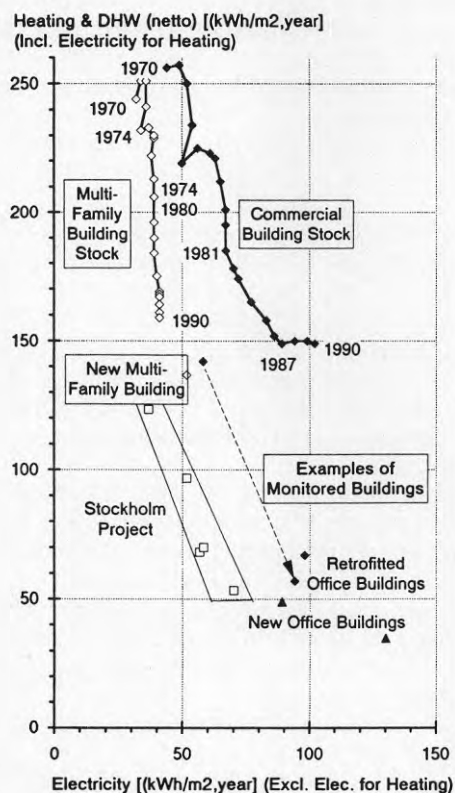
Ökningstakten för lokalsektorn, vilken framgår av **figur 2.2** [30–31], har under perioden 1970–1986 varit i genomsnitt ca 7 %/år och sedan 1982 ca 8 %/år. Ökningstakten för Byggnadsstyrelsen ägda och förvaltade byggnader har dock varit något lägre.

De detaljredovisade elabonmentkategorierna fastighetsförvaltning, detaljhandel, sjuk- och hälsovård samt övriga tjänster är de största inom denna sektor. Under "Övrigt lokalsektor" ligger summan av de andra elabonmentkategorierna.



**Figur 2.2** Elanvändningens utveckling i lokalbeståndet

En samtidig analys av såväl värmeenergi- som elenergianvändningen under 1980-talet ger en bild enligt **figur 2.3** nedan [1,6]. Här har även lagts in några exempel från ett antal nybyggda fastigheter och ett antal mätprojekt, som genomförts under de senaste två åren.



**Figur 2.3** Värme- och elenergianvändningen i lokalbeståndet [6]

Man kan således konstatera att minskningen av värmebehoven i många fall har skett **på bekostnad av** en ökad elanvändning såväl i samband med ombyggnad som vid nybyggnad.

Några faktorer som sannolikt påverkat denna utveckling är:

- o Dålig kunskap om hur elanvändningen ser ut i detta bestånd
- o Byggnormer
- o Kortsiktigt ekonomiskt tänkande
- o Outvecklade kunskaper om systemanalys

### 2.3 Syfte och mål

Syftet med hela projektet är:

- att för ett antal kontorsbyggnader mäta delposter av elanvändningen samt att ange värme- och elanvändningens respektive andel av den totala energianvändningen
- att utifrån ovanstående mätningar föreslå lämpliga åtgärder för eleffektivisering med målet att få dessa genomförda

samt

- att genom mätningar efter åtgärdernas genomförande bestämma åtgärdernas effekt på elanvändningsnivån samt påverkan på fördelningen av värme- och elanvändningens andel av total köpt energi

I denna delrapport redovisas erhållna resultat i huvudsak från all mätdatainsamling med tillhörande utvärdering och analys samt datorsimuleringar **före** åtgärd. Åtgärder genomföres nu i några av de aktuella byggnaderna inom bl a ramen för de med NUTEK slutna ramavtalen. En utvärdering av dessa åtgärder kommer därefter att göras.



### 3 VAL AV OBJEKT

#### 3.1 Allmänt

Byggnadsurvalet har skett i samarbete med berörda försäkringsbolag och Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för Installationsteknik.

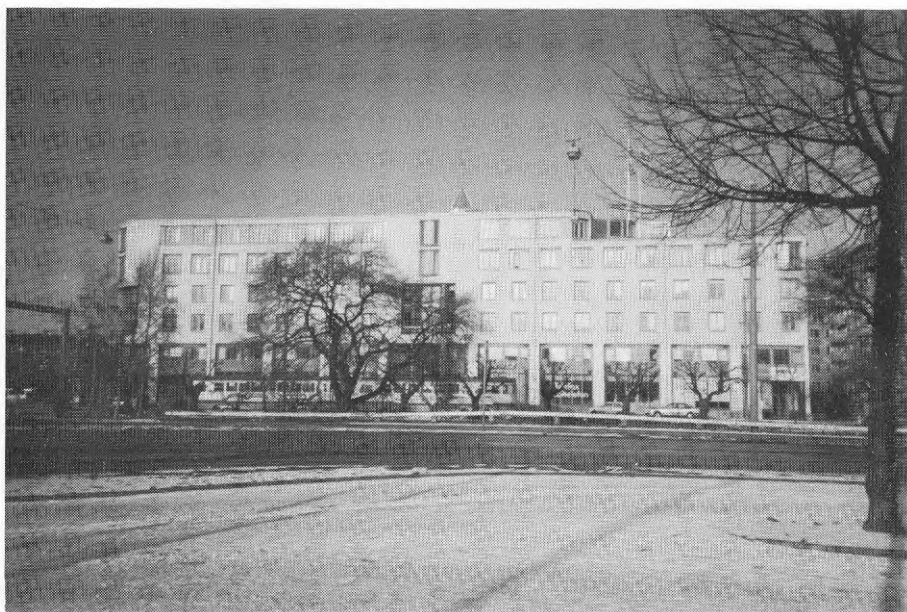
Projektet har genomförts i **fyra kontorsbyggnader** av olika ålder och med delvis olika systemlösningar vad avser de installationstekniska systemen. Även deras användning varierar, varför de erbjuder intressanta möjligheter för att ge exempel på åtgärder och åtgärds kombinationer för rationell elanvändning inom olika delar av den kommersiella byggnadssektorn.



Figur 3.1 Kvarter Kastellholm, Folksam Göteborg



**Figur 3.2** Kvarter Svaneholm, Trygg-Hansa Göteborg



**Figur 3.3** Kvarter Stampen, Wasa Göteborg



Figur 3.4 Kvarter Lagern, Skandia Solna

### 3.2 Kvarter Kastellholm, Folksam

Folksams fastighet Kastellholm 16 [numera Lorensberg 45:16] ligger invid Heden mitt i Göteborg. Huset har 11 våningar varav två ligger under marknivå. De översta åtta våningarna utgörs av kontor medan det i gatuplanet finns resebyråer, kopieringsbyrå, Folksams kundtjänst mm. Våningarna under mark innehåller garage, motionsanläggning, förråd och tekniska utrymmen. Den totala bruksarean är för Kastellholm 16 på 8900 m<sup>2</sup>.

Den bärande stommen är av typ pelardäck med lätta utfacknings- och mellanväggar. Byggnaden är ansluten till fjärrvärmenätet.

Kastellholm 16 byggdes 1957 och i mitten av 80-talet genomgick den en omfattande renovering, både vad avser vvs-installationer och rent byggtekniska åtgärder [25, 27]. På byggsidan var det främst tilläggsisolering av fasad och byte till 3-glasfönster som genomfördes. Värmesystemet fick en upprustning då värmeväxlare, cirkulationspumpar och shuntgrupper byttes ut. Vidare försågs värmestammarna med reglerventiler och hela systemet justerades in på nytt.

Beträffande ventilationssystemet byttes aggregaten ut och försågs samtidigt med roterande värmeväxlare. Tidigare hade inte funnits någon form av återvinning. Byggnaden försågs i samband med ombyggnaden även med en ny kylanläggning av typ fan coils.

Vidare installerades en datoriserad styr-, regler- och övervakningsanläggning för luftbehandlingssystemet.

Bruksarean i Kastellholm fördelar sig på olika verksamheter enligt nedanstående tabell.

<b>Verksamhet/Hyresgäst</b>	<b>Yta [m<sup>2</sup>]</b>
Kontor - Folksam	3700
Kontor - övriga hyresgäster	1070
Resebyråer, Viktväktarna mm	970
Garage	765
Källare (tekn utr, motionshall)	1435
Trapphus	960
<b>Totalt</b>	<b>8900</b>

**Figur 3.5** Sammanställning av areor per verksamhet

### 3.3 Kvarter Svaneholm, Trygg-Hansa

Trygg-Hansas fastighet Svaneholm 9 ligger invid Heden i centrala Göteborg och byggdes 1979. Huset är sammanbyggt på en sida och består av en kontorsdel och en bostadsdel med 9 resp 10 våningar varav en ligger under marknivå och ett vindsplan för ventilationsaggregat. Entréplanet inhyser entré, televäxel, konferensrum, hörsal, matsal, kök samt kundtjänst. Planen 1-6 för kontorsdelen består huvudsakligen av kontorsrum med ett storrums i mitten av varje plan och för bostadsdelen utgörs plan 1-7 av 48 st lägenheter.

Stommen består av platsbyggnadsbetongpelare och plattor samt betongbalkar. Ytterväggar är av utfackningstyp med fasadtegel som ytskikt och 3-glas fönster.

Byggnaden är ansluten till fjärrvärmenätet med separata värmeväxlare, för ventilation, radiatorer respektive tappvarmvatten, i en gemensam undercentral.

Byggnaden är försedd med balanserad ventilation. För kontorsdelen sker värmeåtervinning med återluft medan den för bostäder, kök och matsal sker med roterande värmewäxlare. Kontorsrum och hörsal har central klimatkyla av typ direktexpansion (DX).

Bruksarean i Svaneholm fördelar sig på olika verksamheter enligt nedanstående tabell.

Verksamhet/Hyresgäst	Yta [m <sup>2</sup> ]
Kontor - Trygg-Hansa	7000
Bostäder	4200
Källare (tekniska utrymmen, förråd motionshall, garage mm)	1960 <sup>1</sup>
Vind	960 <sup>1</sup>
<b>Totalt</b>	<b>13910</b>

<sup>1</sup> Ingår ej i officiell area [11.200 m<sup>2</sup>]

**Figur 3.6** Sammanställning av areor per verksamhet



### 3.4 Kvarter Stampen, Wasa

Wasas fastighet Stampen 5:6 ligger invid centralstationen i centrala Göteborg och byggdes 1988. Huset är sammanbyggt på en sida och består av en kontorsdel och en butiksdel med 8 våningar varav två ligger under marknivå. I entréplanet ligger butikerna och de två källarplanen inhyser apparatrum och garage. Planen 2–6 består huvudsakligen av kontorslokaler med hissar och trappor i mitten av varje plan.

Byggnaden består av två huvudkroppar mellan dessa finns två uppvärmda ljusgårdar. För källarplanen består stommen av platsbyggnad i betong. För övriga plan är stommen utförd i stål och förtillverkade bjälklagsplattor.

Uppvärmningssystemet i byggnaden är utfört som ett lågtemperatursystem anpassat för värmepumpsdrift, vilket även är anslutet till fjärrvärmenätet med separata värmeväxlare. Tappvarmvatten beredes centralt i värmesystemet med hjälp av elpatroner.

Byggnaden är försedd med balanserad ventilation med fläktrum i garageplan. Värmeåtervinning av typ vätskekopplade lamellvärmewäxlare. Varje aggregat är försedd med luftkylare, värmare, filter, spjäll, fläkt samt ljuddämpare. Kylan tillföres kontor och butiker via kylbafflar.

Kontors- och butiksdelen har central klimatkyla bestående av två kylmaskiner/värmepumpar samt två ackumulatortankar (ISAC) och en utjämningstank. Vintertid återvinns energi ur frånluften med kylbatterier i frånluftsaggregaten.

I anläggningen finns ett datoriserat styr-, regler- och övervakningssystem.

Bruksarean i Stampen fördelar sig på olika verksamheter enligt nedanstående tabell.

Verksamhet/Hyresgäst	Yta [m <sup>2</sup> ]
Kontor - Wasa m fl	7380
Butiker	1400
Källare (tekniska utrymmen, garage mm)	3155
<b>Totalt</b>	<b>11935</b>

Uthyrbar area är ca 9.100 m<sup>2</sup>

Figur 3.7 Sammanställning av areor per verksamhet



### 3.5 Kvarter Lagern, Skandia

Fastigheten Lagern i Solna som byggdes 1984/85, ägs av Skandia, Folksam och Svenska Fotbollsförbundet men förvaltas av Skandia. Huset är sammanbyggt med västra läktaren av Råsunda fotbollsstadion. Byggnaden består av en låghusdel med 5 våningar varav en ligger under marknivå och en höghusdel med 16 våningar ovan mark. I delarna under läktaren finns bl a lobby, omklädningsrum, samlingsrum och restaurang. För övriga delar finns i det nedre planet huvudentré, undercentraler, förråd medan övriga delar huvudsakligen utgörs av kontorutrymmen.

I kvarteret Lagern lades stor omsorg ner på att skapa en god täthet och därmed minska energiförlusterna på grund av luftläckning genom byggnadens omslutande ytor. Byggnaden är uppbyggd kring platsbyggda hisskroppar med prefabricerade bjälklag. För höghusdelen är kärnan, hisschaktet med pentrydel mm, platsgjuten betong och från mitten av höghuset är byggnaden förstärkt med järnbalk. Höghuset har härdat fasadglas som ytskikt och fönstren är av 3-glas isolerruta med invändiga persienner.

Uppvärmningssystemet i byggnaden är utfört som ett lågtemperatursystem, vilket är anslutet till Solna Energiverks fjärrvärmenätet via värmeväxlare. Tappvarmvatten bereds i värmeväxlare i samma undercentral som värmevättnet. Huvudsystemet för tappvarmvatten är utfört med vvc-pumpcirkulation, i vissa lokalgrupper upprätthålls temperaturen med elkabel eller elektriska varmvattenberedare.

Byggnaden är försedd med balanserad ventilation med fläktrum på taket över låghusdelen respektive översta planet i höghusdelen. För kontorsdelen sker värmeåtervinning med återluft medan den för övriga delar sker med roterande värmeväxlare utom för köket där det är batterivärmeväxlare.

Byggnaden har **ingen central** klimatkyla men tilluftsaggregaten är förbereda för detta. Lokalt utplacerade kylaggregat finns i byggnaden då den är kraftigt datoriserad. I anläggningen finns ett datoriserat styr-, regler- och övervakningssystem.

Bruksarean i Lagern fördelar sig på olika verksamheter enligt nedanstående tabell med höghusdelen särredovisad.

Verksamhet/Hyresgäst	Yta [m <sup>2</sup> ]
Kontor	11100 (4820) <sup>1</sup>
Restaurang	700 (---)
Svenska Fotbollsförbundet	2300 (---)
Tekniska utrymmen, trapphus, hissar mm	2550 (1010)
Gemensamma uthyrningsbara ytor, lager mm	1700 (---)
Ej uthyrningsbara ytor	4430 (---)
<b>Totalt</b>	<b>22780 (5830)</b>

Uthyrbar area är ca 18.350 m<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Höghusdelens yta anges inom parentes

**Figur 3.8** Sammanställning av areor per verksamhet

### 3.6 Sammanfattning

Fastighetsurvalet kan sammanfattas enligt följande:

	Folksam	Trygg-Hansa	Wasa	Skandia
Byggnadsår	1957/84	1979/80	1988	1984/85
Huvudsaklig verksamhet	Kontor Butiker	Kontor Bostäder Restaurang	Kontor Butiker	Kontor Restaurang
Bruksarea, ca [m <sup>2</sup> ]	8900	14000	12000	23000
Byggnads- volym, ca [m <sup>3</sup> ]	23000	30000	46000	79000
Uppvärm- ningssätt	Fjärrvärme	Fjärrvärme	Fjärrvärme	Fjärrvärme
Ventilation	FT med VÅV	FT med VÅV	FT med VÅV	FT med VÅV
Komfortkyla	Indirekt Fan-Coil	Direkt [DX]	Indirekt ISAC	Ingen <sup>1</sup>
Datoriserat styr- och övervak- ningssystem	Landis & Gyr typ Visonik 400	Inget	Landis & Gyr typ Visonik 400	TA typ System 7 Midi

<sup>1</sup> Endast central datorkyla för höghusdelen

**Figur 3.9** Sammanfattande karakteristika för de fyra kontorsbyggnaderna

## 4 ENERGIKARTLÄGGNING

### 4.1 Allmänt

Det främsta syftet med energikartläggningen har varit att skapa **en bild av fördelningen mellan el- och värmeenergi**. Eftersom projektet **främst** handlar om eleffektivisering, har det största arbetet lagts ned på att kunna dela upp elanvändningen i delposter. Denna ökade kunskap om hur energin används inom byggnaderna skall vara sådan att möjligheten till att föreslå lämpliga eleffektiva åtgärder skapas.

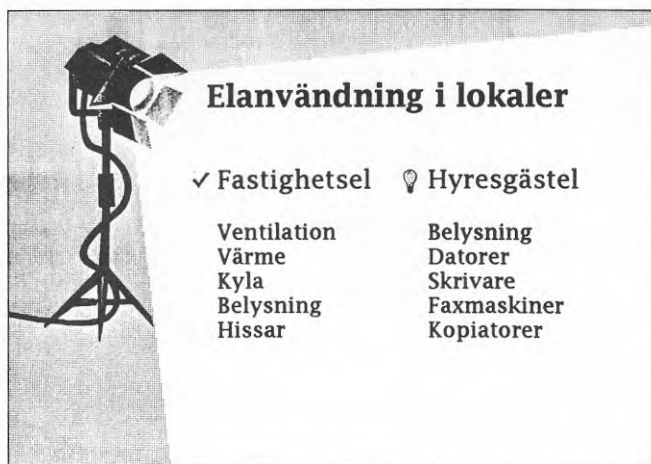
Ett mätprogram, som ger en fullständig information om de ingående delposternas storlek, blir mycket omfattande och därmed tyvärr också mycket resurskrävande.

Projektets målsättning har därför varit att utnyttja ett mätprogram, som med rimliga insatser, ger tillräcklig information för att med uppmätta data som bas kunna göra en säker elbalans samt skapa möjligheter att utvärdera eventuella eleffektiviseringsåtgärder.

För att kunna beskriva fördelningen av el- och värmeenergianvändningen i en kontorslokal bör följande grupper av elanvändare, vilka är av stor betydelse, kartläggas:

- ☼ Belysning
- ☼ Ventilation och kyla
- ☼ Apparater (kontorsmaskiner mm)

Samtidigt bör dock energianvändningen för värme och varmvatten hållas under kontroll.



Figur 4.1 Principiell uppdelning av el i lokaler

Kartläggningen av el- och värmeanvändningen har skett genom bearbetning av **historiska data** från det lokala energiverket och respektive fastighetsägare samt genom **detaljerade mätningar** av elanvändningen i samtliga i studien ingående byggnader.

Byggnadernas **totala eluttag** har därför mätts så att den totala sammanlagringseffekten kan skattas. Vidare har el som används för **drift av fastigheten** respektive el som används av **hyresgästerna**, för deras individuella verksamhet, separerats så långt det har varit praktiskt möjligt. För att kartlägga till vad hyresgästerna använder elen har i varje byggnad ett typiskt kontorsplan eller del därav valts ut för detaljerade mätningar.

När det gäller fastighetselen har den delats upp på den större elkrävande utrustningen för ventilation (de största aggregaten), kylmaskin, pumpar för värme- och kylsystem, hissar etc. Den restpost, vilken blir skillnaden mellan dessa mätningar och totala fastighetselen, har vi försökt minimera eller gjorts så att den består av sådana komponenter, vilka **ej** påverkas så kraftigt av eventuella elbesparande åtgärder.

Då elsystemen vanligtvis ej är uppbyggda för att kunna separera belysning och eluttag, i hela eller i delar av byggnaden, har denna uppdelning gjorts för hyresgästen på det valda kontorsplanet. För det valda kontorsplanet har förutom mätning av totala elanvändningen en uppdelning på olika elanvändare och/eller zoner gjorts.

För att erhålla mätresultat, som kan utvärderas mot olika väderleksförhållanden och arbetsbelastningar, har mätningarna pågått över ett helt år. Genom att värmeenergianvändningen och temperaturnivån i byggnaden hållits under kontroll kan även eventuella förändringar i mixen mellan el- och värmeenergi kontrolleras. Dessutom finns möjlighet till att kunna påvisa elanvändningens eventuella koppling till värmeenergianvändningen samt dess beroende av ändrade driftförhållanden för ventilations- och kylsystem.

Mätprogrammet har anpassats till de ovan angivna aspekterna. Dock har elsystemets uppbyggnad och förekomsten av befintliga elmätare också starkt bidragit till uppläggningsen.

I kommande avsnitt redovisas vilka mätpunkter som valts och vilka delar av respektive byggnad som ingått samt typ av utrustning som utnyttjats.

## 4.2 Mätprogram

Av tidigare avsnitt har framgått att datainsamlingen har bestått av ett antal olika delar, vilka kan sammanfattas enligt följande:

- ⊗ Enklare byggnadsbeskrivningar erhållna genom besiktningar och handlingar
- ⊗ Historiska el- och värmeuppgifter
- ⊗ Mätningar

De två första delarna har legat till grund för val av både fastigheter och mätstrategi. Vad gäller den sist nämnda punkten, kan denna delas in i:

- ⊗ Kontinuerliga
- ⊗ Manuella
- ⊗ Momentana mätningar

De storheter, som **kontinuerligt** har registrerats under projektets gång, är eleffekt, elenergi och temperaturer. Den principiella uppläggningsen av elmätningarna samt vad som kontinuerligt har registrerats i respektive byggnad framgår av kapitel 6.

Mätpunkterna har varierat något mellan de olika byggnaderna, 15 – 30 st, beroende på det befintliga elsystemets uppbyggnad samt typ av elkrävande utrustning.

Genomgående har dock alltid byggnadens totala elanvändning mätts. Den storhet som har mätts på elsidan är **timmedeleffekten** men dessutom har även tiominuterseffekten registrerats under vissa perioder. Detta har gjort det möjligt att dela upp totalanvändningen under hög- respektive låglasttid. Även om tidstariff-taxa inte förekommer i dagsläget för alla byggnader är den på väg att införas för alla.

För alla fyra i projektet ingående byggnaderna har även inomhustemperaturen på utvalt kontorsplan mätts om den inte har kunnat erhållas från det befintliga övervakningssystemet. Dessutom har utomhustemperaturen för aktuella orter kontinuerligt registrerats. Detta tillsammans med att mätperioden har sträckt sig över ett helt år ger möjlighet till att studera de olika effekternas dygns- och årstidsvariation.

De storheter som **manuellt** har registrerats har varit fjärrvärmeanvändningen, vissa elmätare, vattenförbrukningar och driftidsmätare för t ex kylmaskiner. Då det gäller värme har detta gjorts varje månad medan övriga avläsningar har gjorts med något längre tidsperioder.

De storheter som **momentant** har registrerats i de olika byggnaderna varierar mellan byggnaderna beroende bl a på vilka delresultat, som erhållits under projektets gång.

Till de momentana mätningarna hör de som gjordes under en första inventering av hela byggnaden för att kartlägga de största elanvändarna samt även den totalinventering som gjorts av **märkdata** på all elkrävande utrustning på utvalt kontorsplanet. Detta kompletterades med **intervjuer/samtal** med berörd personal med avseende på arbetstider och utnyttjningstider för olika kontorsutrustningar. Som komplement till kontorsinventeringen har mätningar av kontorsutrustningarnas effekter samt rummens CO<sub>2</sub>-halter och ljusförhållanden (belysningsstyrkan) utförts.

Då det gäller luftbehandlingsanläggningen, har luftflöden samt såväl aktivt som reaktivt effektuttag mätts för flertalet ventilationsaggregat.



Uppläggningsen har gjort det möjligt att följa alla byggnader över tiden och därmed erhålla en mycket god bild av hur elanvändningen varierar över såväl dygnet som över året samtidigt som eleffektbehovets variation erhållits både totalt och för olika delposter. Detta har varit möjligt tack vare utnyttjande av modern dataloggerteknik (automatisk uppringning och dataöverföring via telenätet), vilket beskrivs i kommande avsnitt.

### 4.3 Mätinsamlingssystem

För att rationellt kunna följa elanvändningen under en lång period i kontorsbyggnaderna, vilka finns både i Stockholm och Göteborg, krävs en flexibel och tålig mätutrusning, vilken klarar av de på marknaden förekommande givartyperna för pulser, temperaturer, flöden osv. Framför allt krävs stor driftssäkerhet med enkel givaremontering, möjlighet till dataöverföring via telemodem av insamlade mätvärden samt mjukvara för kontroll och enkel bearbetning och presentation av mätdata.

Dessa krav krävde ett mätdatainsamlingssystem, vilket hade testats under lång tid med goda referenser. Mätningarna skulle kunna lagras som timmedelvärden. Dessutom skulle det finnas möjlighet till att under kortare perioder t ex vid funktionskontroll av anläggning, göra intensivmätningar med lagring av t ex tiominutersvärden. Förutom dessa krav, krävdes att leverantören hade goda resurser för support.

Förutom kravet på själva mätdata (loggern) var det viktigt att välja det effektivaste och billigaste mätinsamlingssystemet. Då måste även vägas in möjligheten att kunna analysera och presentera insamlade mätdata. Med ovanstående som utgångspunkt och tidigare erfarenheter av olika system, både egna och andras, gjorde att valet föll på nedanstående system och där mätdata stod i en klass för sig.

Med begreppet mätdatainsamlingssystem avses här hårdvara (givare, logger etc) samt mjukvara (kommunikations-/analysprogram).

Mätdatainsamlingssystemet kan delas in i de tekniska delarna:

- ⊗ Givare
- ⊗ Datalogger
- ⊗ Programvara

#### Givare

De **temperaturgivare** som har använts är av Ni-1000 typ. För att göra det möjligt att mäta den totala elanvändningen kompletterades befintlig **elmätare** i något fall med mätare av typ Cewe Wh 3063 med pulsutgång och strömtransformator. Denna mätare ger en utsignal på 640 pulser per kWh. I övriga fall fanns möjlighet att hämta signaler via impulsomvandlare av typ VAT 50 från Landis & Gyr eller Danubias tariffillsats DANMAX-1. Utsignalerna från tillsatserna, som varierar mellan 600 - 1000 pulser per kWh, går

direkt in i loggern. För övriga elmätningar har genomgående mätare av typ Cewe Wh 3063 med pulsutgång använts, dock har för lägre strömstyrkor använts mätare som ger 10 pulser per kWh.

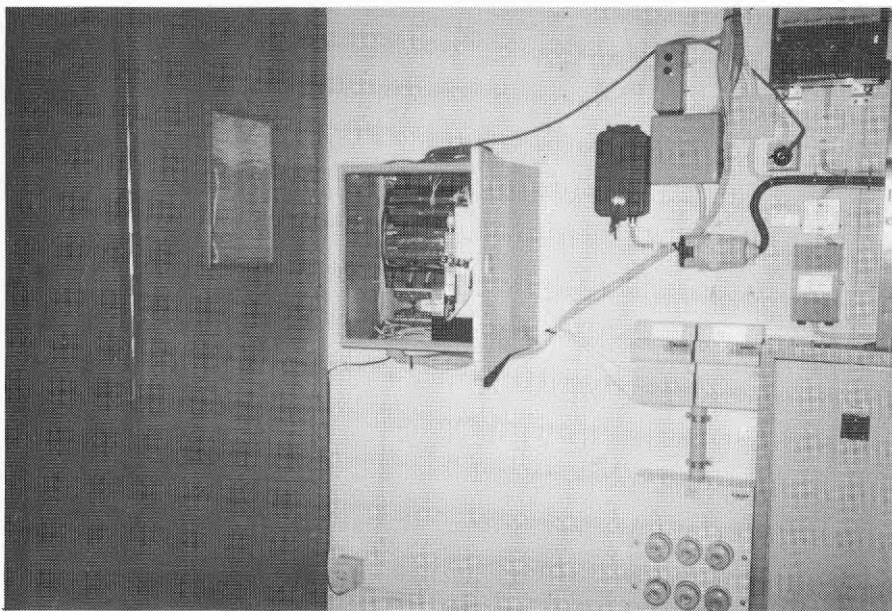
### Datalogger

För insamling av mätdata inom projektet har en logger som funnits på marknaden i drygt tio år använts (USA-tillverkad) och som klarar av alla de på marknaden förekommande typerna av givare. Denna är dessutom mycket robust.

Att systemet var ett sedan en längre tid tillbaka beprövat system i både Australien och USA, kom att visa sig stämma då en i det närmast obefinlig datamängd har förlorats under drygt två år och detta bortfall har huvudsakligen berott på elmätarna. Loggrarna är av typ **Campbell CR10** och tillverkas av Campbell Scientific i USA med CDS Mätteknik i Skara som leverantör i Sverige.

De dataloggrar, som har använts, har samtliga varit av typen CR10 och varit inbyggda i ett elskåp. Förutom själva loggern, med extra interminne av typ EM10 avsett för 30.000 mätdata, innehåller elskåpet två pulsmoduler (SDM-SW8) för att kunna ansluta flera pulsgivare än vad grundutförandet medger, ett batteri med batteriladdare för reservkraftförsörjning samt ett telemodem av typ SELIC 221.

I figur 4.2 nedan visas ett exempel på de elskåp som dataloggrarna och kringutrustning är installerade i.



**Figur 4.2** Mätskåp med datalogger, anslutningsledningar och övrig kringutrustning

Loggrarna är strömförsörjda via var sin batterieliminators, varför mätskåpen är utrustade med ett eluttag för 220 V.

## Programvara

Till ovanstående logger finns ett programpaket, PC208, vilket består av fyra delprogram – ett program (EDLOG) för att ange typ av mätning som skall utföras, ett program för att ange kommunikationssätt o dyl (TERM), ett program för att överföra mätdata från loggern till personator (TELCOM) samt ett för bearbetning av data (SPLIT). Alla program är menystyrda och i det närmaste självinstruerande. Systemet bygger på att mätdata med hjälp av en personator med ett visst tidsintervall hämtas från varje i projektet ingående byggnad via allmänna telenätet.

### 4.4 Bearbetning av data

De mätdata, som har erhållits direkt från dataloggrarna har, efter att ha passerat det till loggrarna hörande programpaketet, överförts till **QUATTRO PRO**, vilket är ett mycket kraftfullt datorprogram av typ spreadsheet. I detta har mätdata enkelt strukturerats upp, vidarebearbetats samt åskådliggjorts i rapport- och diagramform.

Mätdata baserade på manuellt gjorda avläsningar har matats in direkt i grafikprogrammet. Då det gäller fjärrvärmeanvändningen har avlästa värden inmatats i energistatistikprogrammet **SESAM** [34]. Med hjälp av detta programpaket har korrigeringar med hänsyn till utomhustemperatur och avläsningstidpunkt enligt **energisignaturmetoden** på ett enkelt sätt kunnat göras.

Såväl verkliga mätvärden som nyckeltal från andra utredningar har utnyttjats, då någon typ av uppskalning har gjorts. Mätvärden från exempelvis elanvändning för belysning på ett eller ett par plan i en byggnad, har använts för att få fram hela byggnadens elanvändning för belysning. Uppskalningar är i de flesta fall baserade på areorna.

En försvårande omständighet för kartläggningen av elanvändningen har varit svårigheten att bestämma vad vissa enskilda elmätare registrerar för elanvändning. Detta beroende på i vissa fall mindre goda entreprenadhandlingar från husets uppförande.

Ett annat problem har varit den osäkerhet, som råder beträffande vilka mätarkonstanter som gäller för befintliga elmätare.

Problemen och erfarenheterna från mätningarna visar vikten av att man verkligen tar reda på **vad** man mäter, att mätningarna återger vad de är avsedda att mäta och att elsyste-  
men byggs upp logiskt och förbereds för mätningar. Det är också viktigt att **mätresultaten granskas kritiskt**.

## 5 OBJEKTENS TEKNISKA STATUS

### 5.1 Allmänt

Byggnadernas tekniska status med avseende på i första hand installationer, vilka är elkrävande har kartlagts genom inventeringar. Detta tillsammans med uppbyggnaden av elnätet i fastigheten och planlösningen i byggnaden är några av de viktigaste variablerna, som slutligen bestämt uppläggningsen av mätningarna som redovisas i kommande kapitel.

I detta kapitel redovisas **allmänt** elinstallationernas uppbyggnad, verksamhet samt planlösningen för valt kontorsplan, belysningsinstallationer, ventilation och kyla, övriga stora elanvändare samt styr-, regler- och övervakningsystem. Dessutom redovisas mätningarna av CO<sub>2</sub>-halt och belysningsstyrkor (lux).

På det utvalda kontorsplanet har, förutom att elmätare och temperaturgivare installerats, en total inventering av märkeffekt på all elkrävande utrustning genomförts.

När det gäller beräkning av installerad belysningseffekt har 4 W/don för 18 W lysrör, 8 W/don för 36 W lysrör respektive 13 W/don för 58 W lysrör antagits som genomsnittsvärden för **reaktorförlusterna**. Redovisade belysningsmätningar gäller 0.85 m över golv.

I dokument "Klassindelning av luftdistributionssystem – Riktlinjer och specifikationer", kortfattat kallat "Riktlinjerna R2" eller enbart R2 [35, 36] har olika klasser, beroende av hur eleffektivt systemet är, införts med hjälp av **specifikt fläkteffektbehov (SFP= Specific Fan Power)**.

Det allmänna sambandet för bestämning av eleffektbehov för ventilation är enligt följande ekvation:

$$P_{el} = q_{fläkt} \cdot \Delta p_{fläkt} / (\eta_{fläkt} \cdot \eta_{motor} \cdot \eta_{transm}) \quad [W] \quad (1)$$

$q_{fläkt}$  = luftflöde [m<sup>3</sup>/s]

$\Delta p_{fläkt}$  = erforderlig tryckuppsättning [Pa]

$\eta_{fläkt}$  = Verkningsgrad för fläkt

$\eta_{motor}$  = Verkningsgrad för motor

$\eta_{transm}$  = Verkningsgrad för transmission

Utifrån ovanstående ekvation kan denna nya SFP-faktor, Specifikt fläkteffektbehov, härledas och i R2 är den definierad enligt följande ekvation (2):

$$SFP = [ P_{tf} + P_{ff} ] / q_f = \Delta p_{tf} / \eta_{tf} + \Delta p_{ff} / \eta_{ff} \quad [\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})] \quad (2)$$

där

$P_{tf}$  = Total fläkteffekt för tilluftsfläktar  
vid dimensionerande luftflöde [kW]

$P_{ff}$  = Total fläkteffekt för frånluftsfläktar  
vid dimensionerande luftflöde [kW]

$q_f$  = Dimensionerande luftflöde genom byggnaden,  
lämpligen frånluftsflödet [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\Delta p_{tf}$  = Dimensionerande totaltrycksökning över  
tilluftsfläktar [kPa]

$\Delta p_{ff}$  = Dimensionerande totaltrycksökning över  
frånluftsfläktar [kPa]

$\eta_{tf}$  = Tilluftsfläktars totala verkningsgrad  
vid dimensionerande förhållanden (genom-  
snitt för alla fläktar)

$\eta_{ff}$  = Frånluftsfläktars totala verkningsgrad  
vid dimensionerande förhållanden (genom-  
snitt för alla fläktar)

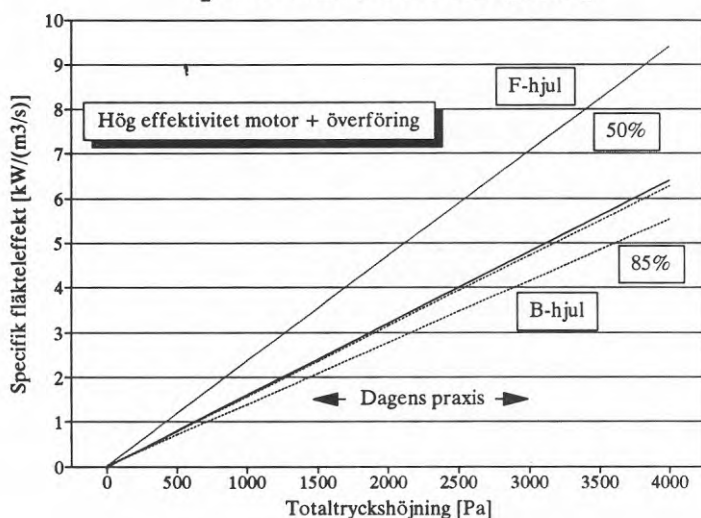
Vidare gäller enligt ekvation (3) att:

$$\left. \begin{aligned} \eta_{tf} &= \eta_{\text{motor}} * \eta_{\text{transm}} * \eta_{\text{fläkt}} \\ \eta_{ff} &= \eta_{\text{motor}} * \eta_{\text{transm}} * \eta_{\text{fläkt}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

I figur 5.1 redovisas den specifika fläkteffekten, beräknad enligt ekvation (2), för ett luftbehandlingssystem som funktion av totaltryckshöjningen för tillufts- och frånluftsfläktarna tillsammans. Kurvorna representerar fläktar med olika verkningsgrad. För radialfläktar med framåtböjda skovlar (F-hjul) gäller enligt VVS-AMA  $\eta_{\text{fläkt}} \geq 50\%$  och motsvarande krav för bakåtböjda skovlar (B-hjul) är att  $\eta_{\text{fläkt}} \geq 75\%$ . Kraven på verkningsgrad i VVS-AMA gäller räknat på fläktens axel, dvs exklusive förluster i remväxel och elmotor. I figuren har fläktarnas verkningsgrader multiplicerats med remväxelns och elmotorns verkningsgrader. I figuren har dessutom markerats vilket kravet är för klassen eleffektivt system.



## Specifik fläkteffekt [SFP]



Figur 5.1 Samband mellan specifik fläkteffekt och tryckupsättning

I de ramavtal, som NUTEK under de två senaste åren slutit med större fastighetsägare (försäkringsbolag, Byggnadsstyrelsen m fl) har krav ställts på att **efter** åtgärd uppnå värden för SFP på **maximalt** 1.5 kW/(m³/s). Detta är ett hårt ställt krav men tekniskt möjligt att uppnå i **vissa speciella fall**, i huvudsak i samband med nybyggnad där hänsyn också kan tas till utformningen av ventilationskanalerna mm för minimering av tryckfallen. För att klara detta med ekonomisk lönsamhet erfordras normalt mycket långa drifttider.

Det bör dock påpekas att man i de amerikanska normerna ASHRAE Standard 90 från 1989 redan ställer krav på elanvändningen i luftbehandlingssystem. Där tillämpar man dock ett något annat godhetstal än ovannämnda SFP, nämligen Air Transport Factor (ATF).

Nämnas bör dock att ATF är beroende på de tre faktorerna **temperaturdifferens mellan inneluften och tilluften, fläktarnas totaltrycksökning** (tryckfallet i luftbehandlingsaggregat och ventilationskanaler) samt **fläktarnas totalverkningsgrad**.

Det bör observeras att även andra definitioner av SFP förekommer då det för vissa komplexa system är ogörligt att strikt följa definitionen. Exempelvis görs beräkningar baserade på tilluftsflödet istället för frånluftsflödet, även medelvärdet av till- och frånluftsflödet förekommer. För ett ventilationssystem i någorlunda balans, spelar valet av luftflöde ingen större roll – **det viktigaste är att man klart anger hur det beräknats!**

Den i detta kapitel redovisade specifika eleffekten för respektive aggregat/fläkt, baseras på projekterade flöden samt motorernas märkeffekter. I kapitel 6 görs motsvarande beräkningar för **hela** luftbehandlingssystemet för kontorslokalerna för såväl märkdata som uppmätta data.



## 5.2 Kvarter Kastellholm, Folksam

### 5.2.1 Elinstallationer allmänt

Kv Kastellholm är en lågspänningsabonnent med Göteborg Energi AB som elleverantör.

För fastighetselen finns ett separat abonnemang med tillhörande mätare. Vidare registreras varje hyresgästs elanvändning via separata mätare (ca 10 st).

De två abonnemang, vilka huvudsakligen berörs i denna rapport är **fastighetselen** samt **Folksams kontor**. Det förstnämnda inkluderar garage, fläktar, kylmaskin, hissar mm medan det sistnämnda abonnemanget förutom kontorslokaler även inkluderar motionslokal samt konferensutrymmen.

Tariffypen för båda dessa är av typ **lågspännings/säkringstariff** (Tariff 570, normaltariff). Huvudsäkringarna är i båda fallen på 200 ampère.

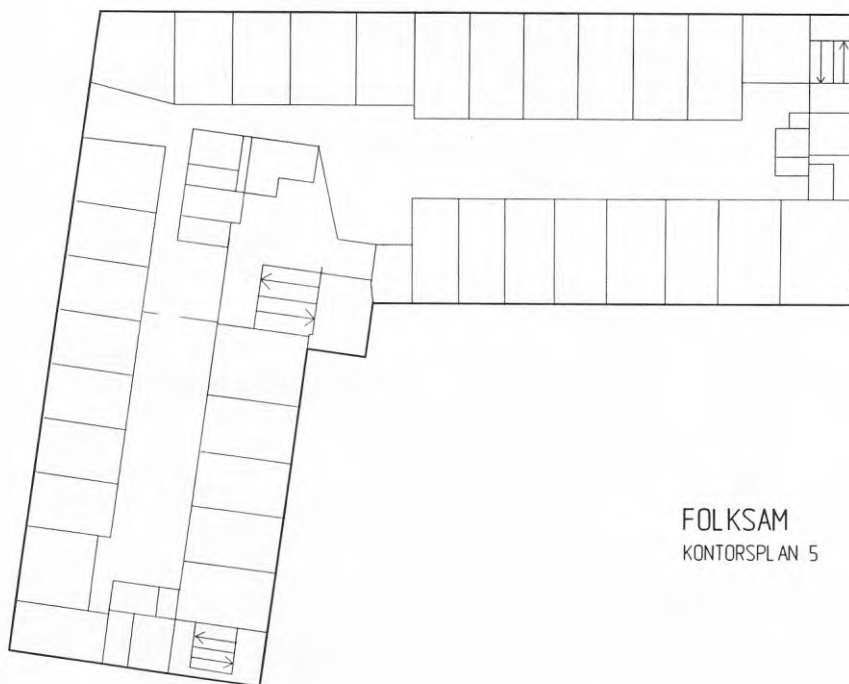
"**Tariff 570, normaltariff**" har en fast abonnemangsavgift som beror av säkringens storlek och en rörlig energiavgift, vilken idag inte är uppdelad på hög- och låglasttid.

### 5.2.2 Verksamhet och planlösning

Följande tabell visar de olika planens totala lokalyta samt vilken verksamhet, som bedrivs där. Dessutom framgår det av **figur 5.3** hur det valda kontorsplan 5 ser ut, vilket är ett **typiskt** kontorsplan i byggnaden.

Plan	Verksamhet/Hyresgäst	Yta [m <sup>2</sup> ]
K2	Motion, förråd, tekniska utrymmen	1100
K1	Garage, tekniska utrymmen	1100
1 - 2	Kontor, resebyråer	2200
3	Kontor och fläktrum 1	700
4 - 6	Kontor	2100
7	Storkontor och fläktrum 2	700
8	Kontor	500
9	Kök, tandläkare, lägenheter och fläktrum 3	500
	<b>Totalt</b>	<b>8900</b>

Figur 5.2 Sammanställning av areor per plan



FOLKSAM  
KONTORSPLAN 5

**Figur 5.3** Typiskt kontorsplan

### 5.2.3 Belysning

Huvuddelen av belysningssystemet i Folksams lokaler utgörs av lysrörsarmaturer med konventionella driftdon. Ålder och typ av armatur skiftar en del mellan olika lokaltyper.

Här redovisas resultaten av inventeringar och mätningar gjorda på kontorsplan 5, valt mätplan, samt resultaten från en speciell energikartläggning gjord på uppdrag direkt av Folksam. Denna energikartläggning [10] omfattade bl a allmänbelysning för lokaler i fastigheten där åtgärder kan vara aktuella på grund av hög specifik belysningseffekt och/eller dålig belysning.

Kontorsplan 5 har en area på totalt 609 m<sup>2</sup> exklusive trapphus, med 31 st kontorsmoduler på ca 12 m<sup>2</sup> vardera. Detta motsvara ca 400 m<sup>2</sup> totalt för kontorsrummen. Korridoren i mitten av planet har en area på 165 m<sup>2</sup> medan resterande area på 44 m<sup>2</sup> utgörs av "fika-utrymme", förråd, WC etc.

För kontorsrummen och korridorerna på respektive kontorsplan finns central tändning och släckning av belysning. Efter det att central tändning gjorts kan varje enskild belysningsarmatur släckas respektive tändas via dragströmbrytare.

Brukare/ Lokaltyp	Belysnings- typ	Specifik effekt [W/m <sup>2</sup> ] <sup>1</sup>	Belysnings- styrka [lux]
Kontors- rum 400 m <sup>2</sup>	Allmänbelysning	14.5	200
	Platsbelysning	2.4	---
	<b>Belysning, totalt</b>	<b>16.9</b>	---
Korridor exkl biut- rymmen 165 m <sup>2</sup>	Allmänbelysning	6.9	120

<sup>1</sup> Inklusiv reaktorförluster

**Figur 5.4** Tak- och platsbelysning på kontorsplan 5

I varje normalstort kontorsrum finns två armaturer om vardera 2\*36 W lysrör. De är nedpendlade och försedda med rutformat bländskydd men saknar reflektorer. Armaturerna försörjes via två separata elskenor i taket. Belysningsstyrkan varierar från rum till rum men ligger omkring 200 lux och når ej upp till det önskade belysningskravet på 300 lux [33]. Arbetsplatsbelysningen utgörs till övervägande del av en 11 W bordslampa men även 60 W förekommer.

Korridoren på 165 m<sup>2</sup> är ytmässigt väl tilltagen och används till entré, fikarum och "arkiv". Den installerade effekten uppgår till 7 W/m<sup>2</sup> och medelbelysningsstyrkan ligger omkring 120 lux. Armaturerna är bestyckade med 1\*36 W lysrör vardera, försedda med bländskydd av lamelltyp och halvrund, perforerad ovsida. De är nedpendlade från elskenor, vilka löper i korridorens längsled.

I nedanstående tabell redovisas hur den specifika belysningseffekten varierar mellan olika typer av lokaler i övriga delar av byggnaden.

Brukare/ Lokaltyp	Specifik effekt [W/m <sup>2</sup> ] <sup>1</sup>	Delarea [m <sup>2</sup> ]	Belysnings- styrka [lux]
Motionslokal	16.5	160	500/200 <sup>2</sup>
Garage	1.8	765	50
Kundtjänst	7.7	125	200
	11.4		
Postavdelning "sortering"	19.0	106	170
Förråd 1	10.4	68	---
Förråd 2	22.6	35	700
Förråd 3	23.5	19	150
Telekundtjänst	14.0	190	---
Fastighetsavd.	14.0	155	---
Viktväktarna	14.0	157	---
Korridorer	7.0	650	120
Cellkontor plan 4,5,6,7 och 8	14.3	1100	200
Cellkontor plan 3 och 8	7.7	460	140
Föreläsningssal plan 6	25.8 (lysrör) 19.5 (glödljus)	100	---

<sup>1</sup> Inklusive reaktorförluster

<sup>2</sup> 200 lux avser mittstråk utan armaturer

Figur 5.5 Sammanställning av installerade specifika belysningseffekter

I **motionslokalen** finns i taket och längs väggarna, monterat lysrörsrännor med 36 W lysrör. Jämnt fördelat på övriga fria takytor finns armaturer monterade dikt tak bestyckade med 2\*36 W lysrör vardera. I **garage** är armaturerna bestyckade med 2\*36 W lysrör vardera och utformade så att de ger ett runtomlysande sken. **Kundtjänst** består av kundmottagning (jfr storkontor) samt ett antal mindre biutrymmen såsom fikarum, korridor med

kopieringsapparater mm. Belysningsystemet är av typ **platsorienterad** allmänbelysning kompletterad med platsbelysning vid arbetsplatserna. Dessutom belyses vissa väggar samt skyltfönstret av spotlights. Allmänbelysningen utgörs av nedpendlade armaturer med 1\*36 W lysrör medan platsbelysningen är av glödljustyp.

**Intern postavdelning** är en lokal för sortering av post. Armaturerna är av typ lysrörslådor monterade dikt tak med gulnat prismaaster av plast. Var och en är bestyckad med 2\*36 W lysrör. I taket finns lanterniner vilka, pga nedsmutsning och tjockt glas, inte förmår tillföra dagsljus i någon nämnvärd omfattning. **Telekundtjänst** har nedpendlade armaturer med bestyckningen 2\*36 W per armatur, vilka installerades 1985.

**Folksams fastighetsavdelning** har under våren 1992 flyttat in i nya lokaler, vilka under mätperioden hade armaturer, som var äldre än 10 år och utgjordes av lysrörslådor med prismaaster.

I de lokaler **Viktväktarna** flyttade in i vid årsskiftet 1991/92 var belysningen äldre än 10 år och utgjordes av lysrörsarmaturer av lådtype med prismaaster.

**Korridorer på plan 3, 4, 5, 6 och 8** har armaturerna som är bestyckade med 1\*36 W lysrör vardera, försedda med bländskydd av lamelltyp och halvrund, perforerad ovsida. De är nedpendlade från elskenor, vilka löper i korridorens längsled.

**Cellkontor plan 4, 5, 6, 7 och 8** har i varje normalstort rum två armaturer om vardera 2\*36 W lysrör. De är nedpendlade och försedda med rutformat bländskydd men saknar reflektorer. Armaturerna försörjes via två separata elskenor i taket.

**Cellkontor plan 3 och del av 8** har idag konventionell, men elsnål, allmänbelysning. I ett normalstort rum för en person är installerat två nedpendlade lysrörsarmaturer bestyckade med 1\*36 W lysrör vardera. Båda armaturerna är försedda med bländskydd av aluminiumlameller och med asymmetrisk reflektor, vilken riktar ljuset inåt rummet. Armaturerna är nedpendlade från två elskenor, vilka löper tvärs rummet.

I **konferensavdelningen** finns installerat allmänbelysning i form av lysrörsarmaturer och spotlights för glödljus. Belysningen installerades i samband med övrig ombyggnad av byggnaden, dvs i mitten av 1980-talet.

#### 5.2.4 Ventilation och kyla

Byggnaden försörjes till största delen av till- och frånluftsaggregat försedda med värmeåtervinning. Systemen är av typ CAV (Constant Air Volume) och återluftskörning förekommer endast på ett par mindre aggregat. I princip har hela byggnaden, utom källarvåningarna, tillgång till kyla.

Byggnaden är ansluten till Göteborg Energis AB fjärrvärmenät. Värme och varmvattenförsörjningen sker via en undercentral placerad i byggnadens källarplan. Anläggningen är utförd som ett tvårörs lågtemperatur radiatorsystem.

**Kontorsvåningarna och entréplanet** försörjes via två stora till- och frånluftsaggregat (TA/FA-701 respektive -901) vilka är försedda med roterande värmeväxlare samt kyl- och värmebatteri. Reglering sker i sekvens för att erhålla **konstant tilluftstemperatur**.

Det finns även ett separat frånluftsaggregat (FA-906), vilket sörjer för evakuering av kontorsvåningarnas mittdel. Luften blåses sedan ner i garaget för att värma detta.

Kontorsvåningarnas kylbehov tillgodoses via fläktluftkylare (FAN-COIL) i varje rum. Kylan produceras vid högre utetemperaturer av en kylmaskin och distribueras via ett system med vatten som köldbärare. Vid lägre utetemperaturer utnyttjas kylbatterierna i TA-701 och TA-901 för att kyla köldbäraren. Det värmeöverskott, som kyles bort från kontoren via fläktluftkylarna förvärmer på så sätt uteluften. Vid detta driftfall stoppar kylmaskinen och de roterande värmeväxlarna, vilka ligger före kylbatteriet i luftriktningen, går ner i varv eller stoppar helt, beroende på utetemperaturen.

Entréplanet kyla produceras av ett antal separata kylaggregat av direktexpansionstyp. Vissa kondensorer är placerade i garaget där värmen nyttiggörs.

De båda aggregaten, TA/FA-701 respektive -901, är även försedda med **nattkylningsfunktion**.

**Garaget** värmes genom frånluft från kontorsvåningarna (via FA-906) och luften evakueras via aggregat FA-K101. En blandningsdel i FA-906 tillgodoser garagets uteluftsbehov. Under **kontorstid** körs FA-906 och FA-K101 på helfart och uteluftsiblandningen ligger på ca 30 %.

Nattetid startar de båda aggregaten på halvfart då garagebelysningen tänds manuellt. Uteluftsandelen är då 100 %.

FA-K101 är försett med ett vätskekopplat återvinningsbatteri och värmen avges till TA-301 (gårdsdel).

I **apparaturum** på plan K1 och K2 hålles **konstant rumstemperatur** via TA-K101. Detta sker genom att förhållandet mellan ute- och återluftsandelen ändras.

**Gårdsdelen på plan 1 och 2** försörjes med tilluft från TA-301. Förvärmning av luften sker via batteriåtervinning från FA-K101. Aggregatet är vidare försett med värmebatteri men saknar kyla. Gårdsdelens frånluftsevakuering är kopplad till ett av kontorsvåningsaggregaten (FA-901). Reglerutrustningen **håller inblåsningstemperaturen konstant**.

**Folksams konferensavdelning** på plan 6 försörjes av ett enhetsaggregat (TA/FA-902) försett med kylbatteri och med återluftskörning ingående i reglersekvensen för värmefallet. **Tilluftstemperaturen är frånluftskompenserad** enligt en i datorn inlagd kurva.

**Motionslokalen** betjänas av TA/FA-302, vilket är ett enhetsaggregat för till och frånluft försett med roterande värmeväxlare och kylbatteri. Utöver inprogrammerad drifttid i dator kan aggregatet köras via 4-timmarstimer placerad i motionslokalen. Systemet reglerar så att **konstant rumstemperatur** erhålles.



**Viktväktarnas lokaler** försörjes via ett tilluftsaggregat (TA-203) samt en separat frånluftsfläkt (E-601). Kontorsdelen försörjes dock via TA/FA-701.

TA-203 är försett med blandningsdel för återluft, återvinningsbatteri (värme från FA-K101) samt kylbatteri. Reglering sker så att **konstant inblåsningstemperatur** erhålles. Start och stopp av TA-203 och E-601 sker manuellt.

**Konferenslokaler** på plan 9 (8 tr) ventileras via TA/FA-903 försett med värmebatteri för **konstant tilluftstemperaturreglering**. Aggregatet startas via timer placerad i konferensvåningen.

**Lägenheter och tandläkarmottagning** på plan 9 är endast försedda med mindre fläktar för frånluft och utan någon form av återvinning.

I nedanstående tabell redovisas en sammanställning av tekniska uppgifter för de större fläktarna i Kastellholm, vilka samtliga har **framåtböjda skovlar**. Vid tvåhastighetsdrift anges i tabellen **helfartsflödet**. Den specifika fläkteffekten baseras på i handlingar uppgivna flöden samt motorernas märkeffekt. Uppmätta effekter redovisas i kapitel 6.

Aggregatbeteckning	Betjäningsområde	Luftflöde [m <sup>3</sup> /s]	Spec fläktel-effekt <sup>2</sup> [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	Fläkt-hjul	Anmärkning
TA-K101	Apparaturum	1.5	1.5	F	Återluft
FA-K101 <sup>1</sup>	Garage	3.1	1.8	F	Batt. ÅV
TA-301	Gårdsdelen	2.2	1.8	F	ÅV FA901
TA/FA-302	Motionslokal	0.8/0.8	5.3	F	Rot VVX
TA/FA-701	Kontor	3.5/2.9	3.4	F	Rot VVX
TA/FA-901	Kontor	3.8/3.5	3.6	F	Rot VVX
TA/FA-902	Konferensrum pl 6	0.8/0.8	4.0	F	Återluft
TA/FA-903	Konferensrum pl 9	0.3/0.2	5.6	F	Ej ÅV
FA-906 <sup>1</sup>	Kontor -> garage	3.1	2.2	F	Överluft

<sup>1</sup> Tvåhastighetsmotorer

<sup>2</sup> Aggregatnivå

Figur 5.6 Sammanställning av data för större fläktar

## CO<sub>2</sub>-halt

I samband med inventeringen uppmättes CO<sub>2</sub>-halten i ett antal utrymmen. Värdena har uppmätts momentant mellan kl 13 och 15. Där flera mätningar genomförts i en och samma lokal anges i tabellen ett medelvärde av dessa.

I ett fall överskrides rekommenderat gränsvärde på 800 ppm [32]. Mätningen skedde under slutet av lunchen då personbelastningen hade varit hög under någon timmes tid. I övrigt uppmättes värden, som i de flesta fall med god marginal underskrider 800 ppm.

Lokal	Uppmätt CO <sub>2</sub> -halt [ppm]	Anmärkning
Garage plan K1	520	
Kundtjänst pl 1 storkontor	580	5 personer
Kundtjänst pl 1 kapprum	690	Nära frånluftsdon
Kundtjänst pl 1 pausrum	830	Lunch, hög belastning
Kundtjänst pl 2 cellkontor	450	1 person
Posten pl 2 "sortering"	470	2 personer
Posten pl 2 pausrum	410	Ingen belastning
Posten pl 2 förråd	520	Ingen belastning
Kontorsvåning cellkontor	500	1 person
Kontorsvåning korridor	480	1 - 4 personer

Figur 5.7 Sammanställning av uppmätta CO<sub>2</sub>-halter

### 5.2.5 Övriga stora elanvändare

Förutom luftbehandlingsanläggningen inklusive centrala kylsystemet finns ett antal mindre enhetsaggregat för klimatkyla för bl a televäxel, kundtjänst och butiker. I butikerna finns också ett antal elradiatorer. I byggnaden finns 2 hissar samt ett välutrustat kök i anslutning till konferensrum plan 9. För att få en uppfattning av vad den elkrävande

kontorsutrustningen, som finns i byggnaden består av har ett kontorsplan valts ut. Detta plan har inventeras på allt som kräver el, med nedan redovisat resultat.

Elkrävande kontorsutrustning	Installerad effekt <sup>1</sup> [kW]	Specifik installerad effekt [W/m <sup>2</sup> ]
Persondatorer med kringutrustning	7.8	12.8
Kopieringsmaskiner, kyl/sval	4.3	7.1
Fan-Coil	4.3	7.1
Övrigt	0.8	1.3
Belysning	9.1	14.9
<b>Total</b>	<b>26.3</b>	<b>43.2</b>

<sup>1</sup> Inventering i februari 1990

**Figur 5.8** Installerad eleffekt på kontorsplan 5 [Mätplan]

Av ovanstående tabell framgår att den totalt installerade effekten för belysning och kontorsutrustning för kontorsplan 5 är 26.3 kW. Denna effekt är fördelat med 16.3 kW i kontorsrum och med 10.0 kW i övriga utrymmen. Härav utgör den installerade belysningseffekten knappt 35 %. Resterande effekt utgörs av kontorsutrustning, enligt **figur 5.8**, vilken även återfinns i ungefär samma omfattning på övriga kontorsplan.

Inventeringen ovan har kompletteras under projektets gång dels på grund av ombyggnad/omflyttning och dels på grund av att bildskärmsterminaler har bytts ut mot PC-datorer.

Vad det gäller ombyggnaden/omflyttningen medförde den att totalt installerad eleffekt minskade till 24.3 kW beroende på ett färre antal bildskärmar och bordsarmaturer. Bytet till PC-datorer medförde däremot en mycket kraftig ökning av den totalt installerade eleffekten på kontorsplanet från 24.3 till 33.4 kW.

#### 5.2.6 Styr, regler och övervakning

Kastellholm försågs vid ombyggnaden 1985 [25, 27] med ett datoriserat system för styrning, reglering och övervakning av främst luftbehandlingsanläggningen. Systemet är av Landis & Gyrs fabrikat typ Visonik 400. Reglerprinciperna för de olika luftbehandlingssystemen har tidigare beskrivits. Förutom ovannämnda funktioner registreras även el-, kallvatten och fjärrvärmeanvändning samt ett antal temperaturer. Förbrukningarna lagras som månadsvärden medan temperaturerna lagras som ett momentant värden en gång per dygn.

### 5.3 Kvarter Svaneholm, Trygg-Hansa

#### 5.3.1 Elinstallationer allmänt

Nuvarande registrering av fastighetens elanvändning sker med en elmätare för både drift- och kontorsel för hela kontorsdelen. För bostadsdelen finns en separat mätare för driftel samt en elmätare för varje lägenhet.

När det gäller abonnemanget för kontorsdelen så benämns den tariffen som "**Effekttariff 583**" och består av en fast-, en abonnemangs-, en högbelastnings- samt en energiavgift, vilken är uppdelad på hög- och låglasttid. Till detta kommer energiskatt samt moms.

För bostadsdelens driftel är abonnemanget en säkringstariff kallad "**Tariff 570, normaltariff**", vilken har en fast abonnemangsavgift som beror av säkringens storlek och en rörlig energiavgift. Alla lägenhetsinnehavarna har denna typ av tariff.

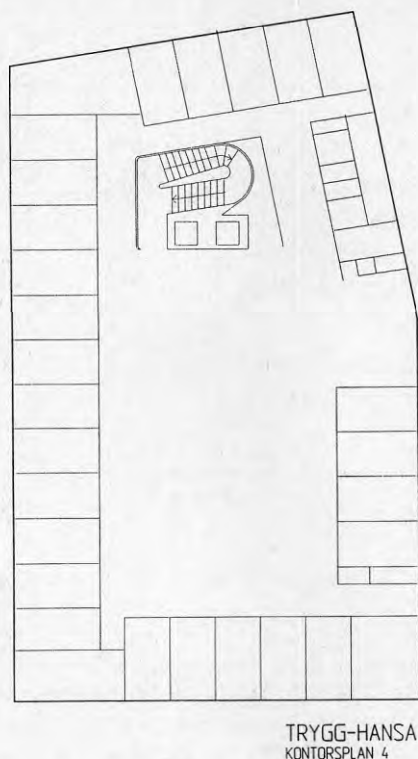
#### 5.3.2 Verksamhet och planlösning

Följande tabell visar de olika planens totala lokalyta samt vilken verksamhet som bedrivs där. Dessutom framgår det av **figur 5.10** hur det valda kontorsplan 4 ser ut, vilket är ett **typiskt** kontorsplan i byggnaden.

Plan	Verksamhet/Hyresgäst	Yta [m <sup>2</sup> ]
K <sup>1</sup>	Motion, förråd, tekniska utrymmen	1960
E	Entré, kontor [400], restaurang, bostäder [400]	1840
1	Kontor	1760
2 - 6	Kontor [3400] och bostäder [3600]	7000
7	Bostäder	600
8 <sup>1</sup>	Vind	750
	<b>Totalt</b>	<b>13910</b>

<sup>1</sup> Ingår ej i officiell area [11.200 m<sup>2</sup>]

**Figur 5.9** Sammanställning av areor per plan



**Figur 5.10** Typiskt kontorsplan

### 5.3.3 Belysning

Huvuddelen av belysningsystemet utgörs av lysrörsarmaturer med konventionella drift-don samt punktbelysningsarmaturer av typ downlights, alla med en ålder på ca 12 år.

Här redovisas resultaten av inventeringar och mätningar gjorda på kontorsplan 4, valt mätplan, samt resultaten från en speciell energikartläggning gjord på uppdrag direkt av Trygg-Hansa/SPP. Denna energikartläggning [16] omfattade bl a allmänbelysning för övriga plan där åtgärder kan bli aktuella på grund av hög specifik belysningseffekt och/eller dålig belysning.

Kontorsplan 4 har en area på totalt 655 m<sup>2</sup> exklusive trapphus, med 27 st kontorsmoduler på ca 9.2 m<sup>2</sup> vardera och ett par större hörnrum. Detta ger 300 m<sup>2</sup> totalt för kontorsrummen. Storummet i mitten av planet har en area på 240 m<sup>2</sup> medan resterande areor utgörs av trapphus, "fikautrymme", förråd, WC etc.

Belysningen inklusive vissa eluttag i kontorsrummen styrs centralt via tidur och följer arbetstiderna. Under icke arbetstid tänds och släcks belysningen på en tryckknappspanel, placerad lokalt i varje plan. En karta över planet visar vilken del av planet som aktiveras med respektive tryckknapp. Detta medför att om strömbrytaren i respektive kontorsrum står i läge "släckt" så tänds aldrig belysningen.

Brukare/ Lokaltyp	Belysnings- typ	Specifik effekt [W/m <sup>2</sup> ] <sup>1</sup>	Belysnings- styrka [lux]
Kontors- rum 300 m <sup>2</sup>	Allmänbelysning	16.5	300
	Platsbelysning	5.6	700
	<b>Belysning, totalt</b>	<b>22.1</b>	---
Storrum exkl biut- rymmen 240 m <sup>2</sup>	Allmänbelysning exkl blom-belys- ning	20.8	100-800

<sup>1</sup> Inklusive reaktorförluster

**Figur 5.11** Tak- och platsbelysning på kontorsplan 4

Ett kontorsrum på 9.2 m<sup>2</sup> har en asymmetrisk lysrörsarmatur med ett 58 W lysrör parallellt med fönstret samt en punktbelysning i taket av typ downlight med 60 W glödljus. Dessutom finns i 50 % av kontorsrummen ytterliggare en nedpendlad punktbelysning av den danske designern Poul Henningsen av typ PH5 på 60 W. De rum, som ej har den nedpendlade punktbelysningen, når ej upp till det önskade belysningskravet på 300 lux [33]. Arbetsplatsbelysningen utgörs till övervägande del av en 60 W bordslampa.

I storrumsrummet på 240 m<sup>2</sup> finns 21 st relativt jämnt fördelade symmetriska lysrörsarmaturer med 2\*58 W och 30 st downlights av samma typ som i kontorsrummen samt ett antal PH5-armaturer.

I nedanstående tabell redovisas hur den specifika belysningseffekten varierar mellan olika typer av lokaler i övriga delar av byggnaden.



Lokaltyp	Specifik effekt [W/m <sup>2</sup> ] <sup>1</sup>	Delarea [m <sup>2</sup> ]	Drift-tider [h/år]	Belysningsstyrka [lux]
Kontorsrum	16.5	2160	2100	160-300
Storrum inkl kundtjänst	20.8	1700	2100	100-800
Korridor	9.9	206	2100	---
Entréhall	16.7	222	>2100	60-100
Matsal	14.8	240	<2100	40-50
Lager,arkiv	36.0	90	2100	---
Trapphus	6.8	332	2100	---
Garage 20 platser	5.5	530	8760	---

<sup>1</sup> Inklusive reaktorförluster

Figur 5.12 Allmänbelysningens specifika effekter i olika lokaler

**Kontorsrummen** (plan 1-6) har idag en medelbelysningsstyrkan på 160-300 lux, dvs kraven i Ljuskulturs riktlinjer och rekommendationer för belysning inomhus [33] uppfylls ej. Dessutom är luminansfördelningen mycket ojämn förutom att bländskyddet/rastret ej är avpassat till dagens krav för bildskärmsarbete o dyl. **Storrummen** (plan 1-6) är bestyckade med samma typ av armaturer på alla plan dvs en installerad effekt på 20.8 W/m<sup>2</sup>. Idag varierar belysningsstyrkan mellan 100-800 lux.

**Kundtjänst** har takbelysning av typ downlights med glödlampor på 60 W samt lysrörsarmaturer på 2\*58 W vardera. **Korridorerna** (plan 1) har takbelysning av typ downlights på 60 W. **Entréhallen** har takbelysning av typen infällda downlights med glödlampor på 60 W. Dessutom finns ett antal spotlights. **Matsalen** har takbelysning av typen infällda downlights med glödlampor på 60 W samt pendelarmatur typ PH5 på 60 W. **Trapphus** har takbelysning av typen infällda downlights samt väggbelysning med glödljus på 60 W. **Garaget** inklusive ramp har lysrörsarmaturer på 2\*58 W vardera som brinner dygnet runt.

#### 5.3.4 Ventilation och kyla

Byggnaden är försedd med balanserad ventilation med fläktrum placerade på vindsvåning. För kontorsdelen sker värmeåtervinning med återluft medan den för bostäder,

motion, kök och matsal sker med roterande värmeväxlare. För tilluftsaggregaten TA1–TA6 [kontorsdelen], finns central klimatkyla av typ direktexpansion (DX) med 16 st kylmaskiner av fabrikat Carrier, typ 38 E placerade på yttertak.

Dessutom finns ett antal enhetsaggregat placerade i garaget för kylning av bl a televäxel och för kylning av datorrum i källaren. För kökskyla (kyldiskar mm) finns 6 st kompressorer, som även dessa är placerade i källarplanet.

Byggnaden är ansluten till Göteborg Energis AB fjärrvärmnät. Undercentralen är placerad i byggnadens källarvåning med separata värmeväxlare för ventilation, radiatorer och varmvatten. Uppvärmning sker i huvudsak med radiatorer och konvektorer försedda med termostatventiler.

Data för de större fläktarna sammanfattas i **figur 5.13** nedan. I de fall där tvåhastighetsdrift förekommer avser tabellvärdet det högre luftflödet. Den specifika fläkteffekten baseras på i drifhandlingar angivna beräknade flöden för tilluftsaggregat samt motorernas märkeffekt.

Alla fläktar har idag **framåtböjda skovlar** och tillsammans har de nedan redovisade aggregaten en installerad märkeffekt på drygt 70 kW, varav kontorsfläktarna TA1/FA1–TA5/FA5 står för ca 60 kW. Mätningar visar dock på att effekten som utnyttjas av TA1/FA1–TA5/FA5 endast ligger på drygt 40 kW, mer om detta i kapitel 6.

Aggregatbeteckning	Betjäningsområde	Luftflöde [m <sup>3</sup> /s]	Spec fläkteffekt <sup>1</sup> [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	Fläkt-hjul	Anmärkning <sup>2</sup>
TA1/FA1	Motion	1.4/1.2	3.7	F	Rot VVX
TA2/FA2	Entré	2.7/2.1	2.9	F	KM1 – KM2
TA3/FA3	Kök, matsal	2.6/1.6	3.3	F	Rot VVX KM3 – KM5
TA4/FA4	Kontor	4.7/4.4	3.5	F	Återluft KM6 – KM9
TA5/FA5	Kontor	6.6/5.7	3.3	F	Återluft KM10 – KM15
TA6/FA6	Hörsal	0.7/0.7	2.1	F	Återluft KM16
TA7/FA7	Bostäder	1.5/2.2	6.0	F	Rot VVX
TA8	Trapphus	0.3	0.9	F	

<sup>1</sup> Aggregatnivå

<sup>2</sup> KM1 – KM16 betecknar kylmaskiner

**Figur 5.13** Sammanfattning av fläktdata för större aggregat

## CO<sub>2</sub>-halt

I samband med inventeringen uppmättes även CO<sub>2</sub>-halten i ett antal utrymmen. Dessa värden, vilka redovisas i nedanstående tabell, är uppmätta **momentant** vid 14-tiden på eftermiddagen. Erfarenhetsmässigt vet man att värdet senare på dagen kan komma att stiga ytterligare. Gränsvärdet för CO<sub>2</sub> ligger på 800 ppm och som synes i tabellen över-skreds detta ej. Vid mättillfället var mer än hälften av personalen på kurs, vilket dock inte gällde för rummet med rökaren, där arbete pågick.

Det bör påpekas att en uppmätning av CO<sub>2</sub>-halten i ett rum ger en relativt god **indikation** på inomhusklimatets kvalitet m a p luftomsättningen.

Kontor Plan 4	Uppmätt CO <sub>2</sub> -halt [ppm]	Anmärkning
Cellkontor	440	Rummet tomt
Cellkontor	510	Rökrum, ej tomt
Storrum	385	Tilluft inblåsning

**Figur 5.14** Sammanställning av uppmätta CO<sub>2</sub>-halter

### 5.3.5 Övriga stora elanvändare

Övrig större elkrävande utrustning värda att nämnas är, förutom det stora datorrummet i källaren, hissar, pumpar samt tvättstugan för bostadsdelen. För att få en uppfattning av vad den elkrävande kontorsutrustning som finns i byggnaden består av, har ett kontors-plan valts ut. Detta plan har inventerats på allt som kräver el och i **figur 5.15** redovisas en sammanställning av resultatet.

Elkrävande kontorsutrustning	Installerad effekt <sup>1</sup> [kW]	Specifik installerad effekt [W/m <sup>2</sup> ]
Persondatorer med kringutrustning	5.8	8.9
Kopieringsmaskiner, telefax	1.8	2.7
Skrivmaskiner, räknare	1.4	2.1
Kaffebryggare, kyl/sval etc	1.5	2.3
Belysning	13.9	21.2
<b>Totalt</b>	<b>24.4</b>	<b>37.2</b>

<sup>1</sup> Inventering februari 1990

**Figur 5.15** Installerad eleffekt på kontorsplan 4 [Mätplan]

Av ovanstående tabell framgår att den totalt installerade effekten för belysning och kontorsutrustning för ett kontorsplan är 24.4 kW. Effekten är fördelad med 13.1 kW i kontorsrum samt med 11.3 kW i övriga utrymmen. Härav utgör den installerade belysningseffekten drygt 55 %. Resterande effekt utgörs av kontorsutrustning, vilken även återfinns i ungefär samma omfattning på övriga kontorsplan.

### 5.3.6 Styr, regler och övervakning

Byggnaden har idag inget datoriserat system för styrning, reglering och övervakning. Denna sker idag med hjälp av konventionell reglerutrustning av fabrikat TA. Denna utrustning är i vissa fall i behov av renovering, bl a beroende på svårigheter att få fram reservdelar och att den ej anses vara tillräcklig för dagens behov.

För uppföljning av mediaanvändningen av el, fjärrvärme och vatten görs manuella månadsavläsningar, vilka sammanställs centralt i Stockholm.

## 5.4 Kvarter Stampen, Wasa

### 5.4.1 Elinstallationer allmänt

För fastighetselen finns ett separat abonnemang med tillhörande mätare. Vidare registreras varje hyresgästs elanvändning via separata mätare (ca 10 st). Alla är lågspänningsabonnemang och har Göteborg Energi AB som elleverantör.

De två abonnemang, vilka berörs i denna rapport, är **fastighetselen** samt **Wasas kontor**.

Tariffypen för båda dessa är av typ **lågspännings/säkringstariff** (Tariff 583 resp tariff 570, normaltariff). Huvudsäkringarna är i det senare fallet på 80 ampère.

"**Effektariff 583**", vilken är uppdelad på hög- och låglasttid, består av en fast-, en abonnemangs-, en högbelastnings- samt en energiavgift.

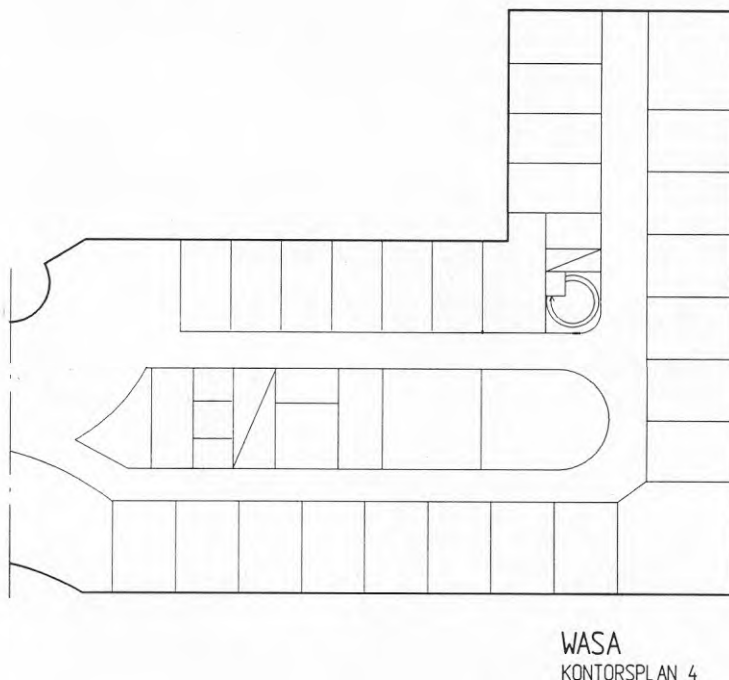
"**Tariff 570, normaltariff**" har en fast abonnemangsavgift som beror av säkringens storlek och en rörlig energiavgift, vilken **ej** är uppdelad på hög- och låglasttid.

### 5.4.2 Verksamhet och planlösning

Följande tabell visar de olika planens totala lokalyta samt vilken typ av verksamhet, som bedrivs där. Dessutom framgår det av **figur 5.17** hur det valda kontorsplan 4 ser ut, vilket är en **typisk** kontorsdel i byggnaden.

Plan	Verksamhet/Hyresgäst	Yta [m <sup>2</sup> ]
1	Garage, tekniska utrymmen mm	3155
3	Butiker, entré	1400
4 - 8	Kontor - Wasa	2880
4 - 8	Kontor - övriga hyresgäster	4500
	<b>Totalt</b>	<b>11935</b>

**Figur 5.16** Sammanställning av areor per plan



**Figur 5.17** Typiskt kontorsplan

### 5.4.3 Belysning

Huvuddelen av belysningssystemet utgörs av lysrörsarmaturer med konventionella driftdon och 36 W lysrör samt punktbelysningsarmaturer, alla med en ålder på ca 4 år. Punktbelysningen består av arbetsplatsbelysning, vilka har effekter på mellan 11 upp till 60 W. Dessutom finns både golv-, vägg- och takarmaturer som punktbelysning, av vilka några har lampor på 300 W.

Till skillnad mot de två tidigare byggnaderna, redovisas för denna byggnaden resultat av inventeringar och mätningar för **enbart** mätplanet.

Mätplanet utgör **en del av kontorsplan 4** med en area på 664 m<sup>2</sup> exklusive trapphus och schakt och med 24 st kontorsmoduler på ca 12 m<sup>2</sup> vardera samt ett par större hörnrum. Detta ger 332 m<sup>2</sup> totalt för kontorsrum och lika stor area utgörs av korridorer, "fikautrymme", förråd, WC etc.

Korridorbelysningen styrs via tidur medan manuell tändning och släckning gäller för kontorsrummen.

I följande tabell redovisas allmän tak- och platsbelysning för den inventerade delen av plan 4.



Brukare/ Lokaltyp	Belysnings- typ	Specifik effekt [W/m <sup>2</sup> ] <sup>1</sup>	Belysnings- styrka [lux]
Kontors- rum 332 m <sup>2</sup>	Allmänbelysning	15.1	350-400
	Platsbelysning	1.9	---
	<b>Belysning, totalt</b>	<b>17.0</b>	---
Övriga utrymmen 332 m <sup>2</sup>	Allmänbelysning	20.1	150-200

<sup>1</sup> Inklusiva reaktorförluster

**Figur 5.18** Tak- och platsbelysning på del av kontorsplan 4

I varje kontorsrum på 12 m<sup>2</sup> finns två armaturer om vardera 2\*36 W lysrör. De är nedpendlade och försedda med bländskydd av lamelltyp och reflektorer. Armaturerna är anslutna med stickpropp i taket. Belysningsstyrkan varierar något mellan rummen men ligger på 350 - 400 lux och når upp till det önskade belysningskravet på 300 lux [5]. Arbetsplatsbelysningen utgörs till övervägande del av en 11 W bordslampa men även 60 W förekommer.

Övriga utrymmen, vilka omfattar korridorer, konferens- och fikarum samt ett antal arbetsplatser, har i genomsnitt en installerad belysningseffekt på 20 W/m<sup>2</sup>. I korridorerna är lysrörsarmaturerna, vilka är bestyckade med 1\*36 W lysrör vardera, infällda i undertaket längs ena väggen. Väggarmaturer med en effekt på 50 W utgör ett komplement.

#### 5.4.4 Ventilation och kyla

Byggnaden är försedd med balanserad ventilation med fläktrum placerade på plan 1.

Samtliga aggregat TA1/FA1-TA5/FA5 samt TA6 är försedda med luftkylare, värmare, filter, spjäll samt ljuddämpare. Tilluften tillföres **kontor och butiker** dragfritt via kylbafflar i taket. Frånluft tas som överluft ut till korridorer/byggnadens inre. Från varje kontorsplan tas överluft ut till ljusgårdarna. Värmedel liksom återvinnings-/kylbatteri utgörs av lamellvärmeväxlare. Fläktarna har **bakåtböjda skovlar** och är **remdrivna**. Endast aggregat TA6 har framåtböjda skovlar.

Separata frånluftssystem med fläkt placerad på taket finns för våtutrymmen. Samtliga dessa är axialfläktar, vilket även fläktarna för hissmaskinrummet, huvudtrapphuset, apparatrummet på plan 2 samt soprummet är.

**Kylanläggningen** består av två kylmaskiner/värmepumpar av typ STAL VDV 228. De två kylmaskinerna är kopplade i serie och har 2 kompressorer per enhet med en total

motoreffekt på 244 kW. Dessutom finns två energiackumulatortankar av ISAC-typ samt en utjämningstank. Kylanläggningen finns placerad i apparatrummet på plan 1. Orsaken till varför två kylmaskiner installerats, var enligt uppgift för att minska systemets sårbarhet. Grundtanken med att utnyttja ISAC energiackumulatörer är att i system med vattenburen kyla och värme tillvarata och fördela värmeöverskott under dygnet och i byggnaden samt att möjliggöra stora kyleffektuttag trots en relativt liten installerad kompressoreffekt. Kylenergin är tänkt att ackumuleras med utnyttjande av billig nattström. Ovan beskrivna anläggning har varken dimensionerats eller fungerat utifrån grundtanken med ISAC energiackumulatörer.

Distribution av kyla sker i två temperaturnivåer dels till rumskylare, dvs sekundärsystemet och dels till ventilationsaggregat, dvs primärsidan. Rumskylan har dimensionerats för en maximal inomhustemperatur på +23 °C vid en utomhustemperatur på + 26 °C. Samtliga tilluftsaggregat är försedda med kylbatterier, dimensionerade för en maximal tillluftstemperatur på + 18 °C. Vintertid återvinns energi ur frånluften med kylbatterier i frånluftsaggregat.

Värmesystemet är utfört som ett **lågtemperatursystem** anpassat för värmepumpsdrift. För kontorsmodulerna är radiatorer placerade under fönstren medan butikerna har konvektorer. Garageplanen värms med ventilationsluften. För att optimera värmepumpsdriften vintertid har ackumulatortanken på 3000 liter installerats.

Dessutom finns ett par enhetsaggregat utplacerade, varav en fläktluftvärmare finns i huvudentrén och en fläktluftkylare finns på VIP-våningen.

Data för de större fläktarna sammanfattas i **figur 5.19** nedan. Den specifika fläktel-effekten baseras på i drifhandlingar angivna beräknade flöden för tilluftsaggregaten samt motorernas märkeffekt. Aktuella drifttider och uppmätta effekter redovisas i kapitel 6.

Alla större fläktar utom en har idag **bakåtböjda skovlar** och tillsammans har de nedan redovisade aggregaten en installerad märkeffekt på drygt 70 kW, varav kontorsfläktarna TA1/FA1–TA5/FA5 står för ca 60 kW.

Aggregat beteckning	Betjäningsområde	Luftflöde [m <sup>3</sup> /s]	Spec fläktel-effekt [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	Fläkt-hjul	Anmärkning
TA1/FA1	Kontor	10.1/9.2	5.1	B	Batt. ÅV
TA2/FA2	Butiker	1.2/1.2	4.8	B	
TA3/FA3	Butiker	1.2/1.2	4.8	B	
TA4/FA4	Garage plan 1	1.4/1.6	3.7	B	
TA5/FA5	Garage plan 2	1.5/1.5	3.4	B	
TA6	Fläkt/apparatrum	0.4	2	F	

**Figur 5.19** Sammanfattning av fläktdata för större aggregat

## CO<sub>2</sub>-halt

I samband med inventeringen uppmättes även CO<sub>2</sub>-halten i ett antal utrymmen. Dessa värden, vilka redovisas i nedanstående tabell, är uppmätta **momentant** vid 11-tiden på förmiddagen. Erfarenhetsmässigt vet man att värdet senare på dagen kan komma att stiga ytterligare. Gränsvärdet för CO<sub>2</sub> ligger på 800 ppm och som synes i tabellen överskreds detta ej.

Kontor Plan 4	Uppmätt CO <sub>2</sub> -halt [ppm]	Anmärkning
Cellkontor	580	
Cellkontor	520	
Cellkontor	600	Rökare, ej tomt
Entré	550	
Korridor	510	

**Figur 5.20** Sammanställning av uppmätta CO<sub>2</sub>-halter

### 5.4.5 Övriga stora elanvändare

Övrig större elkrävande utrustning är, förutom kringutrustning till kyl-, ventilations- och värmesystemet, pumpar och styrutrustning samt elpatroner för tappvarmvatten. Dessutom finns ett mindre datorrum, televäxel, hissar, värmekablar på tak och i garagedfart.

För att få en uppfattning av vad den elkrävande kontorsutrustning som finns i byggnaden består av har ett kontorsplan valts ut. Detta plan har inventeras på allt som kräver el, vars resultat sammanställts nedan.

Elkrävande kontorsutrustning	Installerad effekt <sup>1</sup> [kW]	Specifik installerad effekt [W/m <sup>2</sup> ]
Persondatorer med kringutrustning	8.0	12.0
Kopieringsmaskiner, kaffebryggare	6.9	10.4
Skrivmaskiner, räknare	1.0	1.5
Belysning	12.4	18.7
Övrigt	1.8	2.7
<b>Total</b>	<b>30.1</b>	<b>45.3</b>

<sup>1</sup> Inventering oktober 1990

**Figur 5.21** Installerad eleffekt på del av ett kontorsplan 4 [Mätplan]

Av tabellen framgår att den totalt installerade effekten för belysning och kontorsutrustning för den inventerade delen av kontorsplan 4 är 30.1 kW. Effekten är fördelad på 14.9 kW i kontorsrum respektive 15.2 kW i övriga utrymmen. Härav utgör den installerade belysningseffekten ca 40 % av all installerad eleffekt. Resterande effekt utgörs av kontorsutrustning, som i ungefär samma omfattning även återfinns på övriga kontorsplan.

Inventeringen ovan har kompletteras under projektets gång på grund av omflyttning. Omflyttningen medförde att totalt installerad effekt reducerades med 1.4 kW till 28.7 kW. Detta erhöles genom att bildskärmar byttes till PC-datorer och lokalt utplacerade skrivare.

#### 5.4.6 Styr, regler och övervakning

Byggnaden är försett med ett datoriserat system för styrning, reglering och övervakning av främst luftbehandlingsanläggningen. Systemet är av Landis & Gyrs fabrikat typ Visonik 400S, vilket efter hand byggts ut. Ursprungligen var det av typ Visonik 40. Styrning av kylanläggningen har börjat att läggas in under våren 1992. Tidigare sköttes denna manuellt.

Registrering av el-, kallvatten- och fjärrvärmeanvändning samt kompressorernas gång-tider sker manuellt en gång per månad.

## 5.5 Kvarter Lagern, Skandia

### 5.5.1 Elinstallationer allmänt

Nuvarande registrering av fastighetens elanvändning sker med fyra debiteringsmätare. En elmätare för fastighetens drift, två elmätare för kontorsdrift, en för låghusdel respektive en för höghusdel samt en för restaurangen. Dessutom finns några interna undermätare för lokal datorkyla samt för större datorer. Elleverantör är Solna Energiverk.

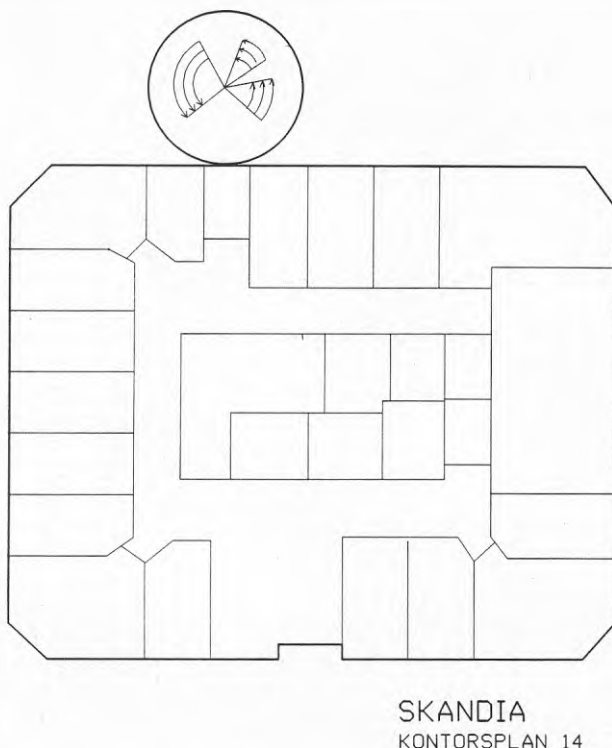
Alla fyra abonnemangen är för lågspänning och benämns "**Säkringstariff**" och består av en fast avgift beroende på säkringens storlek samt energiavgift och moms. Endast restaurangen har taxa nr 141, vilket motsvarar 200 ampère medan övriga har taxa nr 144, vilken gäller för en säkring på 400 ampère. Ingen uppdelning på hög- och låglasttid finns idag.

### 5.5.2 Verksamhet och planlösning

Följande tabell visar de olika planens totala lokalyta samt vilken verksamheter som bedrivs där. Dessutom framgår det av **figur 5.23** hur ett **typiskt** kontorsplan i höghusets kontorsdel ser ut.

Plan	Verksamhet/Hyresgäst	Yta [m <sup>2</sup> ]
1	Finns ej	---
2	Tekniska utrymmen	11680
2 - 5	Omklädningsrum, undercentraler, lågspänningsställverk, kiosker, heders- och pressläktare, radio- och TV-rum, restaurang	
7	Tekniska utrymmen i höghusdel och fläktrum på låghusdelens tak	
17	Hissmaskin- och fläktrum	
3 - 6	Kontor låghusdel	6280
3 - 17	Kontor höghusdel	4820
	<b>Totalt</b>	<b>22780</b>

**Figur 5.22** Sammanställning av areor per plan



**Figur 5.23** Typiskt kontorsplan i höghuset

### 5.5.3 Belysning

Huvuddelen av belysningssystemet utgörs av lysrörsarmaturer med konventionella driftdon kompletterat med punktbelysningsarmaturer, alla med en ålder av ca 7–8 år. Punkt-belysningen består av arbetsplatsbelysning, vilka har effekter på mellan 11 upp till 60 W. Dessutom finns både golv-, vägg- och takarmaturer för punktbelysning samt spotlights.

I likhet med den nyss redovisade fastigheten kvarter Stampen redovisas resultat av inventeringar och mätningar enbart från valt mätplan för denna byggnad.

Mätplanet utgörs av **kontorsplan 14** i höghusdelen av byggnaden, vilket har en area på totalt 356 m<sup>2</sup> exklusive trappa och schakt och med kontorsmoduler på ca 11 m<sup>2</sup> vardera, ett par större hörnrum och ett konferensrum samt reception. Detta motsvarar 263 m<sup>2</sup> och resterande 93 m<sup>2</sup> utgörs av korridorer, "fikautrymme", förråd, WC etc.

Korridorbelysningen styrs via tidur medan manuell tändning och släckning gäller för kontorsrummen.

I följande tabell redovisas allmän tak- och platsbelysning för inventerat kontorsplan 14 i höghusdelen, även kallad "Dallasskrapan".



Brukare/ Lokaltyp	Belysnings- typ	Specifik effekt [W/m <sup>2</sup> ] <sup>1</sup>	Belysnings- styrka [lux]
Kontors- rum 263 m <sup>2</sup>	Allmänbelysning	10.4	320
	Platsbelysning	0.9	---
	Punktbelysning	1.3	---
	<b>Belysning, totalt</b>	<b>12.6</b>	
Övriga utrymmen 93 m <sup>2</sup>	Allmänbelysning	8.1	150-700
	Punktbelysning	2.1	---
	<b>Belysning, totalt</b>	<b>10.2</b>	---

<sup>1</sup> Inklusive reaktorförfluster

Figur 5.24 Tak- och platsbelysning på mätplan

I ett kontorsrum på 11 m<sup>2</sup> finns två nedpendlade armaturer, båda med symmetriska reflektorer och med 1\*36 W lysrör respektive 2\*36 W lysrör. De är nedpendlade och försedda med bländskydd av rutig aluminiumprofil. Belysningsstyrkan varierar något mellan rummen men ligger på drygt 300 lux och når upp till det önskade belysningskravet på 300 lux [33]. Arbetsplatsbelysningen utgörs till övervägande del av en 11 W bordslampa men även 40 W förekommer.

Övriga utrymmen, vilka omfattar pentry, förråd, korridorer, konferens- och fikarum samt receptionsdisk med en arbetsplats har i genomsnitt en installerad belysningseffekt på 10.2 W/m<sup>2</sup>. I korridorerna är lysrörsarmaturerna bestyckade med 1\*36 W lysrör vardera. Även några spotlights förekommer.

#### 5.5.4 Ventilation och kyla

Byggnaden är försedd med balanserad ventilation med fläktrum placerade på plan 7 och plan 17 för låghus- respektive höghusdelen.

Det finns 9 st stora tilluftsaggregat, som förser byggnaden med filtrerad och värmd luft. Aggregaten är försedda med värmeåtervinning via återluft, roterande växlare eller batterivärmeväxlare. Anläggningen har **ingen** befuktning eller **komfortkyla**. Däremot är tilluftsaggregaten **förberedda** för komfortkyla genom installerad blinddel.

Aggregaten TA2/FF2, TA3/FF3, TA8/FF8 och TA9/FF9 förser kontorslokalerna med tempererad tilluft och har återluft som värmeåtervinning. Tillförseln sker genom bakkantsinblåsning och frånluften tas i utrymmen ovan korridortak.

Temperaturreglering sker vånings- och fasadvis medelst rumstermostater, som styr variabelflödesdonen i till- och frånluft parallellt.

Aggregaten TA1/FF1, TA4/FF4, och TA7/FF7 förser utrymmen i källare samt toaletter med konstant tempererad tilluft och har värmeåtervinning genom roterande värmeväxlare. Konstantflödessystem med till och frånluft via don i vägg eller undertak.

Aggregaten TA5/FF5 och TA6/FF6 förser restaurang respektive restaurangköket med konstant tempererad tilluft. Värmeåtervinning sker genom roterande värmeväxlare respektive batterivärmeväxlare. Konstantflödessystem med till- och frånluft via don i undertak. I köket tas frånluften ut via kökskåpor.

TA10 återvinner värme genom en roterande värmeväxlare från FF10, som tar luften från toaletter mm i höghuset.

På takplan 7 finns frånluftsfläktar (FF11–FF15) för toaletter för allmänheten och kontor i låghusdelen.

Dessutom finns ett antal till- och frånluftsfläktar (TF16/FF16–TF19/FF19, FF20) för hiss-maskinrummen, vilka är temperaturreglerade via termostatstyrning av start och stopp av fläktarna. För trapphuset i höghuset finns en speciell fläkt (FF21) för brandventilation. Motsvarande system finns även för loger och mellanliggande korridorer (TF22–TF25 och FF25–FF26).

Värmeanläggningen är utförd som ett 2-rörs lågtemperatur radiatorsystem med anslutning till Solna Kommuns fjärrvärmeverk.

Dessutom finns ett antal luftvärmare, dels en vid lastintag och dels i anslutning till några av tilluftsfläktarna för bl a logerna.

Data för de större fläktarna sammanfattas i **figur 5.25** nedan. Den specifika fläktel-effekten baseras på i drifhandlingar angivet beräknat flöde för tilluftsaggregat samt motorernas märkeffekt. Uppmätta effekter redovisas i kapitel 6.

Alla större fläktar har redan idag **bakåtböjda skovlar** och tillsammans har de nedan redovisade aggregaten en installerad märkeffekt på drygt 105 kW, varav kontorsfläktarna TA2/FF2–TA3/FF3 och TA8/FF8–TA10/FF10 står för drygt 60 kW.

I nedanstående tabell redovisas en sammanställning av tekniska uppgifter för de större fläktarna i kvarter Lagern. Vid tvåhastighetsdrift anges i tabellen **helfartsflödet**.

Aggregatbeteckning	Betjäningsområde	Luftflöde [m³/s]	Spec fläktel-effekt [kW/(m³/s)]	Fläkt-hjul	Anmärkning
TA1/FF1	Styrketräning, WC	1.0/1.4	3.4	B	Rot VVX
TA2/FF2	Kontor lågdel, norr	4.3/3.9	2.2	B	Återluft
TA3/FF3	Kontor lågdel, mitt	6.6/5.8	2.5	B	Återluft
TA4/FF4	Omklädningsrum	3.1/3.1	5.4	B	Rot VVX
TA5/FF5 <sup>1</sup>	Restaurang	4.9/4.6	2.6	B	Rot VVX
TA6/FF6 <sup>1</sup>	Restaurangkök	2.5/2.8	3.0	B	Batt. VVX
TA7/FF7	Källarplan	1.1/1.4	3.2	B	Rot VVX
TA8/FF8	Kontor lågdel, söder	2.2/1.9	3.2	B	Återluft
TA9/FF9	Kontor hög-husdel	10.2/8.9	2.6	B	Återluft
TA10	Förbehandling av luft till TA9	1.3/1.3	2.8	B	Rot VVX
FF10	WC mm i höghus				

<sup>1</sup> Tvåhastighetsmotorer

Figur 5.25 Sammanställning av data för större fläktar

## CO<sub>2</sub>-halt

I samband med inventeringen uppmättes även CO<sub>2</sub>-halten i ett antal utrymmen. Dessa värden, vilka redovisas i nedanstående tabell, är uppmätta **momentant** vid 12-tiden strax före lunch. Erfarenhetsmässigt vet man att värdet senare på dagen kan komma att stiga ytterligare. Gränsvärdet för CO<sub>2</sub> ligger på 800 ppm och som synes i tabellen överskreds detta ej, även om ett rum, vilken en fd rökare tidigare haft kom upp i 750 ppm.

Kontor Plan 14	Uppmätt CO <sub>2</sub> -halt [ppm]	Anmärkning
Cellkontor	560	Ej tomt
Cellkontor	640	Ej tomt – rökare
Cellkontor	750	Fd rökrum – hel- täckningsmatta

Figur 5.26 Sammanställning av uppmätta CO<sub>2</sub>-halter

#### 5.5.5 Övriga stora elanvändare

Övrig större elkrävande utrustning, förutom kringutrustning till ventilations- och värmesystemet av typ pumpar och styrutrustning, är de kylmaskiner som installerats för **datorkyla**. I anslutning till omklädningsrum finns också bastu, elbaserade luftvärmare, datorrum, hissar, värmekablar i tak/golv samt stuprännor.

För att få en uppfattning av vilken elkrävande kontorsutrustning som finns i byggnaden, har ett kontorsplan valts ut. Detta plan har inventeras på allt som kräver el. Nedan redovisas resultatet.

Elkrävande kontorsutrustning	Installerad effekt <sup>1</sup> [kW]	Specifik installerad effekt [W/m <sup>2</sup> ]
Persondatorer, ordbehandlare med kringutrustning	2.3	6.5
Kopierings- maskin, kaffebyggare	2.2	6.2
Skrivmaskiner, räknare	0.2	0.5
Belysning	4.2	11.8
Övrigt	2.6	7.3
<b>Total</b>	<b>11.5</b>	<b>32.3</b>

<sup>1</sup> Inventering juni 1990

Figur 5.27 Installerad eleffekt på kontorsplan 14 [Mätplan]

Av tabellen framgår att den totalt installerade effekten för belysning och kontorsutrustning för kontorsplan 14 i höghusdelen är 11.5 kW och denna effekt fördelar sig på 7.1 kW i kontorsrum respektive 4.4 kW i övriga utrymmen. Härav utgör den installerade belysningseffekten ca 35 %. Resterande effekt utgörs av kontorsutrustning.

Kontorsutrustningen på mätplanet är dock **inte** representativ för övriga kontorsplan i höghuset. Detta beror på att övriga kontorsplan har hyresgäster, vilka är kraftigt datoriserade samt att något plan har varit outhyrt under mätperioden. Det valda kontorsplanet är det enda plan, som varit uthyrt till samma hyresgäst sedan mätstarten hösten 1990.

Den ovan redovisade inventeringen har kontrollerats en gång under projektiden. Resultatet av denna inventering, visade en ökning av totalt installerad eleffekt på 0.5 kW och orsakad av en ny bildskärm samt några nya modem.

#### 5.5.6 Styr, regler och övervakning

Lagern är försett med ett datoriserat system för styrning, reglering och övervakning av främst luftbehandlingsanläggningen. Systemet är av TAs fabrikat typ System 7 Midi, vilket under projektet gång uppdaterats. Registrering av fjärrvärmeanvändning samt temperaturer görs via datorn, medan avläsning av el- och vattenmätare sker manuellt minst en gång per kvartal.

## 5.6 Sammanfattning

Data för de fyra aktuella fastigheterna kan sammanfattas enligt nedan:

	Folksam	Trygg-Hansa	Wasa	Skandia
Typ av elabonnemang	Låg-spänning	Låg-spänning	Låg-spänning	Låg-spänning
Huvudsaklig verksamhet	Kontor Butiker	Kontor Bostäder Restaurang	Kontor Butiker	Kontor Restaurang
Mätplan, [m <sup>2</sup> ]	609	655	664	356
Totalt inst effekt [kW]	26.3	24.4	28.7	11.5
Spec inst effekt [W/m <sup>2</sup> ]	43	37	43.2	32
Tot inst belysning [kW]	9.1	13.9	12.4	4.2
Spec inst effekt [W/m <sup>2</sup> ]	14.9	21.2	18.7	11.8
Spec belysningseffekt i kontorsrum [W/m <sup>2</sup> ]	16.9	22.1	17.0	12.6
Belysningsstyrka [lux]	200	300	350-400	320
Spec. fläkteffekt <sup>1</sup> [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	1.5 - 5.6	0.9 - 6.0	2.0 - 5.1	2.2 - 5.4
CO <sub>2</sub> -halt [ppm]	410 - 830	385 - 510	510 - 600	560 - 750
Ventilation	FT med VÅV	FT med VÅV	FT med VÅV	FT med VÅV
Komfortkyla	Indirekt Fan-Coil	Direkt [DX]	Indirekt ISAC	Ingen <sup>2</sup>
Datoriserat styr- och övervakningssystem	Landis & Gyr typ Visonik 400	Inget	Landis & Gyr typ Visonik 400	TA typ System 7 Midi

<sup>1</sup> Observera att det gäller **ej** hela luftbehandlingssystemet

<sup>2</sup> Endast central **datorkyla** för höghusdelen

**Figur 5.28** Sammanfattning av inventerade och uppmätta karakteristika för kontorsbyggnaderna



Av ovanstående figur framgår att utvalda kontorsplan har en area på mellan 600 – 670 m<sup>2</sup> frånsett Dallaskrapan (Skandia) vars kontorsplan är ungefär hälften så stor. Detta påverkar i viss utsträckning jämförelserna mellan de specifikt installerade effekterna. Detta då korridorer och övriga utrymmen procentuellt sett blir något större i Dallaskrapan och att dessa utrymmen ofta har mindre installerad effekt. Av sammanställningen framgår dock att i denna byggnad är den specifikt installerad belysningseffekten i kontorsrummen betydligt lägre än motsvarande värde i de övriga tre byggnaderna.

Allmänbelysningen i samtliga byggnader, vilken har en belysningsstyrka varierande mellan 200 – 400 lux, får anses vara acceptabel då allmänbelysningen även är kompletterad med arbetslampor.

CO<sub>2</sub>-mätningarna ger vid hand att det endast var i ett fall gränsvärdet på 800 ppm överskeds. Resultatet ger en indikation på att inomhusklimatets kvalitet är relativt god.

Den teoretiskt beräknade specifika fläkteffekterna, vilka redovisas i **figur 5.28**, varierar från cirka 1.0 upp till 6.0 kW/(m<sup>3</sup>/s). Där de lägre värdena gäller för enskilda fläktar eller aggregat medan de högre värdena gäller för större aggregat med ungefärlig balans mellan till- och frånluft. Ovanstående värden kan kan alltså **inte** jämföras med den i inledningskapitlet redovisade definitionen. De ovan redovisade teoretiskt beräknade specifika fläkteffekt indikerar dock på att systemen enligt R2 [36] ej är eleffektiva. Enligt R2 får ett system med SFP-värde över 4.0 kW/(m<sup>3</sup>/s) inte ges VAS-beteckning (**VAS = Ventilation Airconditioning System**; dvs benämningen för luftdistributionssystemets kvalitetsklass).

## 6 ANALYSER

### 6.1 Allmänt

För alla fyra kontorsbyggnaderna har tidigare redovisade mätprinciper i stort sett kunnat följas. I kommande avsnitt redovisas **resultaten från mätningarna för respektive byggnad**.

Inledningsvis redovisas användningen av värme- och elenergi och hur eleffektbehovet fördelar sig över **året**. Hur elenergin fördelar sig på olika slutanvändare för **hela fastigheten** under ett år visas också.

Av de mätningar som gjorts under 1 – 2 år har vi kunnat konstatera att årstidsvariationen på totalnivån har varit måttlig och i de fall skillnader föreligger så är det mellan vinter- respektive sommarhalvåret. Förutom den inledande översiktliga redovisningen på årsbasis kommer därför i fortsättningen **två typiska veckor** att redovisas, varav en vecka från januari/februari representerande **vinterhalvåret** och en vecka från juni/juli representerande **sommarhalvåret**.

För de två äldre byggnaderna har analyserna i första hand baserats på mätdata från år 1990. Medan vid analyserna av de två nyare byggnaderna har 1991 års mätdata legat till grund för analyserna.

Vad som bidrar till **fastighetens användning av driftel** och vad de gjorda mätningarna och analyserna för denna del har givit för resultat följer därefter.

Resultaten av hur hyresgästernas elanvändning, speciellt från mätningarna som utförts på det **utvalda kontorsplanet (mätplan)**, redovisas sedan.

Först några **definitioner** som använts:

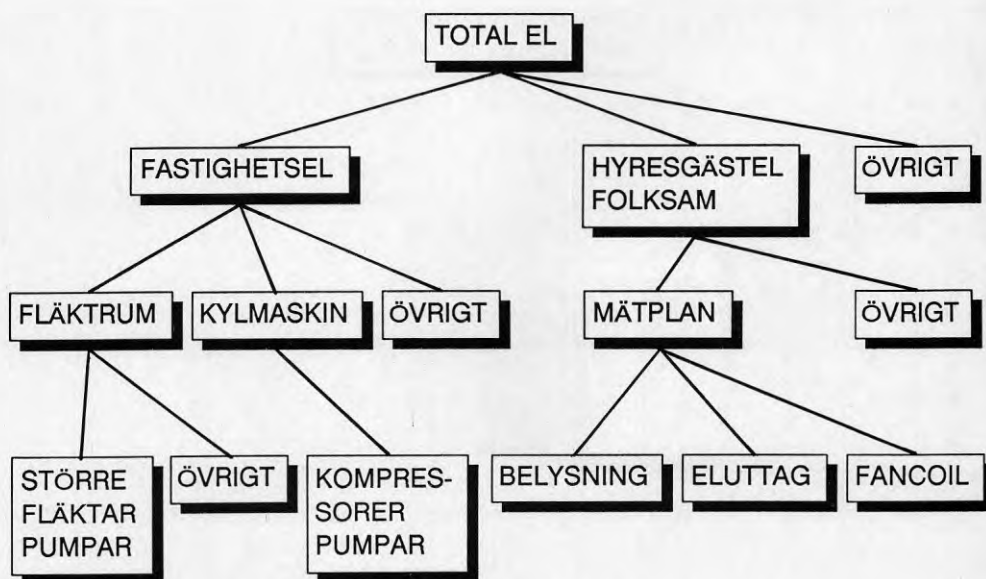
- o **Belastningsfaktorn** (sammanlagringsfaktorn) för mätplanen, utgör kvoten av totala effektuttaget och totalt installerad eleffekt, dvs exklusive hänsyn till sol- och personvärme.
- o **Utnyttjningstid** (genomsnittlig drifttid) för belysningen och hela kontorsplanet, utgör kvoten mellan uppmätt elanvändning och totalt installerad effekt, dvs drifttiden gäller vid **full** effekt.

## 6.2 Kvarter Kastellholm, Folksam

### Hela fastigheten

Kartläggning av energianvändningen har skett genom bearbetning av historiska data från Göteborg Energi AB och med hjälp av fastighetsägarens avläsningar samt de månadsvärden, vilka lagras i det datoriserade övervakningssystemet. För att kunna beskriva fördelningen av el- och värmeenergianvändningen i byggnaden på ett bättre sätt har dessa uppgifter kompletterats med data från detaljerade mätningar av elanvändningen inom projektet.

I nedanstående figur visas schematiskt, vilken uppdelning av elanvändningen som gjorts inom FoU-projektet. Av figuren framgår bl a att elanvändningen som hör till fastighetens drift har mätts separat och att Folksam som hyresgäst har loggats kontinuerligt medan övriga hyresgäster ingår i "övrigt". Av strategiska skäl har vi valt att mer i detalj kartlägga fastighetsel och Folksams kontor. Därmed inte sagt att elanvändningen för övriga hyresgäster (butiker mm) är ointressant – tvärtom finns där nästan generellt lika mycket att hämta.

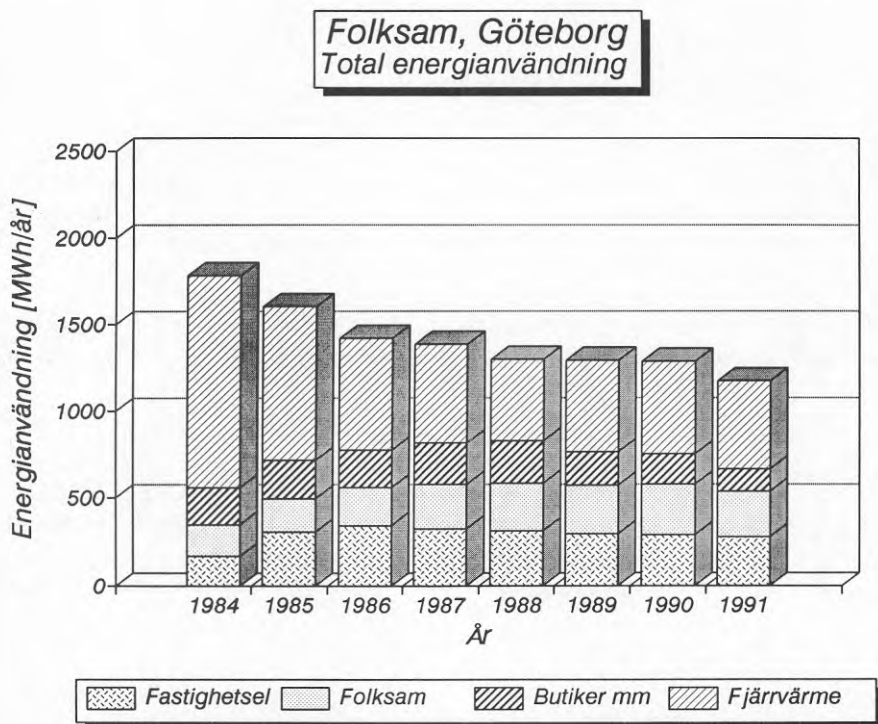


Figur 6.1 Huvudsaklig mätstrategi kv Kastellholm

## Nuvarande energianvändning

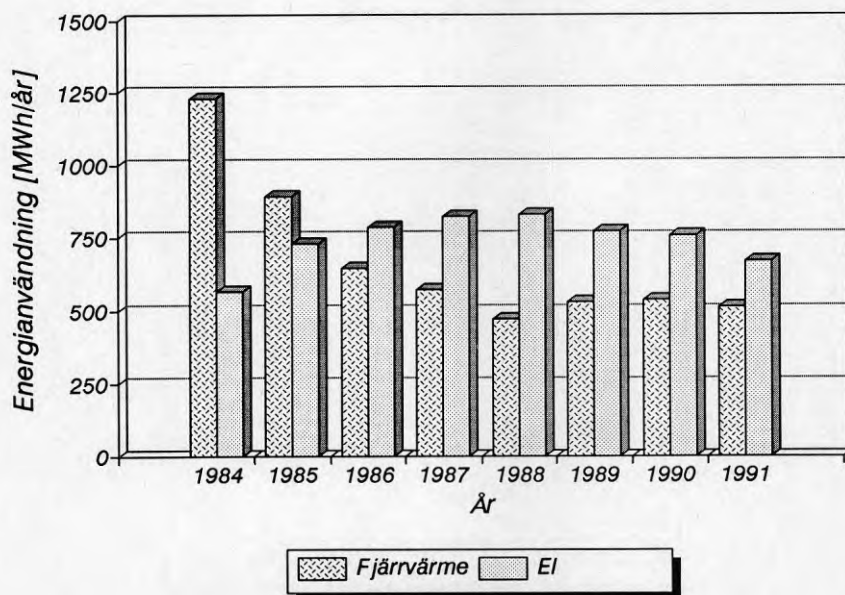
Inte bara elanvändningen har ökat under åren, utan även fjärrvärmeanvändningen har stigit något i jämförelse med 1988 års låga nivå som var ca 470 MWh, vilket framgår av nedanstående diagram. Fjärrvärmeanvändningen är normalårskorrigerad. Att elanvändningen ej fortsatt att stiga de senaste åren beror i hög grad på att en hyresgäst med stor elanvändning, ca 60 MWh/år, flyttade hösten 1989. Sänkningen av värmeenergianvändningen mellan åren 1984 – 1986 beror på den mycket omfattande energiombyggnaden, som då genomfördes [25, 27]. Den 40%-iga besparingen av fjärrvärme skedde dock på bekostnad av ökad elanvändning. Elanvändningen ökade på grund av installation av värmeåtervinning och införande av komfortkyla via ett fan-coilsystem.

I **figur 6.2** framgår hur stor den totala energianvändningen för fastigheten har varit under 1984 – 1991. I **figur 6.3** återfinns sedan ett diagram där en jämförelse av fördelningen mellan el- och fjärrvärmeanvändningsnivån under åren 1984–1991 framgår. **Totalnivån** på energianvändningen har **sjunkit** från drygt 200 kWh/m<sup>2</sup>,år till ca 145 kWh/m<sup>2</sup>,år mellan åren 1984 och 1990. Största omfördelningen mellan el- och fjärrvärmeanvändningen inträffade i samband med den ovan nämnda energiombyggnaden i mitten av 1980-talet.



**Figur 6.2** Sammanställning av total energianvändning 1984 – 1991

**Folksam, Göteborg**  
**Fjärrvärme- och elanvändning 1984-1991**

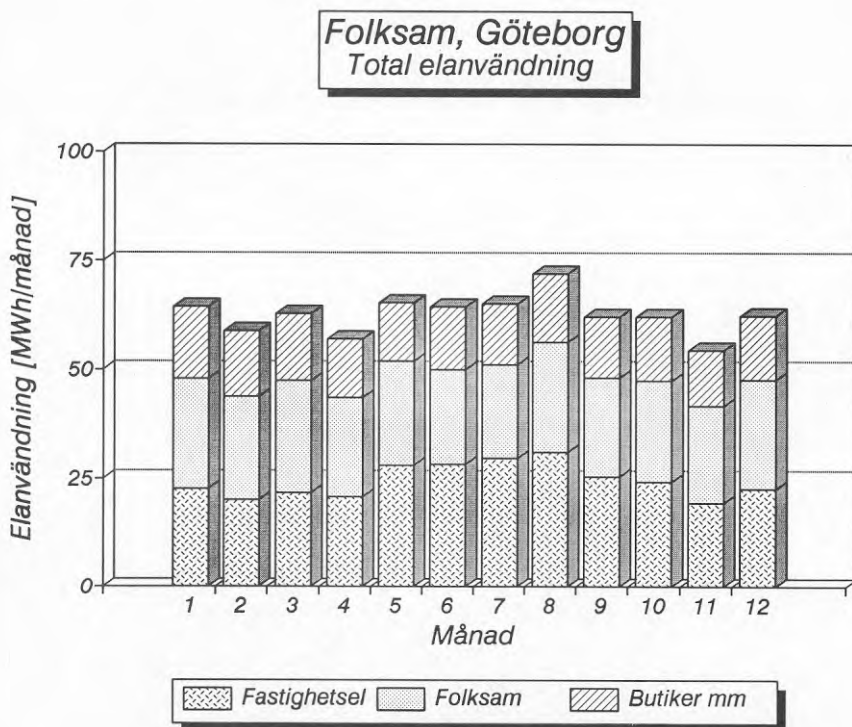


Figur 6.3 Fördelningen mellan fjärrvärme- och elanvändning 1984-1991

Under 1990 användes, efter normalårskorrigerig, **ca 535 MWh fjärrvärme**. Då det gäller användningen av **elenergi**, som denna rapport huvudsakligen behandlar, var den **totala elanvändningen** inom fastigheten under 1990 **ca 750 MWh**.

Av **figur 6.4** framgår elanvändningens fördelning under 1990 uppdelad på månader. Observera att antalet dagar i respektive månad påverkar energianvändningen något.

Höglasttid, i taxesammanhang, innebär ofta måndag-fredag mellan klockan 06 - 22 och att det endast är under vintermånaderna, som man vid debiteringen tar hänsyn till när på dygnet elenergin använts. Elanvändningen under **sk höglasttid**, vilken är knappt hälften av veckans timmar, utgör för den aktuella fastigheten mellan 60 - 65 % av den totala elanvändningen under en vecka.



Figur 6.4 Elanvändningen under 1990 uppdelad på årets månader

Att den totala elanvändningen under augusti är större än för alla övriga månader kan förklaras av att många återvänder från sina semestrar och arbetar inne på kontoret ett tag, innan aktiviteter utanför byggnaden startar upp. Samma mönster har noterats i ett flertal andra kontorsbyggnader, där vi utfört mätningar.

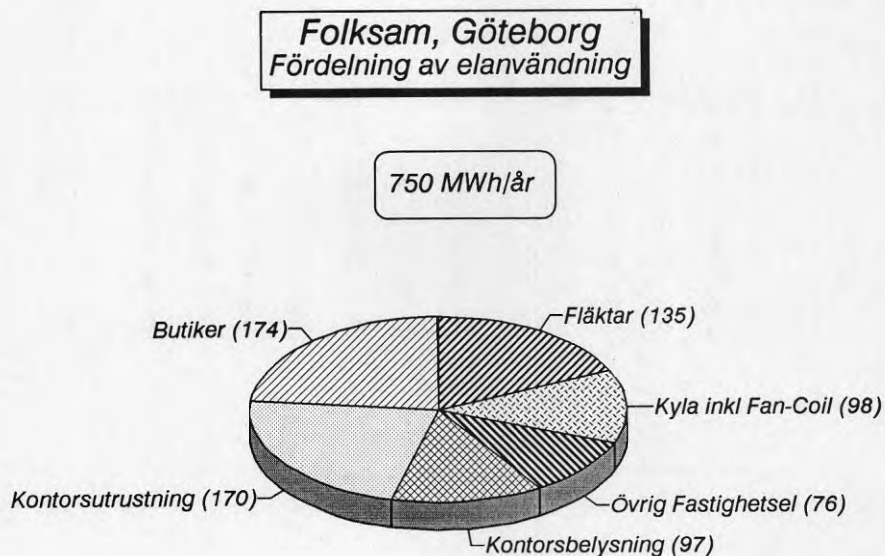
### Elanvändningens fördelning

Fördelningen av den totala elanvändningen inom Kastellholm framgår av cirkeldiagrammet i **figur 6.5**. Av den totala elanvändningen på ca 750 MWh/år för fastigheten svarar **luftbehandlingssystemet**, dvs fläktar och kyla inklusive fan-coil, för ca 31 % eller 233 MWh/år. **Kontorsplanen** svarar för ca 36 % eller 267 MWh/år. Denna el användes för belysning och kontorsutrustning.

När det gäller **butiker mm** svarar de för en elanvändning på ca 23 % eller 174 MWh/år. I rubriken "**Övrig fastighetsel**" ingår trapphus, pumpar, ytterbelysning och hissar, vilka tillsammans motsvarar ca 10 % av den totala elanvändningen eller 76 MWh/år.



El för fastighetsdrift utgör således i storleksordningen ca 310 MWh/år medan verksamheten i kontor och butiker svarar för en elanvändning på ca 440 MWh/år. I relativa tal kräver således drift av fastigheten drygt 40 % av den totala elanvändningen.

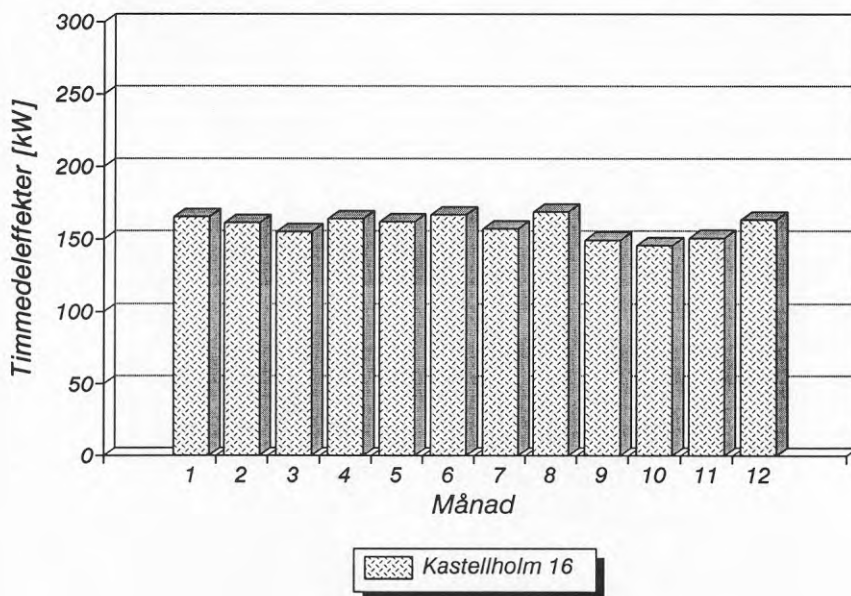


**Figur 6.5** Elanvändningens fördelning på "slutanvändare" 1990

#### Nuvarande eleffektbehov

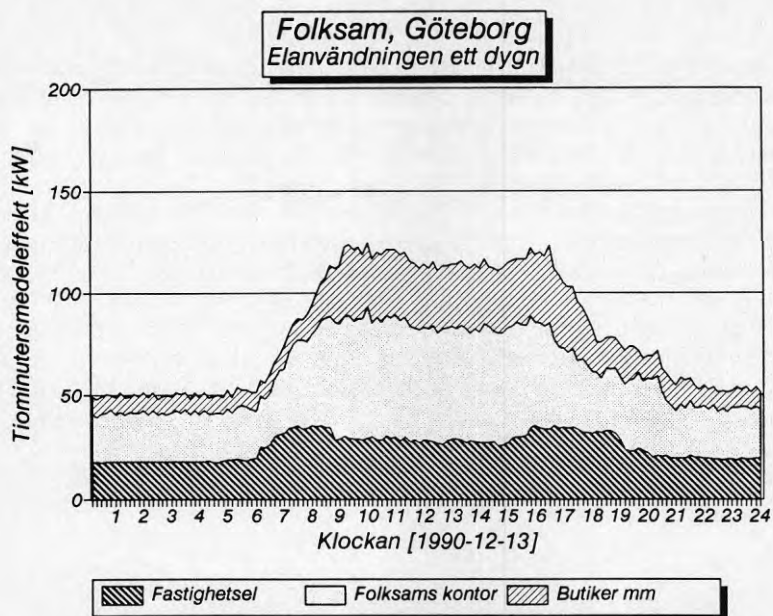
Effektbehovet varierade under 1990 mellan ett minimivärde på 146 kW och ett maximumvärde på 169 kW, dvs en variation på ca  $\pm 7\%$  kring ett medelvärde på 158 kW. Detta framgår av figur 6.6 nedan.

**Folksam, Göteborg**  
**Maximala effekter - Totalt**

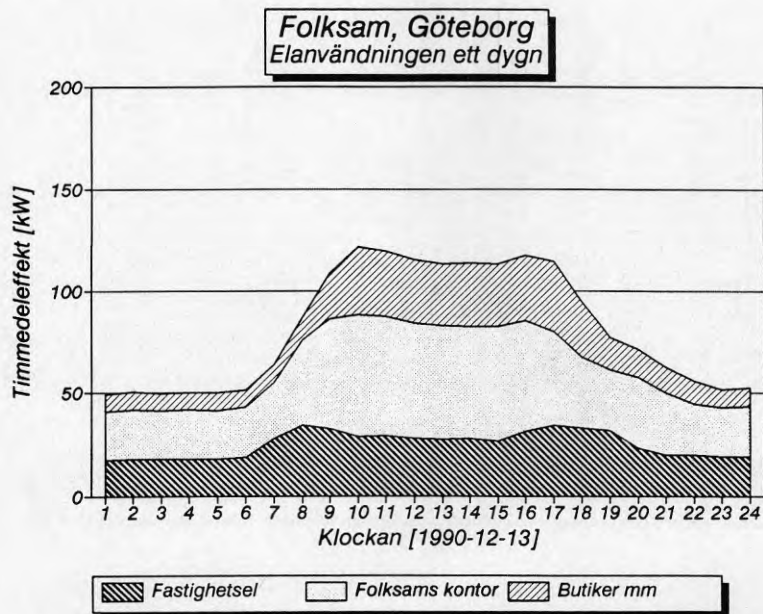


**Figur 6.6** Effektbehov månad för månad gällande 1990

Vid en jämförelse mellan tiominuterseffekter och timmedeleffekter visar det sig att sammanlagringen för hela byggnaden är så stor att registrerade skillnader i maxeffekter är mindre än 2 %. Ett exempel på detta visas i **figur 6.7 - 6.8**. Om man analyserar samma skillnad för ett enskilt kontorsplan erhålls en skillnad av drygt 7 % mellan uppmätta maximala effekter.



**Figur 6.7** Tiominuterseffekter under luciadagen 1990

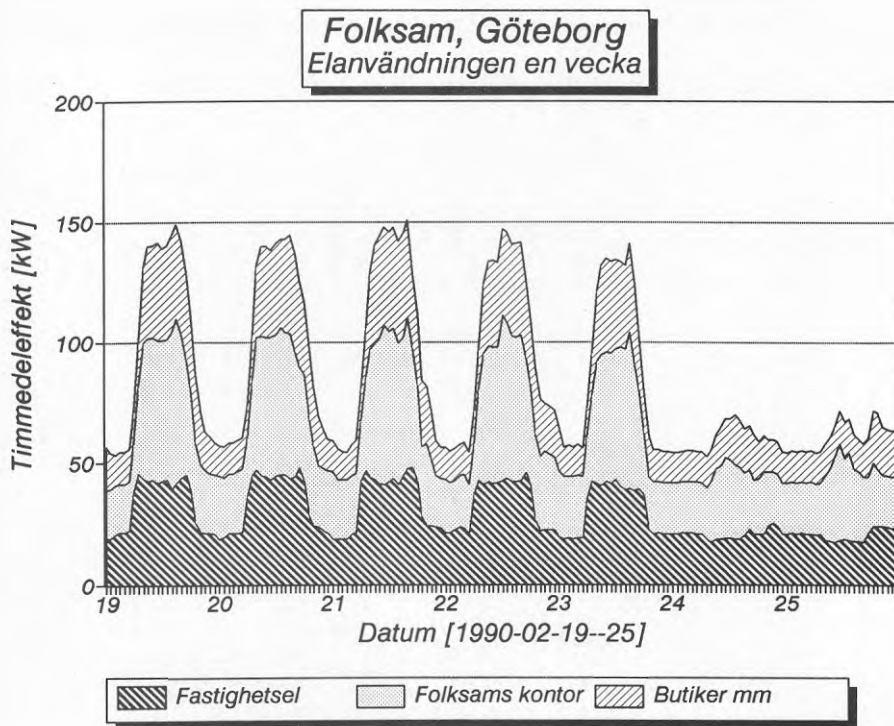


**Figur 6.8** Timmedeleffekter under luciadagen 1990

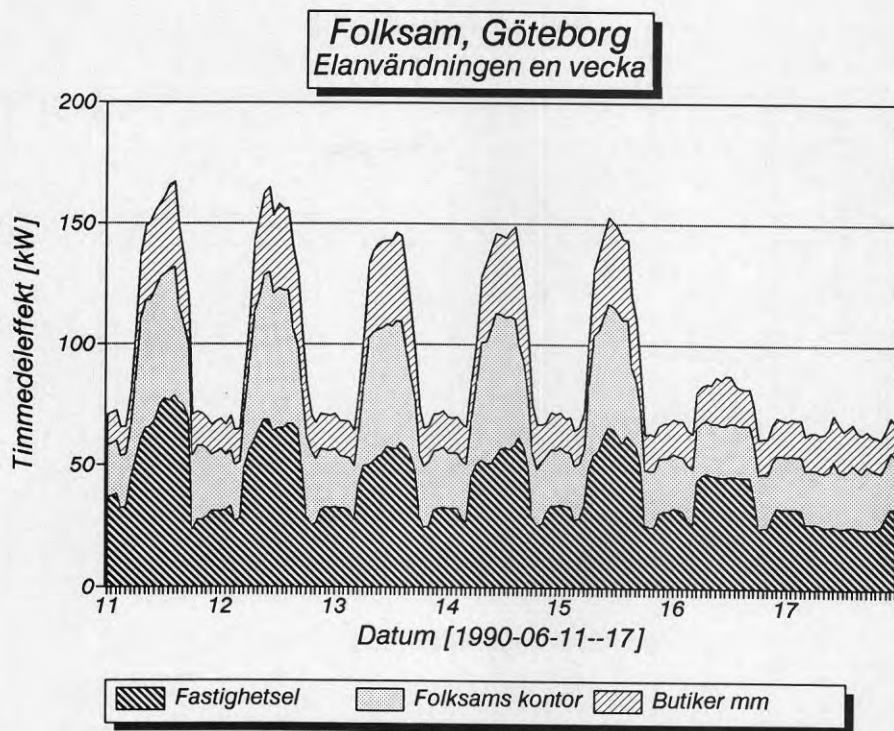
Då årstidsvariationen på totalnivån enligt tidigare varit mycket måttlig, redovisas därför resultat från i första hand två typiska veckor, vinter respektive sommar, **figur 6.9 – 6.10**. Båda dessa figurer ger en översiktlig bild av hur variationen över veckan ser ut och att periodiciteten är stor när det gäller elanvändningen i denna fastighet framgår också.

Totala elanvändningen är 15.9 och 14.7 MWh för vinter- respektive sommarveckan samtidigt som man kan konstatera att uppmätta timmedeleffekten är i samma storleksordning. Det som däremot skiljer mellan veckorna är storleken på baslast samt hur elen används.

Baslasten är ca 55 kW under vinterveckan medan den är ca 70 kW för sommarveckan, varav el till kontorsplanen (Folksams kontor) utgör ca 30 %. Denna ökning förklaras huvudsakligen av att två stora fläktaggregat för kontoret är försedda med nattkylningsfunktion. Dessa aggregat är således i **princip** i drift kontinuerligt under sommaren för att med uteluft kyla ner lokaler och stomme.

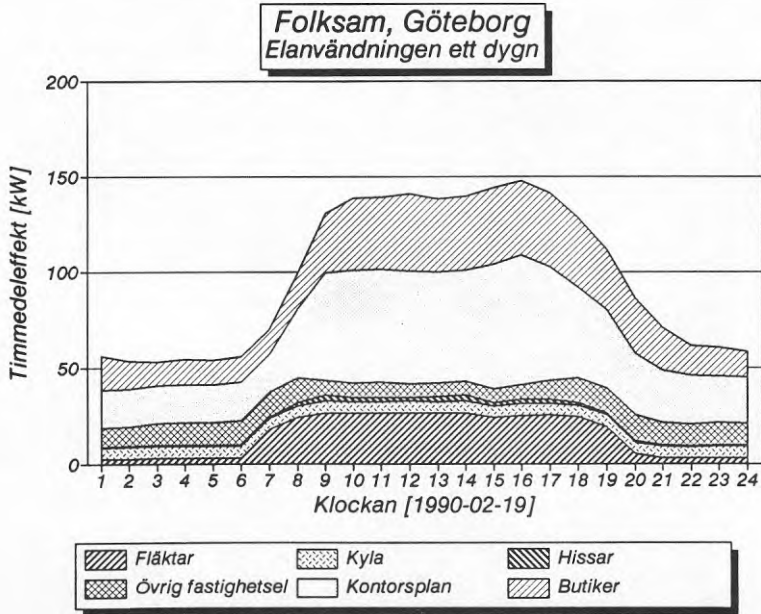


**Figur 6.9** Effektprofilen för en vintervecka 1990

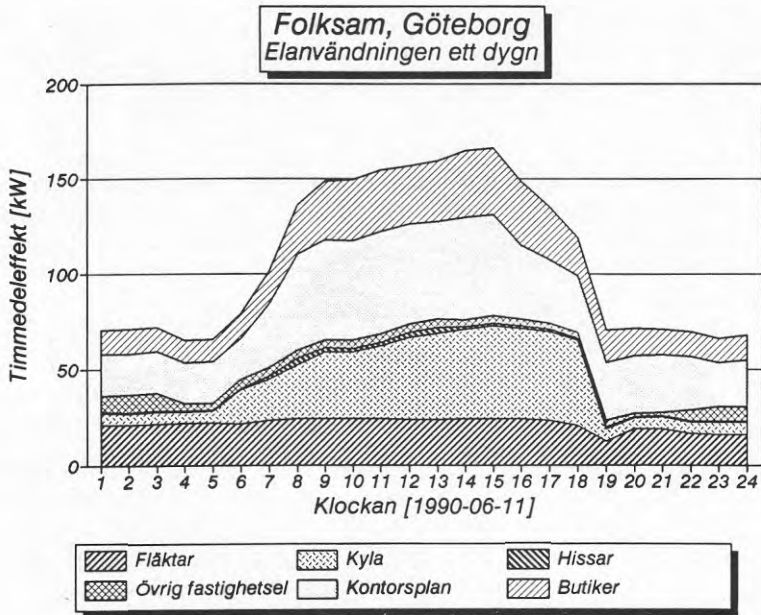


**Figur 6.10** Effektprofilen för en sommarvecka 1990

Övriga delar som effektprofilen är sammansatt av framgår bäst i dygnsdiagram. I **figurerna 6.11 – 6.12** redovisas **måndagsdygnet** i ovanstående veckor. I dessa diagram ser man dessutom att fastighetselen har ett typiskt dygnsförlopp, vilket ges av hård drifttidsstyrning av ventilationen. Förloppet följer både kontorsplanens och butikernas elanvändningsprofil.



Figur 6.11 Effektprofilen för ett vinterdygn 1990



Figur 6.12 Effektprofilen för ett somrardyg 1990



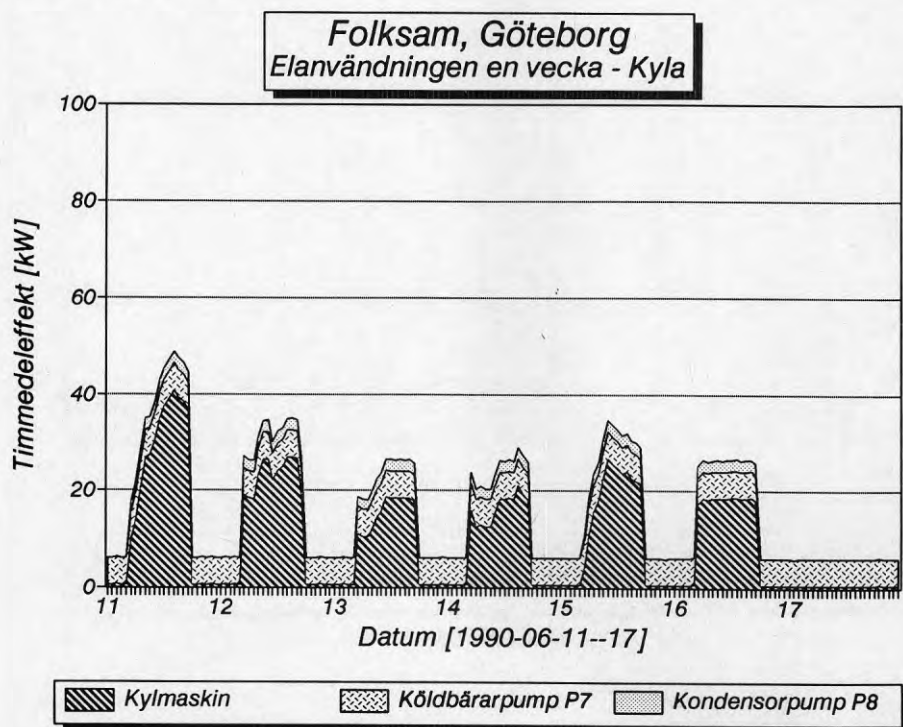
Intressant att notera är att **effekttoppen** i Kastellholm generellt ligger på **eftermiddagen**. Detta gäller ej enbart för ovan valda veckor.

El till kyla, vilken hör till **fastighets driftel**, har kompenserat den minskade elanvändningen på kontorsplanen, huvudsakligen i form av minskad belysning. Man kan också se att viss baslast för kyla ligger inne dygnet runt. Denna utgörs av el för drift av köldbärarpumpen, vilken cirkulerar kallt vatten till det fan-coilsystem som installerades i fastigheten i samband med den tidigare energiombyggnaden.

Denna baslast ligger inne dygnet runt – även vintertid. Under **vintern** är detta ett exempel på onödig elanvändning. Pumpens genomsnittliga uppmätta eleffektbehov är 5.6 kW, vilket ger hela 49.0 MWh i årlig elanvändning.

Här finns möjlighet att minska drifttiden till under 50 % bara genom att stänga pumpen nattetid. Om dessutom pumpen står stilla under de fyra vintermånaderna och man då endast tillser att lämplig motionsdrift erhålles, kan elanvändningen minska **från 49 MWh/år till ca 12 MWh/år**, dvs driftkostnaderna för pumpen kan minskas med 75 % på ett år [10].

I **figur 6.13** visas hur el till kyla används under en sommarvecka. El till fläktarna i fan-coils ligger på hyresgästernas elmätare och ingår således i deras elanvändning, vilken redovisas längre fram i detta avsnitt.

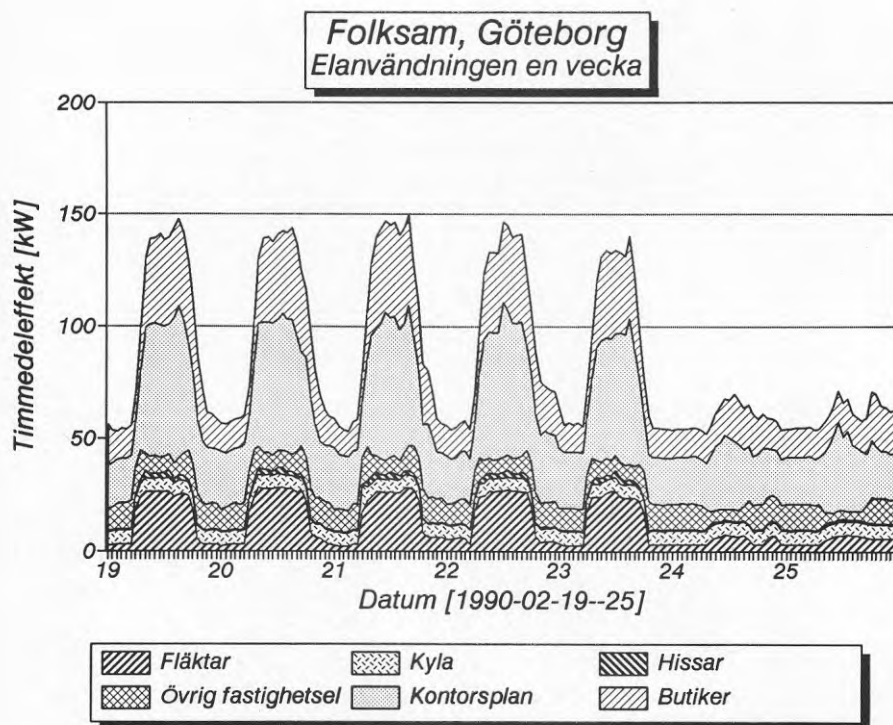


**Figur 6.13** Effektprofilen för kyla en sommarvecka 1990

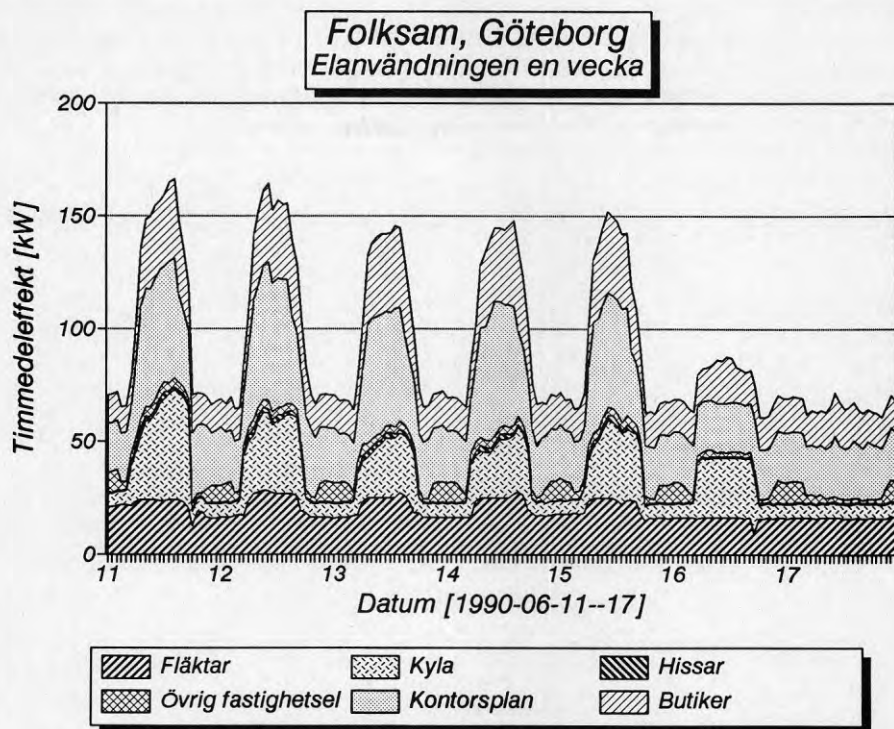
Luftbehandlingssystemen i Kastellholm är av CAV-typ (Constant Air Volume) och någon reglering av luftflödena sker således inte. Där driftfall med reducerat flöde förekommer (nattventilation i garage) är fläktarna försedda med tvåhastighetsmotorer. De stora fläktarna i Kastellholms anläggning är, som tidigare nämnts, samtliga försedda med framåtböjda skovlar (F-hjul).

I figurerna 6.14 – 6.15 med effektprofilen uppdelad på större delposter, framgår att fläktarna är i drift dygnet runt sommartid. Det framgår också att man i vinterfallet tillämpar en utpräglad drifttidsstyrning i denna byggnad.

Av nedanstående figurer framgår att fastighetens baslast utgörs av fläktar, kyla (köldbärarpump), hissar och övrigt (pumpar, skyltbelysning mm). Köldbärarpumpen "ligger inne" kontinuerligt även om kylmaskinen ej är i drift. I figur 6.15 ser man hur kylan "växer" fram under dagen, samtidigt som ventilationen körs dygnet runt för nattkylning av stommen.



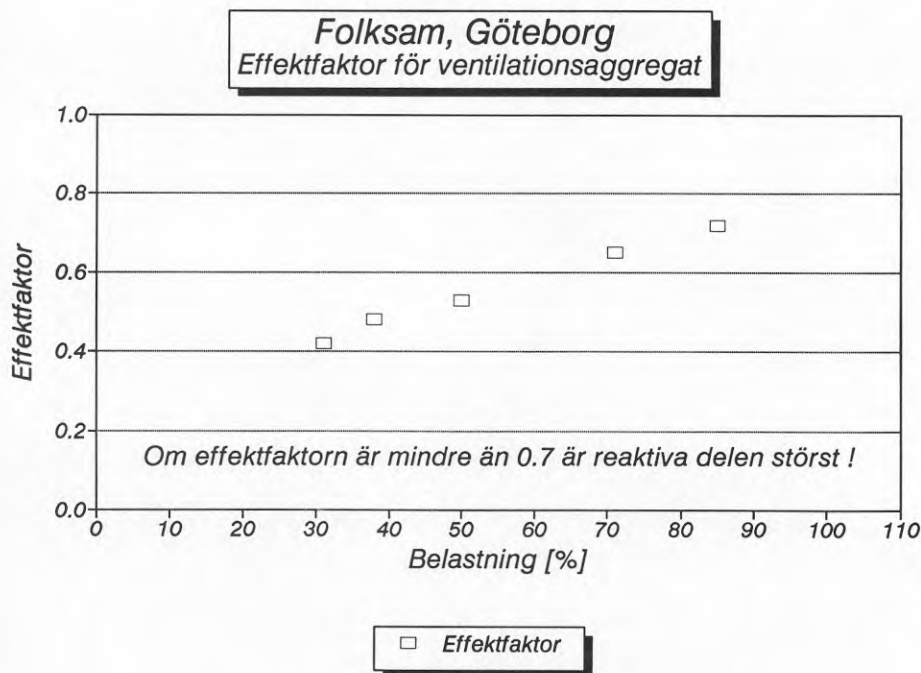
Figur 6.14 Effektprofilen uppdelad på större delposter för en vintervecka 1990



**Figur 6.15** Effektprofilen uppdelad på större delposter för en sommarvecka 1990

I byggnaden finns sju större fläktmotorer (2.2 – 7.5 kW). För fem av dem är effektbehov och effektfaktor  $\cos \phi$  uppmätt momentant under drift. I **figur 6.16** visas för dessa motorer sambandet mellan effektfaktor och belastning. Belastningen definieras här som kvoten mellan momentant uppmätt effekt och märkeffekt.

Hälften av motorerna ligger på en belastning som är ca 50 % eller mindre av märkeffekten och följaktligen har de lågt  $\cos \phi$ . Detta är en förklaring till att baslasten pga av kontinuerlig drift av fläktar endast ökar med 15 kW och inte med 24 kW som är märkeffekten för de aktuella fläktarna, vilka sommartid är i drift även nattetid.



**Figur 6.16** Effektfaktor  $\cos \phi$  vid olika motorbelastningar

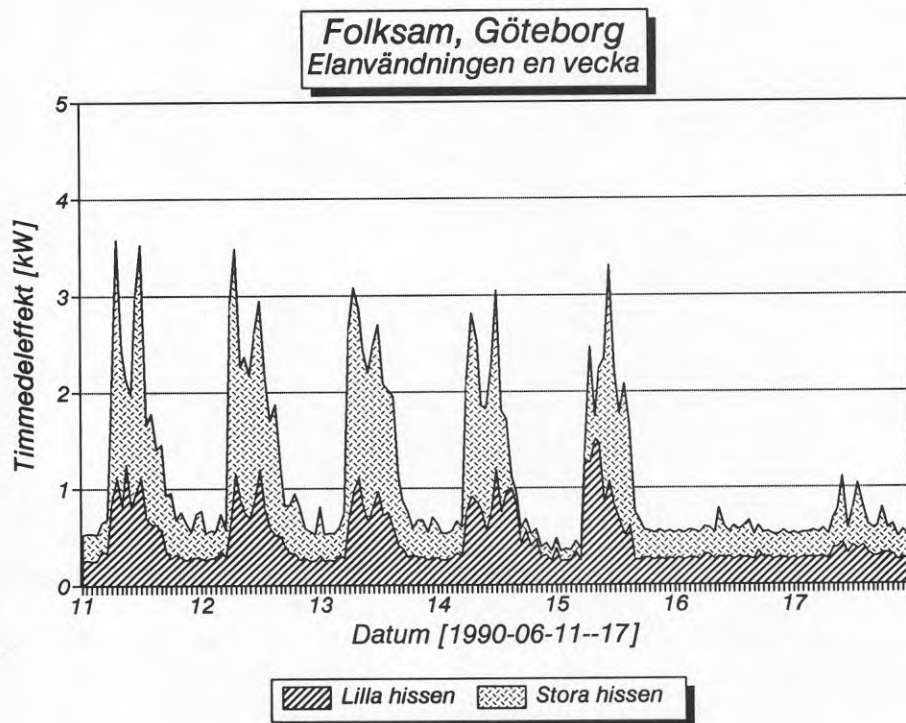
Den specifika fläkteffekten, för den del av ventilationsanläggningen som omfattar kontorsrummen, redovisas i **figur 6.17**. Beräkningen är gjord med både märkdata och uppmätta data för fläktmotorernas effekter. När det gäller flödet för aktuella fläktar är det 34200 m<sup>3</sup>/h på tilluftssidan respektive 33900 m<sup>3</sup>/h på frånluftssidan. Dessa flöden är uppmätta och kontrollerade ett antal gånger under de gångna åren efter den stora energiombyggnaden. Dessa flöden avviker väldigt lite från projekterade flöden. Den i figuren nedan beräknade SFP-faktorn baseras på **tilluftsflo**det.

Aggregat- beteck- ning	Betjänings- område	Luftflöde Till/från	Specifik fläktel- effekt	Specifik fläktel- effekt
		Projekterat och uppmätt	Märkdata	Uppmätt
		[m <sup>3</sup> /s]	[kW/(m <sup>3</sup> /s)]	[kW/(m <sup>3</sup> /s)]
TA-301	Gårdsdelen	9.5/9.4	3.7	2.2
TA/FA-701	Kontor			
TA/FA-901	Kontor			
FA-906	Kontor -> garage			

Figur 6.17 Specifik fläkteffekt för kontorsfläktar

Till hyresgästernas elanvändning hör posterna **kontorsbelysning**, **kontorsutrustning** och **butiker**. I nedanstående redovisning berörs dock endast de två förstnämnda posterna. Dessa omfattar de kontorsplan, som hyresgästen Folksams Försäkringsrörelse hyr. Framför allt koncentreras redovisningen till kontorsplan 5, där totala elanvändningen samt delar av den mätts separat.

Inledningsvis redovisas dock mätningarna av elanvändningen för de två hissarna för persontransport, **figur 6.18**, vilka ingår i fastighetens driftsel. Resultatet visar på ett enkelt sätt hur aktiviteten varierar i byggnaden under en vecka. I genomsnitt ligger hissarnas elanvändning på knappt 200 kWh/vecka eller ca 10 MWh/år. Samman nivå på elanvändningen för hissarna har registrerats även under 1991. Detta indikerar att samma grad av aktivitet har förekommit i fastigheten under både 1990 och 1991.



**Figur 6.18** Effektprofilen för hissar en sommarvecka 1990

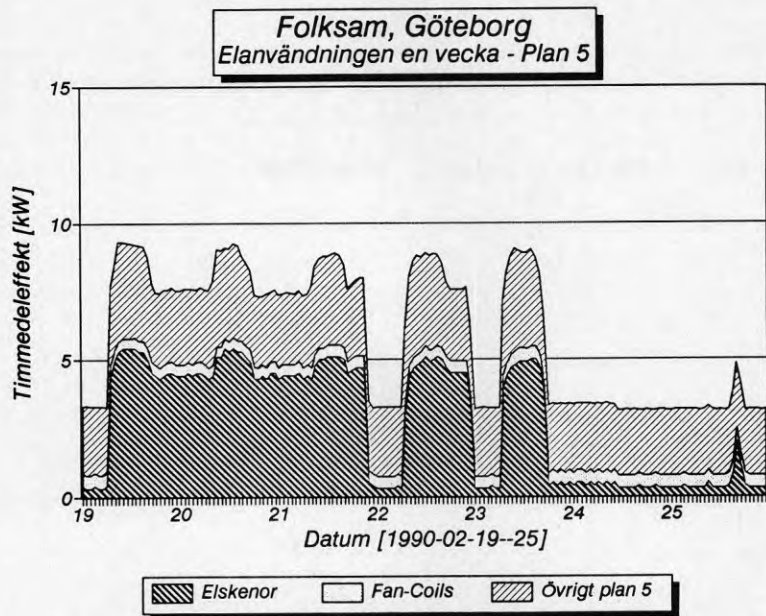
Totala elanvändningen för samtliga kontorsplan är 5.9 och 4.8 MWh för vinter- respektive sommarveckan. Samtidigt kan man konstatera att uppmätta timmedeleffekten för mätplanet har minskat, vilket beror på minskad, se **figur 6.19 – 6.20**, belysning sommartid. Däremot skiljer sig baslastens storlek inte åt mellan veckorna.

För mätplanet är veckoanvändningen av el 1.0 MWh och 0.8 MWh för respektive vecka. Orsaken till att skillnaden inte är mindre, är den större energianvändningen för den valda vinterveckan, vilket orsakades av att någon glömde släcka belysningen efter sig två kvällar i rad.

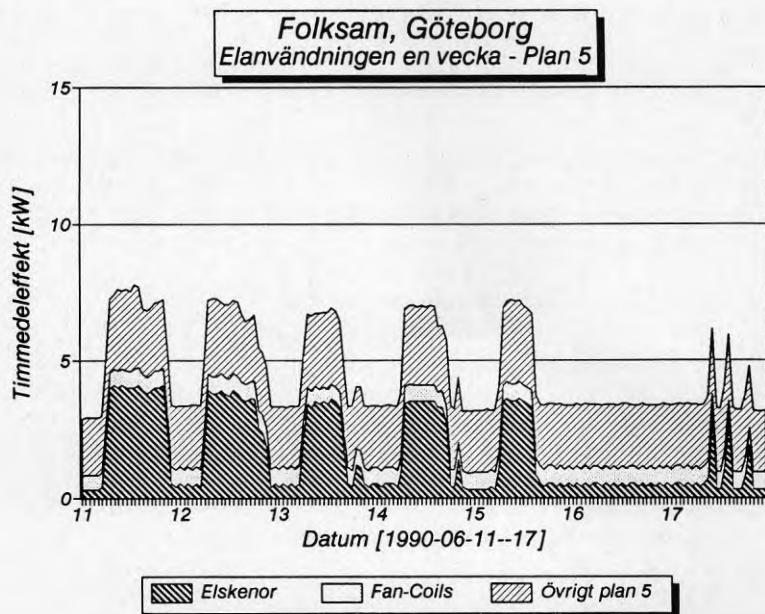
Ett karakteristiskt drag i elanvändningsmönstret på kontorsplanet är torsdagarnas bredare profil och därmed större energianvändning än fredagens smalare profil.

Nedan kommer de mätta delposterna för mätplanet att analyseras lite närmare. Det som benämns **elskenor** i diagrammen belastas huvudsakligen av belysningsarmaturer. **Fancoil** står för de fläktkonvektorer, vilket det finns en i varje kontorsrum. I diagram **figur 6.5** redovisas dessa tillsammans med övrig elanvändning för komfortkyla. Posten **övrigt** är belastad av övrig kontorsutrustning, vilken till stor del består av bildskärmar med kringutrustning.



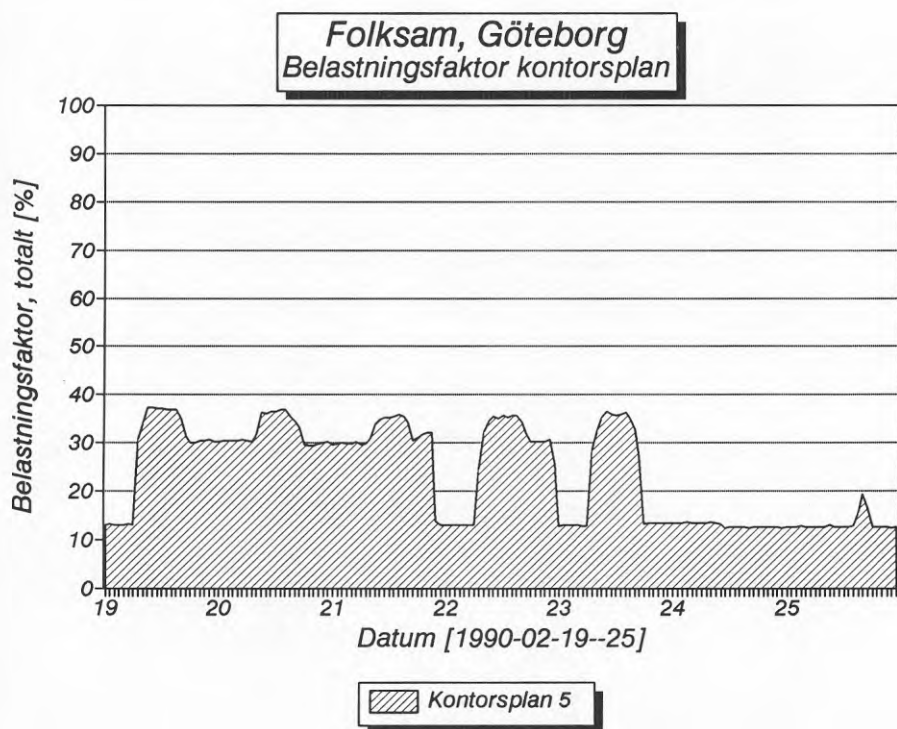


Figur 6.19 Effektprofilen för mätplan en vintervecka 1990

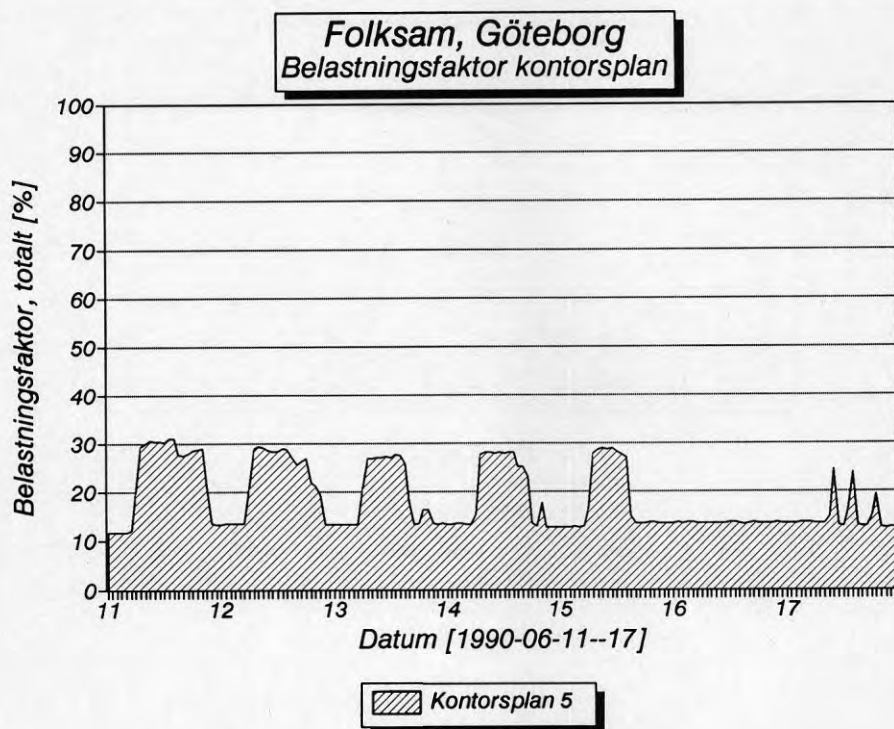


Figur 6.20 Effektprofilen för mätplan en sommarvecka 1990

I nedanstående figurer 6.21 – 6.22 visas hur stor andel av den totalt installerade märkeffekten på 26.4 kW för mätplanet som samtidigt utnyttjas under ett par veckor. Under 1990 mättes knappt 50 % eller 12.8 kW upp som maxeffekt. För 1991 var motsvarande värde drygt 30 % eller 10.9 kW men då med en totalt installerad effekt på 33.5 kW. Orsaken till den ökade installerad effekten var **införandet av persondatorer** i april 1991.

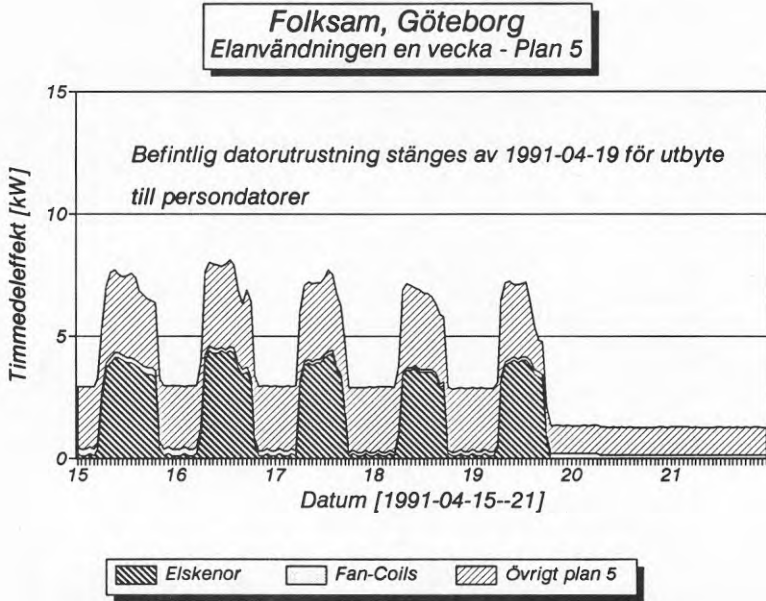


**Figur 6.21** Belastningsfaktor för mätplan en vintervecka 1990

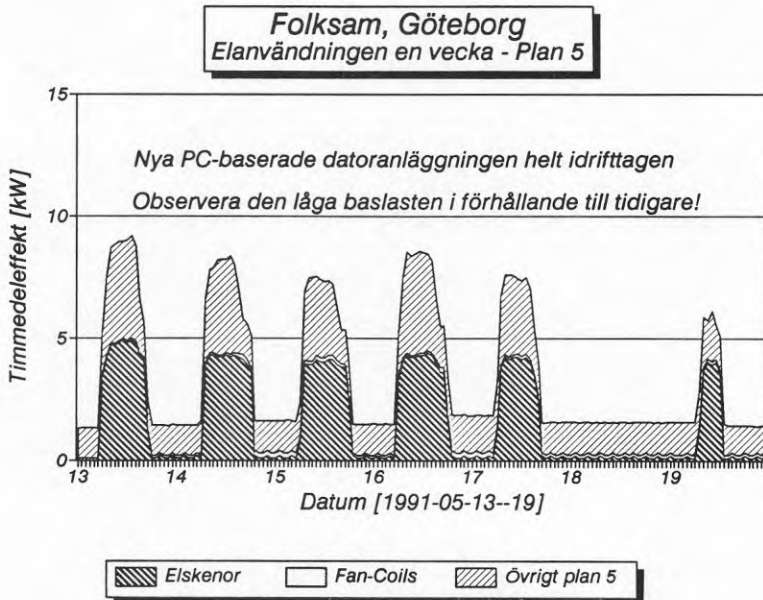


**Figur 6.22** Belastningsfaktor för mätplan en sommarvecka 1990

I figurerna 6.23 – 6.24 visas hur energi- och effektbehovet påverkades när bildskärmar byttes ut mot persondatorer. Av figurerna framgår att maximalt effektuttag ökade efter införandet av persondatorerna. Baslasten sjönk däremot då datorerna stängs av vid arbetsdagens slut, vilket medför en minskning av energibehovet på 150–200 kWh per vecka. Totalt rörde det sig om 21 st bildskärmar som byttes ut mot 18 st persondatorer.

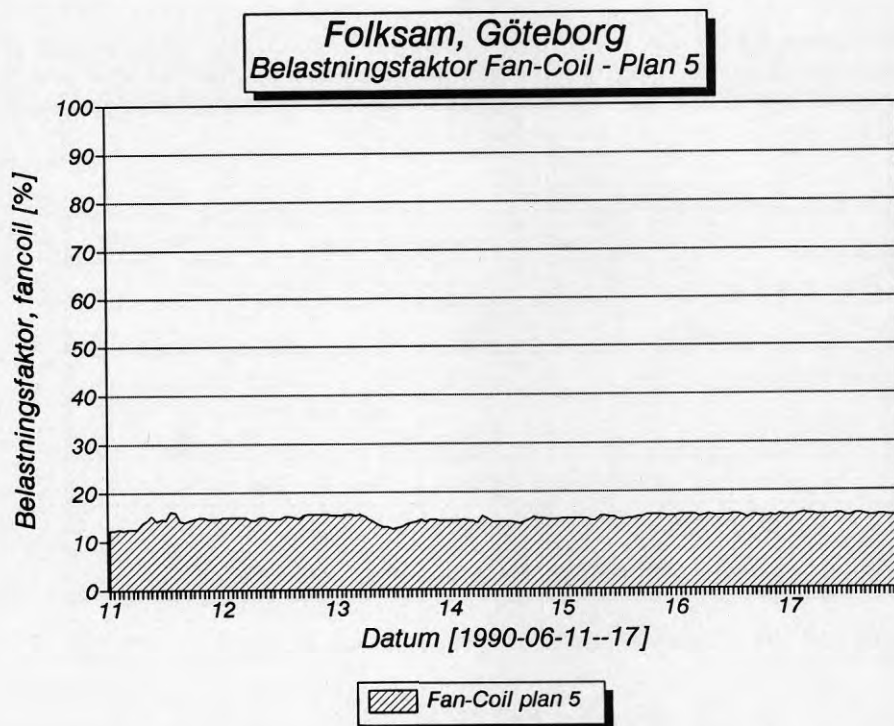


Figur 6.23 Före bytet till persondatorer på mätplan



Figur 6.24 Efter bytet till persondatorer på mätplan

På respektive fläktkonvektor, vilket det finns 33 st på mätplanet, finns ett reglage för fyra olika val av hastighet på fläkten. Maxläget innebär ett effektuttag på ca 130 W/fan-coil. Om alla fläktkonvektorer går med högsta fart skulle de således kräva ca 4.3 kW tillsammans. Vid de inventeringar vi utfört på mätplanet har mer än hälften varit avstängda och de som varit på har gått på låg hastighet. Detta verifieras även av våra mätningar, vilka visar att vanligtvis mellan 5–20 % av maximal effekt utnyttjas. För 1990 mättes knappt 30 % upp som maxvärde medan motsvarande värde för 1991 var drygt 15 %. Detta trots ett par mycket varma sommarveckor. I **figur 6.25** visas en typisk vecka på hur belastningsfaktorn varierar.



**Figur 6.25** Belastningsfaktor för Fan-coil på mätplanet en sommarvecka 1990

När det gäller takarmaturerna för allmänbelysning på planet, är dessa mättekniskt inte helt separerade från övrig elanvändning. Den mätare som benämns "elskenor" belastas huvudsakligen av kontorsrummens och korridorernas takarmaturer. Följande drifttider på belysning kan konstateras om antagandet att övrigt som mäts av denna mätare är försumbart. Detta har bekräftats av ett **belysningstest**, där all takarmatur först släcktes för att efter en timme tändas upp igen.

Maximalt uppmätt effekt under 1990 för denna elmätare var 6.9 kW, vilket är samma effekt som den installerad belysningseffekten för takarmaturerna i kontorsrum och korridorer. Detta tillsammans med total elanvändningen för ett år på 15.9 MWh ger en **genomsnittlig drifttid på 2300 timmar/år** för all takarmatur. Detta kan kanske anses vara en lång drifttid, men enligt uppgift brinner enbart korridorbelysningen minst 10 timmar/arbetsdag, vilket motsvarar ca 2250 timmar. Till detta kommer sedan både hel- och kvällsarbete. Motsvarande antal timmar erhålls för kontorsrummens takarmaturer.

För 1990 erhålls för hela mätplanet en genomsnittlig drifttid, för all installerad elkrävande utrustning, på 3100 timmar alternativt 1550 timmar. Det första alternativet är beräknat utifrån **maximalt uppmätt eleffekt** på 12.8 kW medan det andra är beräknat utifrån den **installerade märkeffekten** på 26.3 kW.

Hur inomhustemperaturnivån i byggnaden är framgår av nedanstående **figur 6.26**. De redovisade temperaturerna kommer från mätningar som gjordes före och efter energi-ombyggnaden i mitten av 1980-talet samt från de momentana inomhustemperaturer som en gång per dygn lagras i fastighetens övervakningssystem.

Period	Inomhustemperatur °C	Anmärkning
Före ombyggnad	21.8	
Efter ombyggnad	20.9	
Eldningssäsong 89/90	21.2	Medelvärde av ett momentant lagrat dygnsvärde
Sommaren 1990	22.2	—"
Eldningssäsong 90/91	20.7	—"
Sommaren 1991	21.9	—"

**Figur 6.26** Inomhustemperaturer för olika perioder i fastigheten Kastellholm

**Butiker och övriga hyresgäster**, exklusive Folksams försäkringsrörelse, upptar strax över 2000 m<sup>2</sup> eller ca 22 % av totala arean i byggnaden. När det gäller elanvändningen motsvarar den ca 23 % av hela fastighetens elanvändning eller 174 MWh under 1990 enligt **figur 6.5**. Av fastighetens effekttopp på ca 160 kW står butiker och övriga hyresgäster för mellan 35 – 40 kW.

Den procentuella andelen av hela fastighetens elanvändning har för butiker mm under 1980-talet minskat något men de har hela tiden haft en relativt konstant elanvändning under åren på mellan 230 – 240 MWh/år.

Under de två senaste åren har dock en minskning i absoluta tal skett bl a på grund av att ett tryckeri flyttade hösten 1989 samt att en av resebyråerna flyttade under våren



1991. De nya hyresgästerna som flyttat in har fått helrenoverade lokaler med **ny högfrekvensbelysningsanläggning**. Även om de nya hyresgästerna ej är några elkrävande sådana är belysningsanläggningen en starkt bidragande orsak till varför elanvändningen ligger på en lägre nivå än tidigare.

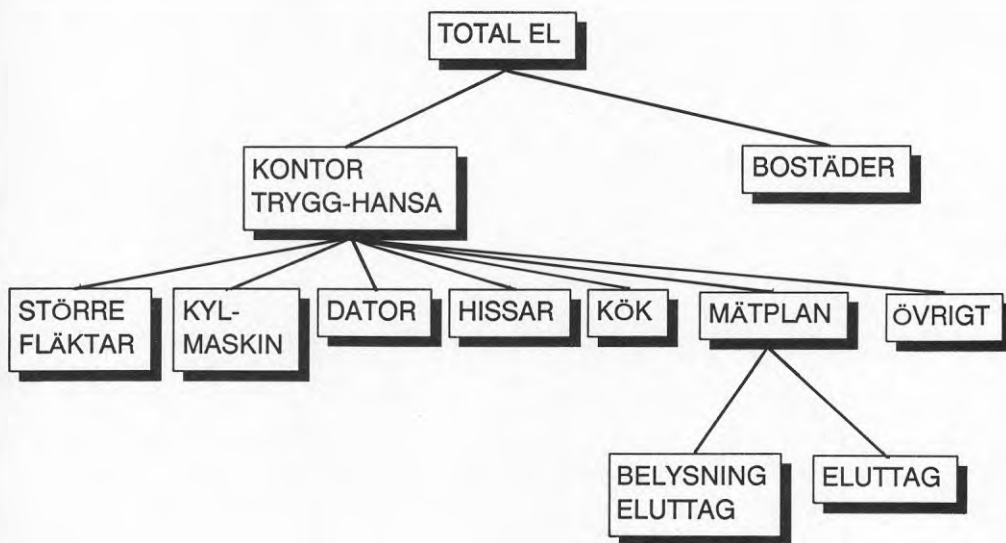
Den huvudsakliga elanvändningen i butiker mm går till belysning och kontorsutrustning samt några mindre lokala kylaggregat.

### 6.3 Kvarter Svaneholm, Trygg-Hansa

#### Hela fastigheten

Kartläggning av energianvändningen har skett genom bearbetning av historiska data från Göteborg Energi AB och med hjälp av fastighetsägarens månadsavläsningar. För att kunna beskriva fördelningen av el- och värmeenergianvändningen i byggnaden på ett bättre sätt, har dessa uppgifter kompletterats med data från de detaljerade mätningarna av elanvändningen inom projektet. Detta har kunnat göras med hjälp av en nyinstallation av ett 25-tal elmätare.

I nedanstående **figur 6.27** visas schematiskt vilken uppdelning av elanvändningen som gjorts inom FoU-projektet. Av figuren framgår bl a att elanvändningen för de 48 bostadslägenheterna inklusive driftel har mätts separat. I fortsättningen framgår det **om bostadsdelen ingår i datamaterialet eller ej**.

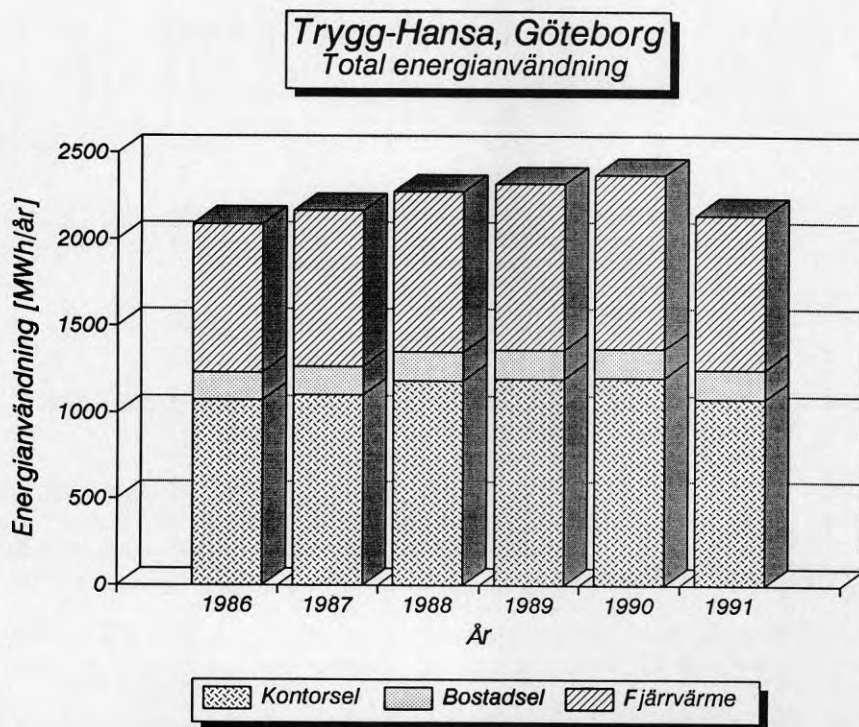


Figur 6.27 Huvudsaklig mätstrategi kv Svaneholm

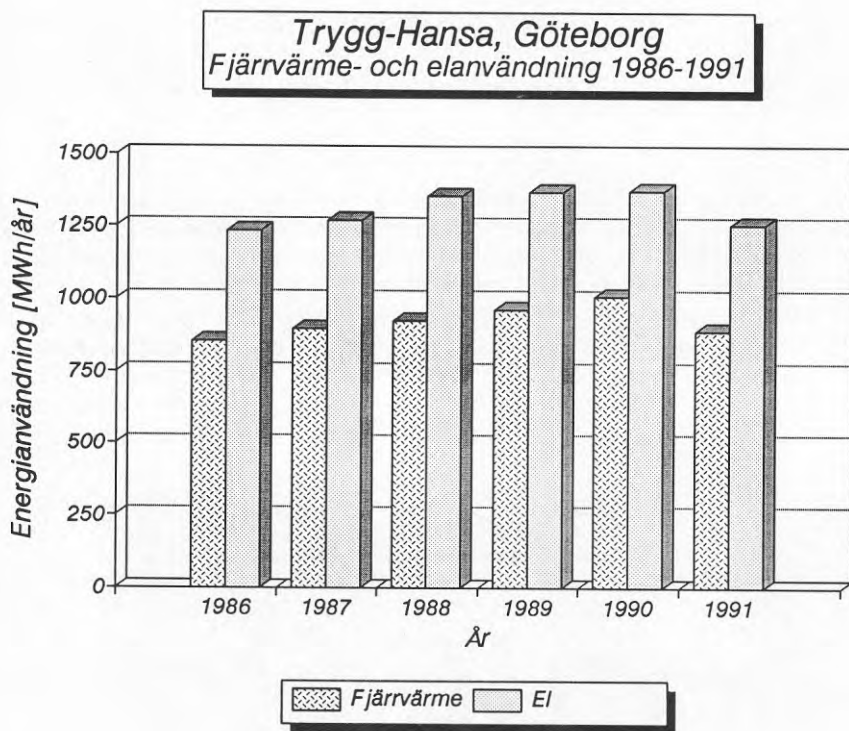
## Nuvarande energianvändning

Inte bara elanvändningen har ökat under de senaste åren utan även fjärrvärmeanvändningen, vilket framgår av **figur 6.28** nedan. Fjärrvärmeanvändningen är normalårskorrigerad. Under 1991 har en minskning av både el- och fjärrvärmeanvändningen skett. Förklaringen till denna minskning är att driftstrategin för ventilationen ändrats. Detaljerna om detta redovisas senare i rapporten.

I **figur 6.28** framgår hur stor den totala energianvändningen för fastigheten har varit under 1986 – 1991. I **figur 6.29** återfinns sedan ett diagram där en jämförelse av fördelningen mellan el- och fjärrvärmeanvändningsnivån under åren 1986–1991 framgår. **Totalnivån** på energianvändningen har **stigit** från 150 kWh/m<sup>2</sup>,år till ca 170 kWh/m<sup>2</sup>,år mellan åren 1986 och 1990 för att under 1991 **sjunka** till ca 155 kWh/m<sup>2</sup>,år. Någon omfördelning mellan el- och fjärrvärmeanvändningen har **inte** skett under åren. Bostadslägenheternas elanvändning har dock varit konstant under hela perioden.



**Figur 6.28** Sammanställning av total energianvändning 1986 – 1991

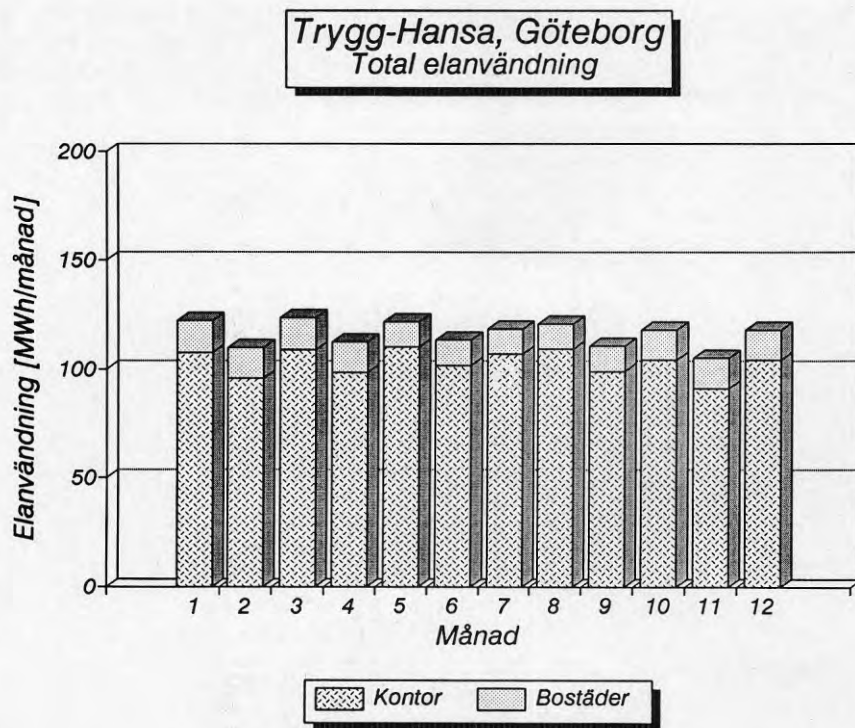


**Figur 6.29** Fördelningen mellan fjärrvärme- och elanvändning 1986-1991

Under 1990 användes, efter normalårskorrigerig, **ca 1010 MWh fjärrvärme** totalt, varav ca 460 MWh för bostäder. Då det gäller användningen av **elenergi**, som denna rapport huvudsakligen behandlar, var den **totala elanvändningen** inom fastigheten under 1990 **ca 1370 MWh**, varav bostäderna stod för ca 165 MWh.

Av **figur 6.30** framgår elanvändningens fördelning under 1990 uppdelad på månader. Observera att antalet dagar i respektive månad påverkar energianvändningen något.

Höglästtid, i taxesammanhang, innebär ofta måndag-fredag mellan klockan 06 - 22 och att det endast är under vintermånaderna, som man vid debiteringen tar hänsyn till när på dygnet elenergin använts. Elanvändningen under **sk höglästtid**, vilken är knappt hälften av veckans timmar, utgör här ca 65 % för kontorslokalerna där även fastighetsdrift ingår. För bostadslägenheterna inklusive tillhörande driftel sker ca 55 % av totala elanvändningen under höglästtid.



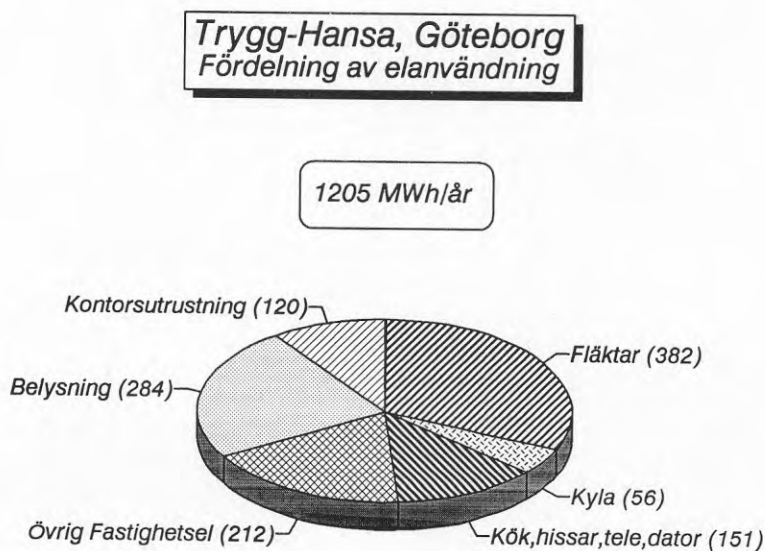
Figur 6.30 Elanvändningen under 1990 uppdelad på årets månader

Liksom tidigare är den totala elanvändningen under augusti större än för alla övriga månader. Som tidigare har nämnts förekommer samma mönster i övriga kontorsbyggnader, där vi utfört mätningar. Bostadslägenheterna ligger dock på en relativt konstant elanvändning med en liten ökning under vinterhalvåret.

### Elanvändningens fördelning

Hur elanvändningen fördelas i kontorsdelen framgår av **figur 6.31**. Av den totala elanvändningen på drygt 1200 MWh/år svarar **luftbehandlingssystemet**, dvs fläktar och kyla, för 438 MWh/år eller ca 36 %. Kontorslokalerna på plan 1-6 med en total area på ca 4770 m<sup>2</sup> använder 340 MWh/år, varav belysningen står för drygt 68 %. Den totala elanvändningen på 404 MWh/år för kontorsdelen avser **belysning och kontorsutrustning** med fördelningen 284 respektive 120 MWh/år.

När det gäller **kökets** elanvändning på 91 MWh/år ingår ej belysning i matsal och inte tillhörande luftbehandlingssystem. Elanvändningen för **hissar, datorrum och telerum** exklusive televäxlarum för personalen uppgår till ca 60 MWh/år. Tillsammans blir det 151 MWh/år eller ca 12 % av den totala elanvändningen. I rubriken "**Övrig fastighetsel**" ingår pumpar (ca 50 MWh/år), papperskvarn, lokala kylaggregat, varmluftsapparater, värmekablar på terrass och i stuprännor, ytterbelysning och övrig utrustning i källarplan, entréplan, etc och tillsammans blir det 212 MWh/år eller ca 18 %.



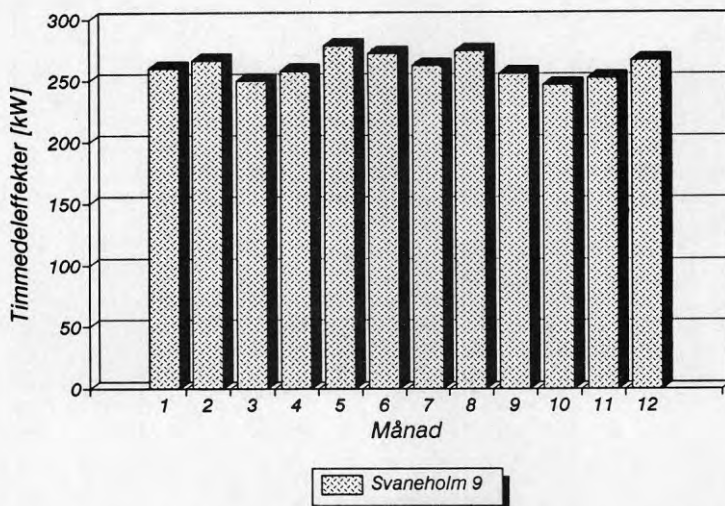
**Figur 6.31** Elanvändningens fördelning på "slutanvändare" [1990]

### Nuvarande eleffektbehov

Effektbehovet varierade under 1990 mellan ett minimivärde på 247 kW och ett maximumvärde på 278 kW, dvs en variation på ca  $\pm 6\%$  kring ett medelvärde på 262 kW. Detta framgår av **figur 6.32** nedan. Härav stod bostadslägenheterna för drygt 20 kW och restaurangen för ca 40 kW.



Trygg-Hansa, Göteborg  
Maximala eleffekter - Totalt



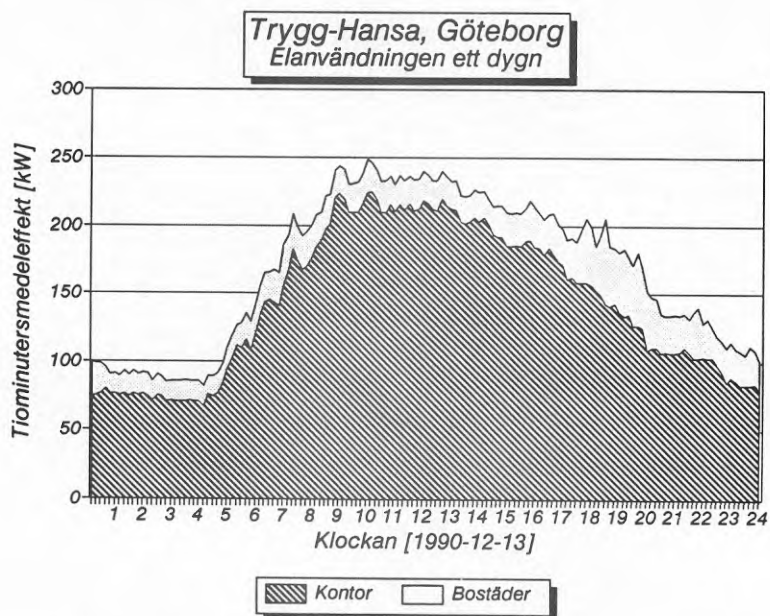
Figur 6.32 Effektbehov månad för månad gällande 1990 inkl bostäder

Vid en jämförelse mellan tiominuterseffekter och timmedeleffekter visar det sig att sammanlagringseffekten för hela byggnaden är så stor att registrerad skillnad i maxeffekter endast är ca 5 %. Ett exempel på detta visas i figur 6.33 – 6.34. Om man analyserar samma skillnad för ett enskilt kontorsplan erhålls en skillnad på knappt 3 % mellan uppmätta maximala eleffekter. Att skillnaden är mindre på enskilt kontorsplan än för hela byggnaden kan förklaras av att en stor andel av den installerade eleffekten på planet är inkopplad under hela dagen. Detta orsakas i sin tur av den aktuella sektioneringen för kontorsbelysningen.

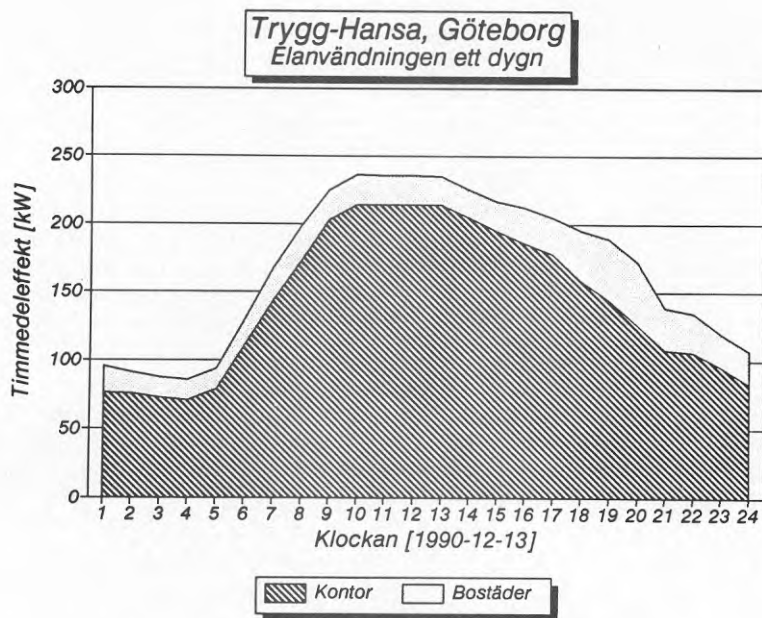
Av över ett års mätningar på tim- respektive tiominutersbasis har vi kunnat konstatera att årstidsvariationen på totalnivån varit mycket måttlig även i denna byggnad. I den fortsatta redovisningen diskuteras därför resultat från i första hand två typiska veckor, vinter respektive sommar, figur 6.35 – 6.36. Båda dessa figurer ger en översiktlig bild av hur variationen över veckan ser ut. Dessutom framgår det att periodiciteten över dygnet är stor, när det gäller elanvändningen, även i denna fastighet.

Totala elanvändningen för fastigheten är 28.6 och 27.2 MWh för vinter- respektive sommarveckan samtidigt som man kan konstatera att uppmätta timmedeleffekten är i samma storleksordning. Det som däremot skiljer mellan veckorna är storleken på baslast samt hur elen används.

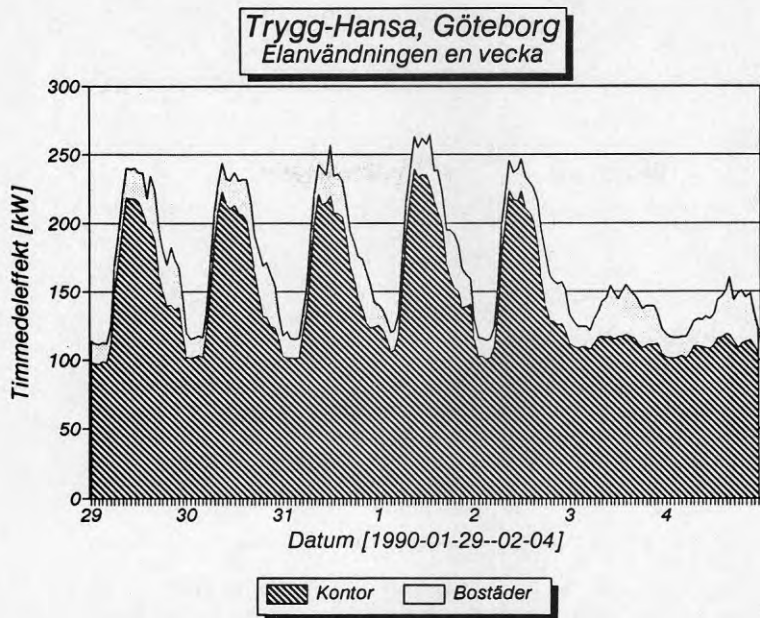
Baslasten för kontorsdelen är ca 100 kW under vinterveckan medan den är strax under 100 kW för sommarveckan, varav ventilationen för kontorsplanen (Trygg-Hansas kontor) utgör ca 30 %. Övriga delar som effektprofilen är sammansatt av framgår bäst i dygnsdiagrammen i figurerna 6.37 – 6.38. I dessa redovisas måndagsdygnet i ovanstående typiska veckor.



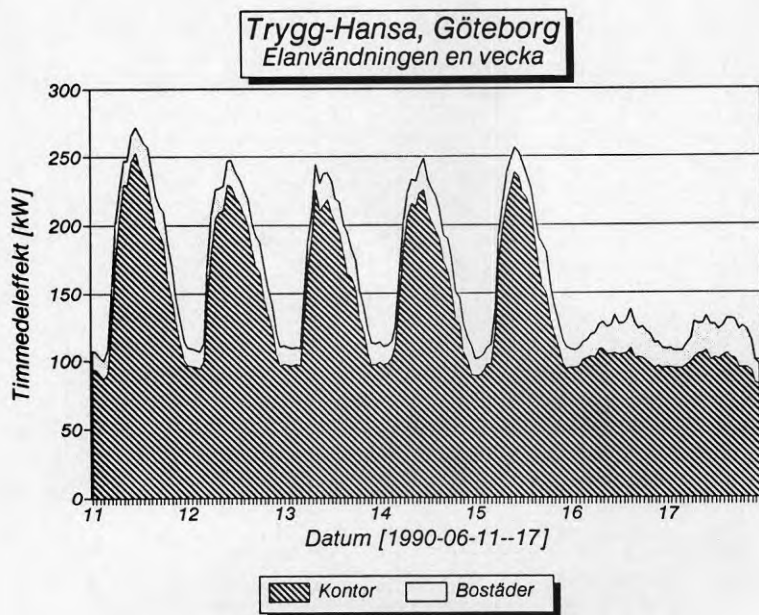
Figur 6.33 Tiominuterseffekter under luciadagen 1990



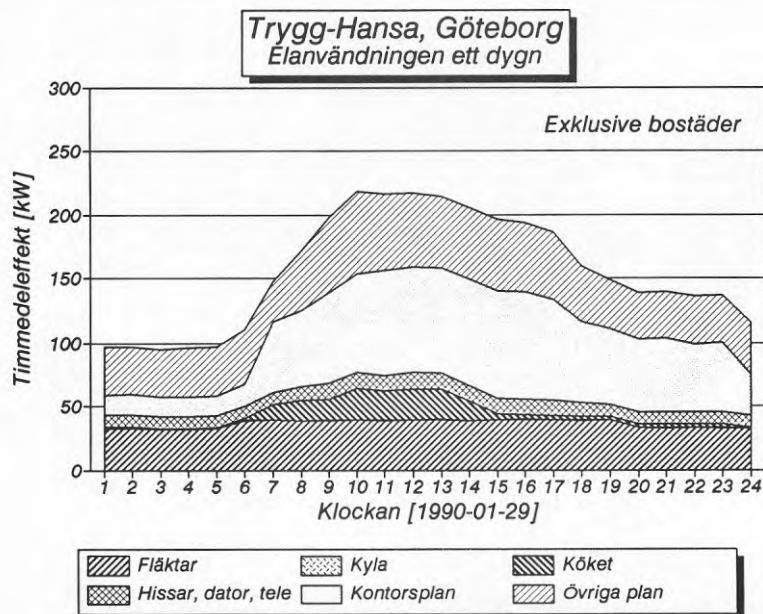
Figur 6.34 Timmedeffekter under luciadagen 1990



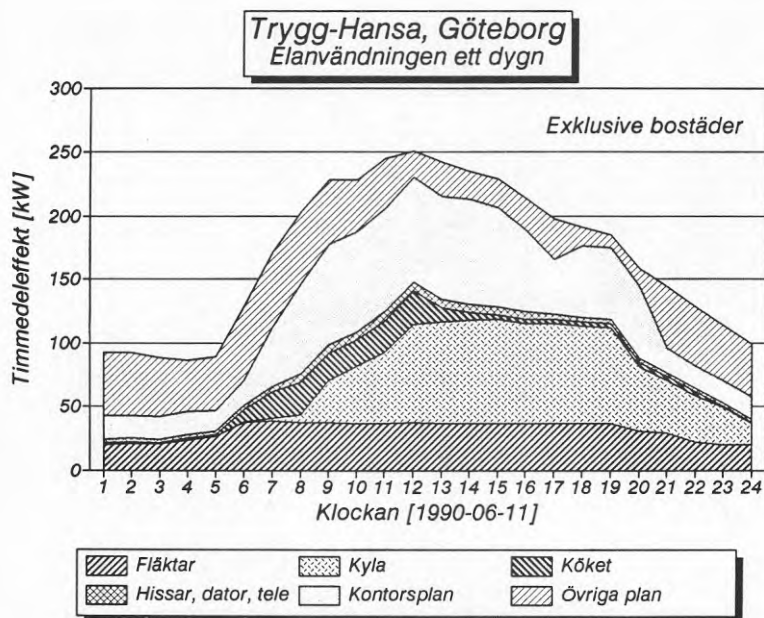
Figur 6.35 Effektprofilen för en vintervecka 1990



Figur 6.36 Effektprofilen för en sommarvecka 1990



Figur 6.37 Effektprofilen för ett vinterdygn 1990

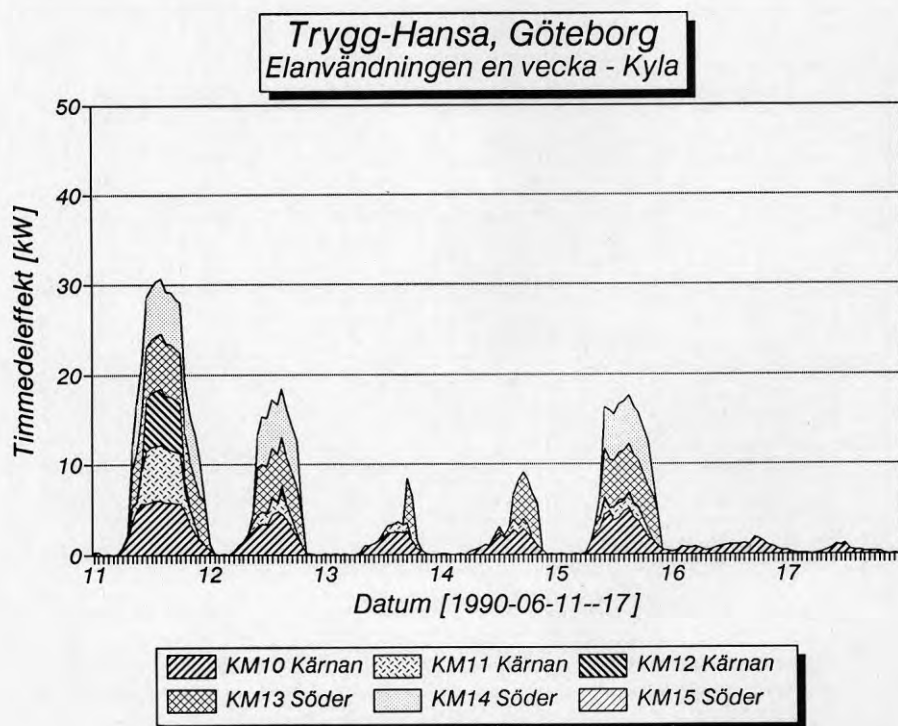


Figur 6.38 Effektprofilen för ett sommarygn 1990

Intressant att notera är att **effekttoppen** i Svaneholm generellt ligger på **förmiddagen**. Detta gäller **ej** enbart för ovan valda veckor.

Ei till kyla, vilken hör till **fastighets driftel**, har kompenserat den minskade elanvändningen på kontorsplanen, huvudsakligen i form av minskad belysning.

I **figur 6.39** visas hur kylmaskinerna till ventilationsaggregat TA5 arbetar med en stegvis inkoppling efter behov. Till aggregat TA5 hör 6 stycken kylmaskiner uppdelade på två zoner ("Kärnan" och "Söder") med tre steg för varje zon. Inkopplingssekvensen syns tydligt i figuren. Under aktuell vecka hade "Söders" tredje steg behövt kopplas in, men så skedde inte på grund av haveri, vilket upptäcktes genom mätningarna. En orsak till varför man valde ett kylsystem för direktexpansion (DX), var att systemet var billigt och relativt lätt att byta ut vid haveri eller dylikt.

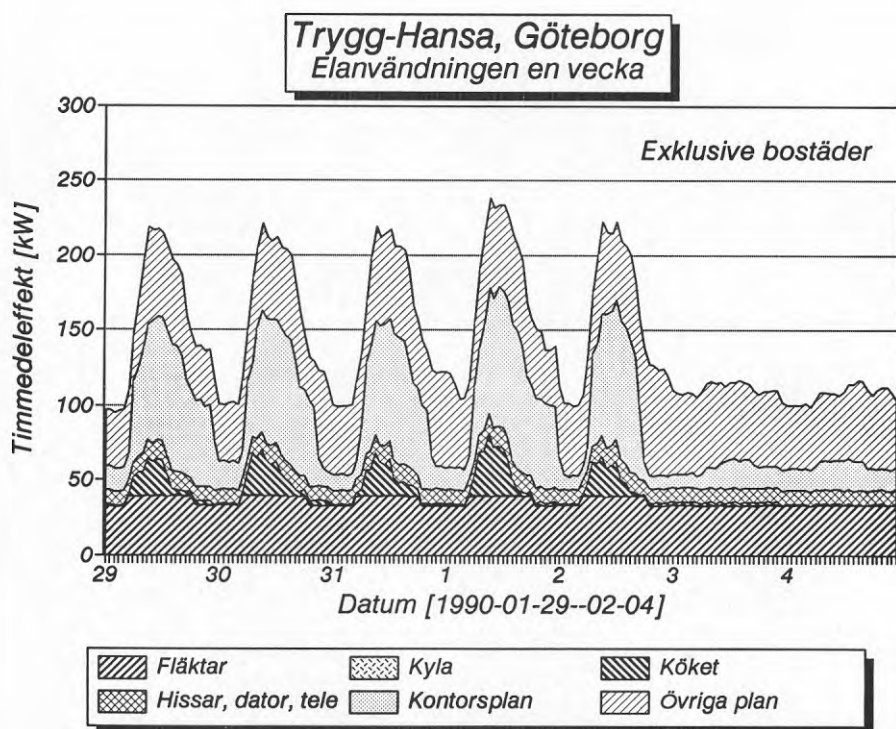


**Figur 6.39** Effektprofilen för kylmaskinerna tillhörande aggregat TA5, en sommarvecka 1990

Luftbehandlingssystemen i Svaneholm är av CAV-typ (**C**onstant **A**ir **V**olume) och någon reglering av luftflödena sker således inte. Där driftfall med reducerat flöde förekommer (ventilation i bostäder och garage) är fläktarna försedda med tvåhastighetsmotorer. De stora fläktarna i Svanholms anläggning är alla försedda med framåtböjda skovlar (F-hjul).

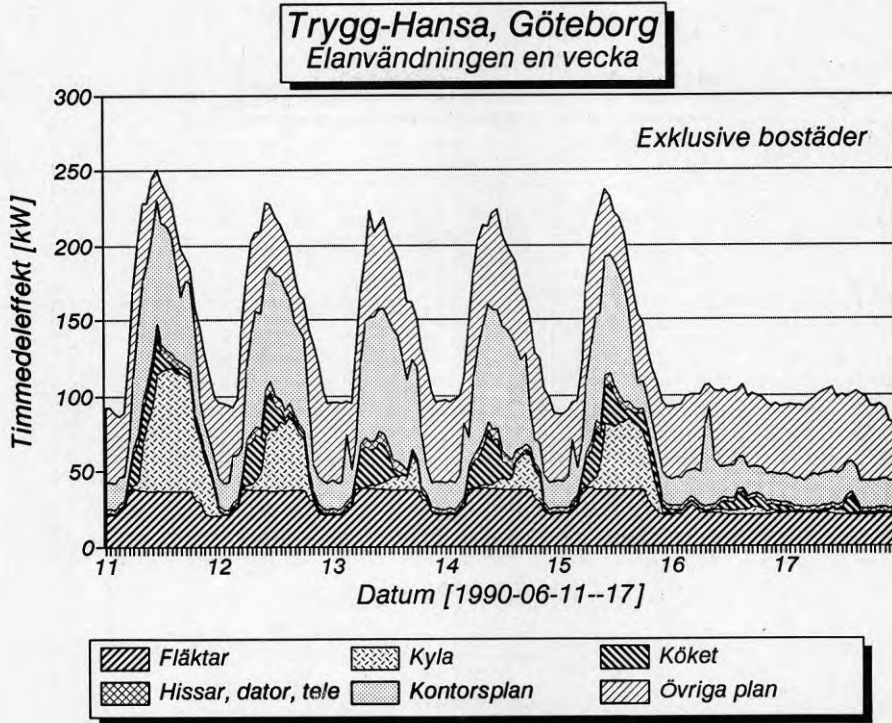


I figurerna 6.40 – 6.41 med effektprofilen uppdelad på större delposter, framgår att fläktarna är i drift dygnet runt såväl sommar som vinter, för nattkylning av stommen. Man ser dessutom tydligt hur kylan "växer" fram under dagen, samt hur den varierar under veckan med utomhustemperaturen. De mindre fläktarna har tidvis gått på tidur. Under rubriken "Övriga plan" ligger undercentraler med pumpar, allmänbelysning och andra liknande delaster. Dessutom kan man observera att kontorsplanets last är väldigt utsträckt i tiden (speciellt måndag–torsdag), vilket beror på mycket övertid och ett dåligt utnyttjande av sektioneringen av belysningen.



Figur 6.40 Effektprofilen uppdelad på större delposter för en vintervecka 1990

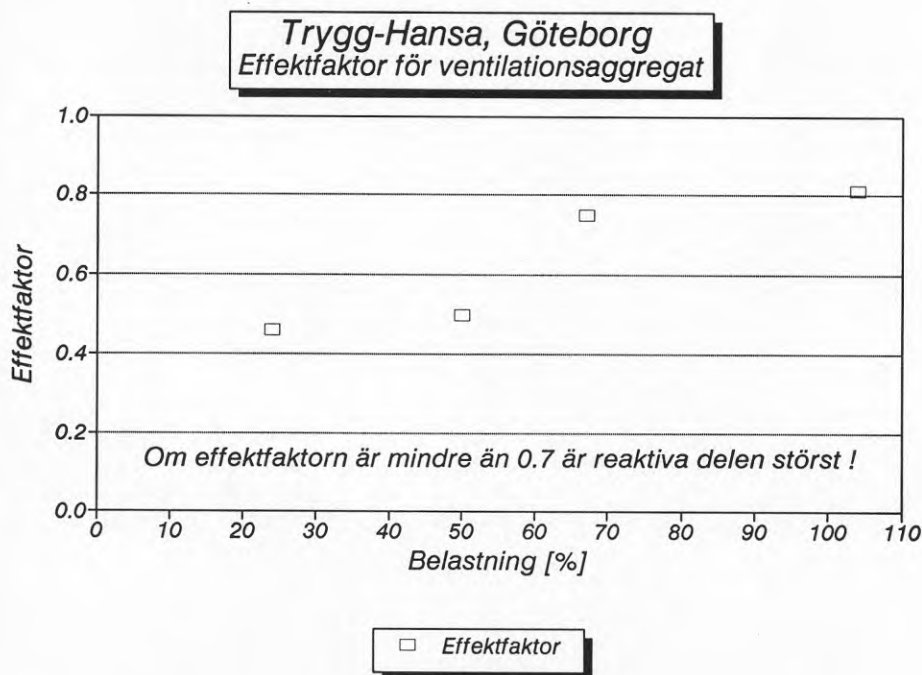




**Figur 6.41** Effektprofilen uppdelad på större delposter för en sommarvecka 1990

Byggnadens ventilationsaggregat, som försöker själva kontorsdelarna, har fläktmotorer med märkeffekter på 5.5 – 11 kW. För dessa är effektbehov och effektfaktor  $\cos \phi$  uppmätt momentant under drift. I **figur 6.42** visas för dessa motorer sambandet mellan effektfaktor och belastning. Belastningen definieras som tidigare som kvoten mellan momentant uppmätt effekt och märkeffekt.

Två av motorerna ligger på en belastning som är ca 50 % eller mindre av märkeffekten och följaktligen med lågt  $\cos \phi$ . Detta är en förklaring till att baslasten inte är högre än vad som redovisats i **figur 6.35 – 6.36**. Märkeffekten för de stora aggregaten ligger på drygt 70 kW, varav kontorsfläktarna TA1/FA1–TA5/FA5 står för 60 kW medan de enligt våra mätningar endast ger en uppmätt effekt på ca 40 kW.



**Figur 6.42** Effektfaktor  $\cos \phi$  vid olika motorbelastningar

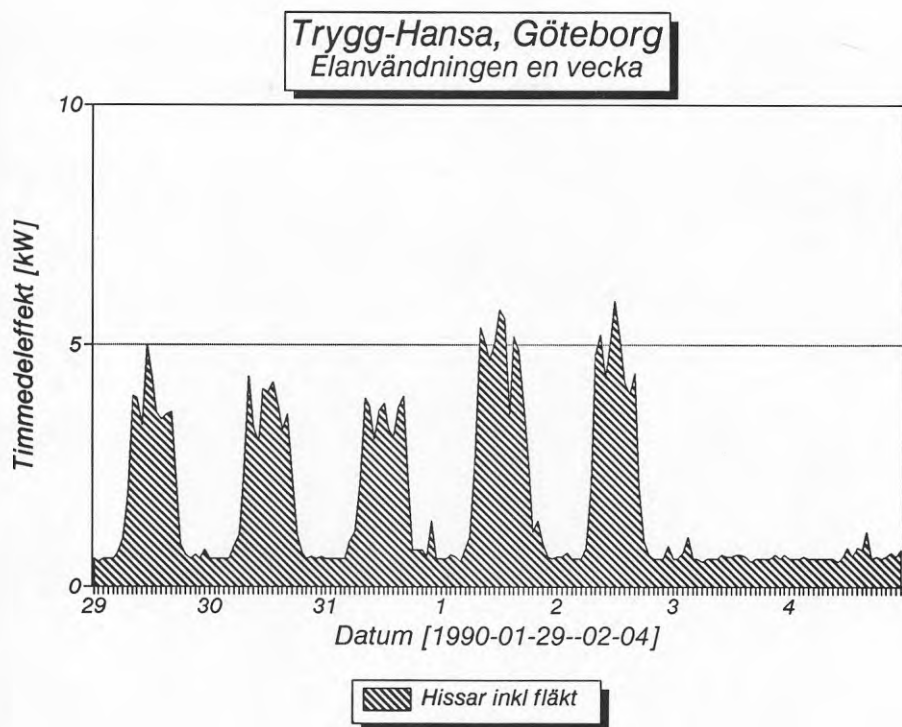
Den specifika elanvändningen, för den del av ventilationsanläggningen som omfattar kontorsrummen, redovisas i **figur 6.43**. Beräkningen är gjord med både märkdata och uppmätta data för fläktmotorernas effekter. När det gäller flödet för aktuella fläktar är det enligt projekteringshandlingarna 39400 m<sup>3</sup>/h på tilluftssidan respektive 42300 m<sup>3</sup>/h på frånluftssidan. Dessa flöden har sedan mätts upp till 34000 m<sup>3</sup>/h på tilluftssidan respektive 27900 m<sup>3</sup>/h på frånluftssidan. Den i figuren nedan beräknade SFP-faktorn baseras på tilluftsflödet.

Aggregat- beteck- ning	Betjänings- område	Luft- flöde Till/från	Specifik fläkt- effekt	Luft- flöde Till/från	Specifik fläkt- effekt
		Projekterat [m <sup>3</sup> /s]	Märkdata [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	Uppmätt [m <sup>3</sup> /s]	Uppmätt [kW/(m <sup>3</sup> /s)]
TA4/FA4	Kontor	10.9/11.7	3.6	9.4/7.8	2.6
TA5/FA5	Kontor				
FF2	Kontor WC				

Figur 6.43 Specifik fläkteffekt för kontorsfläktarna

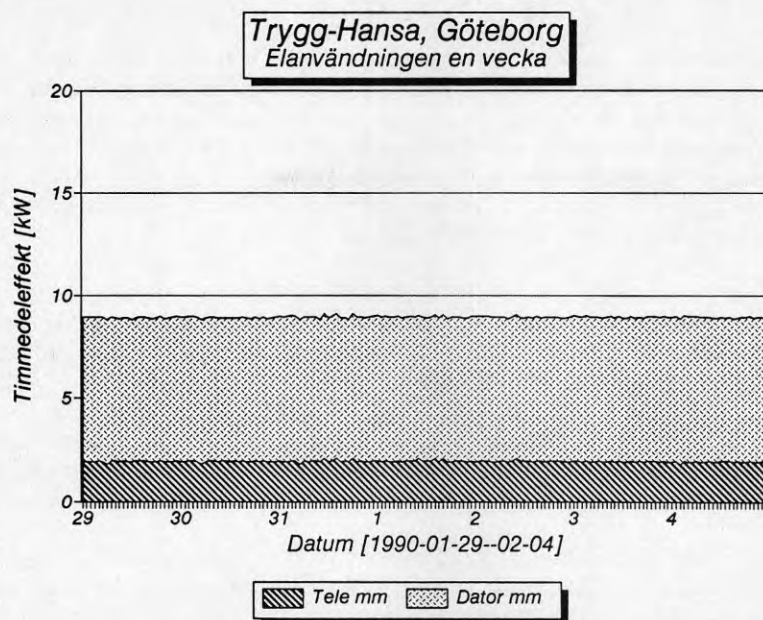
Till **hyresgästernas driftel** hör huvudsakligen delposterna belysning och kontorsutrustning, se figur 6.31. I nedanstående redovisning behandlas huvudsakligen elanvändningen för kontorsplan 1–6, som står för 340 MWh/år. Dessa delar utgörs av enbart kontorsrum och har som hyresgäst Trygg–Hansa/SPP Försäkringsrörelse. Framför allt koncentreras redovisningen till **kontorsplan 4**, där totala elanvändningen samt delar av den mätts separat.

Inledningsvis redovisas mätningarna av elanvändningen för personhissarna i **figur 6.44**, vilka hör till fastighetens driftel. I figuren kan man se hur aktiviteten varierar i byggnaden under en vecka. I genomsnitt ligger hissarnas elanvändning på knappt 300 kWh/vecka eller ca 15 MWh/år. Marginellt lägre nivå har registrerats under 1991. Detta indikerar på att ungefär samma aktivitetsgrad har gällt för byggnaden under såväl 1990 som 1991.

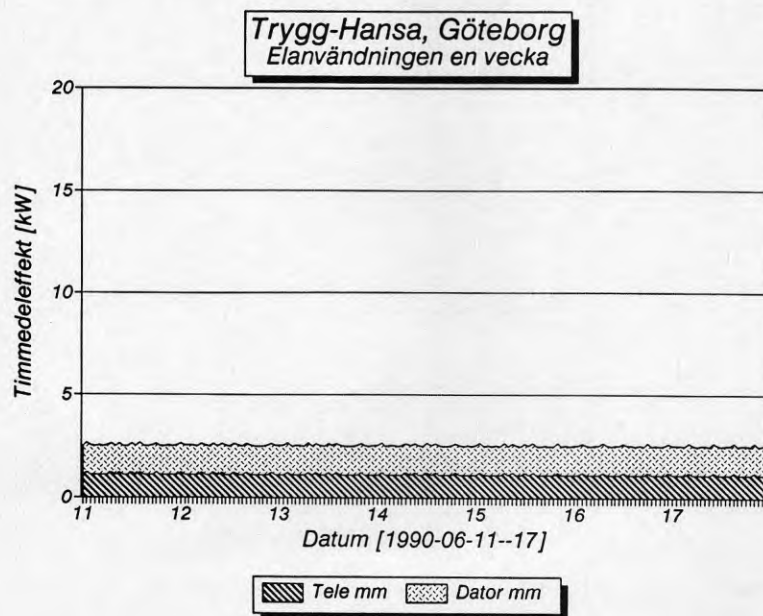


**Figur 6.44** Effektprofilen för hissar en vintervecka 1990

I **figurerna 6.45 – 6.46** visas hur energi- och effektbehovet påverkades när en utrensning i datorrummet och en uppdatering av utrustning i telerum, med tillhörande tidredovisningsutrustning, genomfördes. Av figurerna framgår att såväl maximalt effektuttag som elanvändningen sjönk. Baslasten sjönk totalt från ca 9 kW till ca 2.5 kW. Detta medför en minskning av energibehovet på ca 1000 kWh/vecka eller 54 MWh/år.



Figur 6.45 Före åtgärder i telerum och datorrum



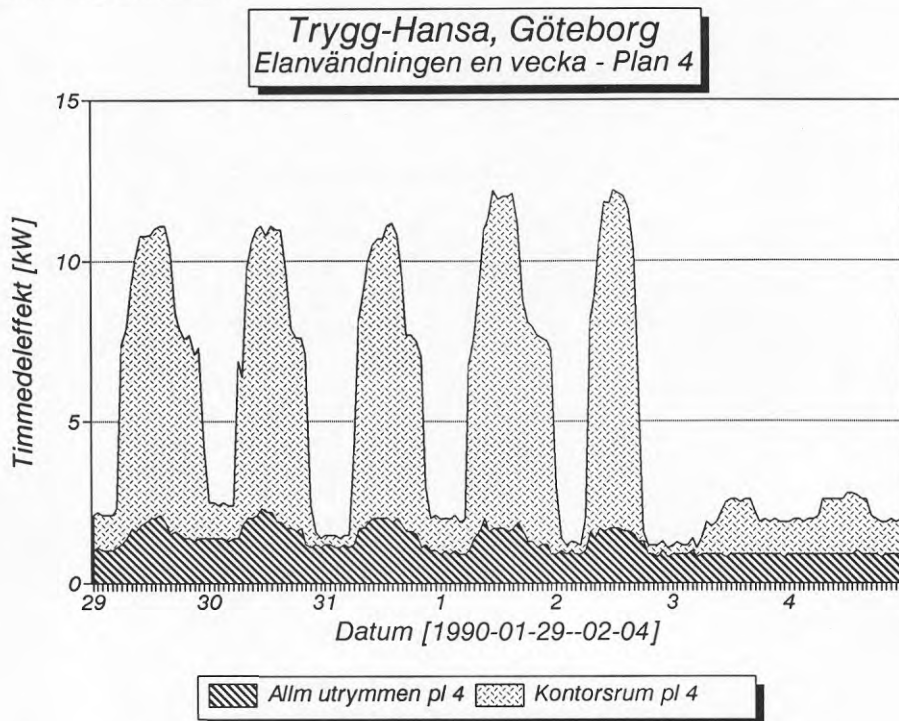
Figur 6.46 Efter åtgärder i telerum och datorrum

Totala elanvändningen för **hela kontorsdelen** är 23.9 och 24.5 MWh för vinter- respektive sommarveckan, dvs elanvändningen ligger på ungefär samma nivå året runt. Man kan också konstatera att uppmätt maximala timmedeleffekten för mätplanet **ej** har minskat. Även baslastens storlek skiljer sig väldigt lite åt mellan de två veckorna – för **hela kontoret** enligt figur 6.35 – 6.36 och för **mätplanet** enligt figur 6.47 – 6.48. Viss minskning av belysning kan vid en noggrannare analys upptäckas samtidigt som drifttidsstyrning för de mindre fläktarna tillämpas.

För **mätplanet** är veckoanvändningen av el 0.9 MWh för respektive vecka. Orsaken till att någon skillnad i energianvändningen ej kan registreras, är bl a att sektioneringen av belysningen är så gjord att förste man tänder upp all takarmatur i storrummet, samt även belysningen i de enskilda kontorsrummen.

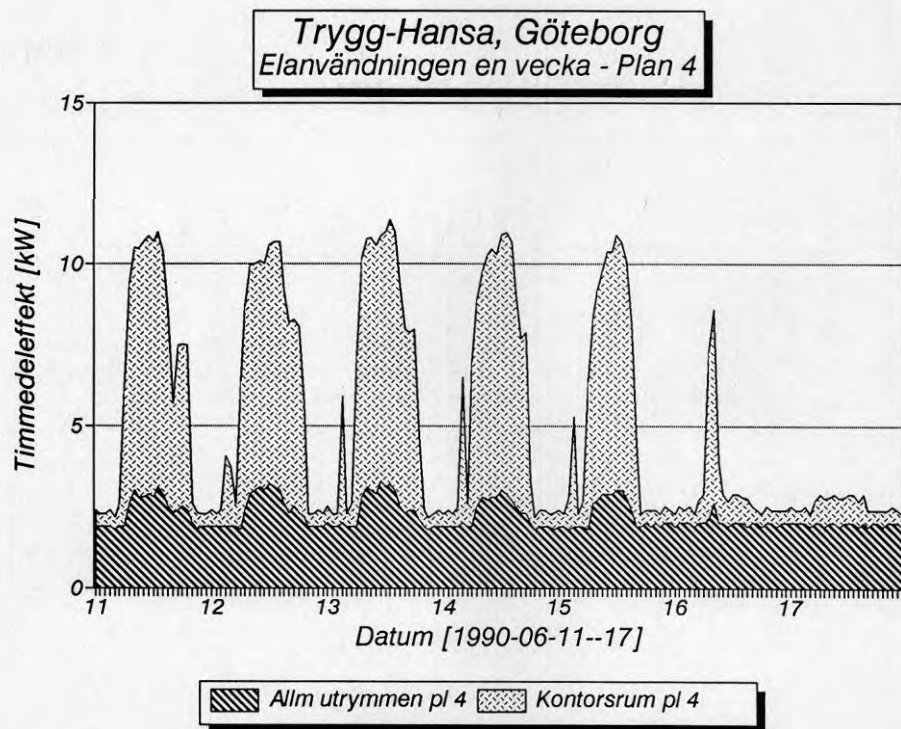
På samma sätt som för Kastellholm, är ett karakteristiskt drag i elanvändningsmönstret på kontorsplanet torsdagarnas bredare profil och därmed större energianvändning och fredagens smalare profil.

Nedan kommer de mätta delposterna för mätplanet att analyseras lite närmare. Det som benämns **Allmänna utrymmen** i diagrammen belastas huvudsakligen av eluttag i storrum. Till dessa finns kyl/sval, kopieringsmaskiner etc anlutna samt belysningsarmaturerna i förråd, WC mm. **Kontorsrum** belastas av eluttag och belysningsarmaturer i och strax utanför respektive rum.



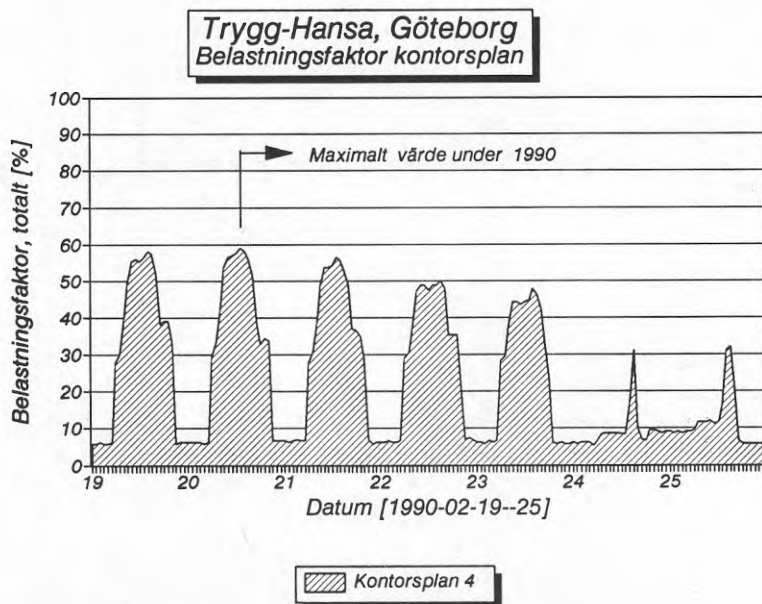
Figur 6.47 Effektprofilen för mätplan en vintervecka 1990



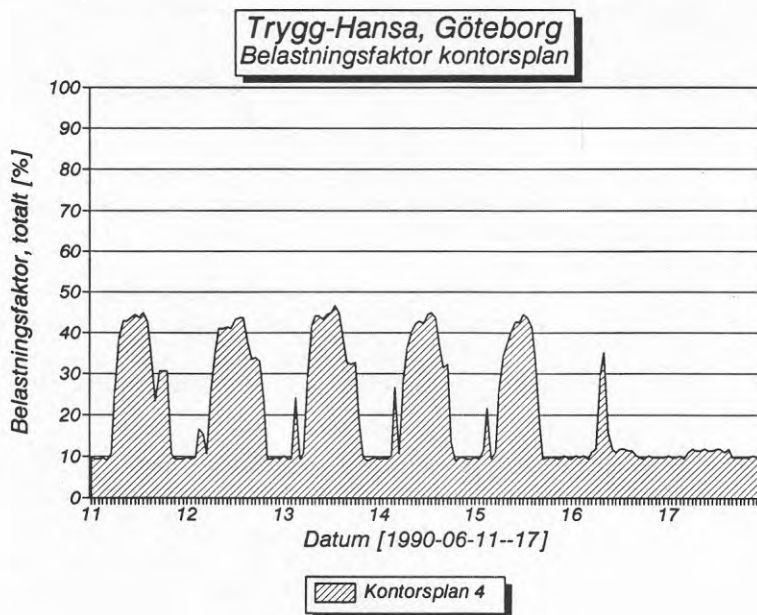


**Figur 6.48** Effektprofilen för mätplan en sommarvecka 1990

I figurerna 6.49 – 6.50 visas hur stor andel av den totalt installerade märkeffekten på 24.4 kW som finns på mätplanet och som samtidigt utnyttjas under ett par veckor. Under 1990 mättes knappt 60 % eller ca 14 kW upp som maxeffekt. För 1991 var motsvarande värde drygt 60 % eller ca 15 kW.



Figur 6.49 Belastningsfaktor för mätplan en vintervecka 1990

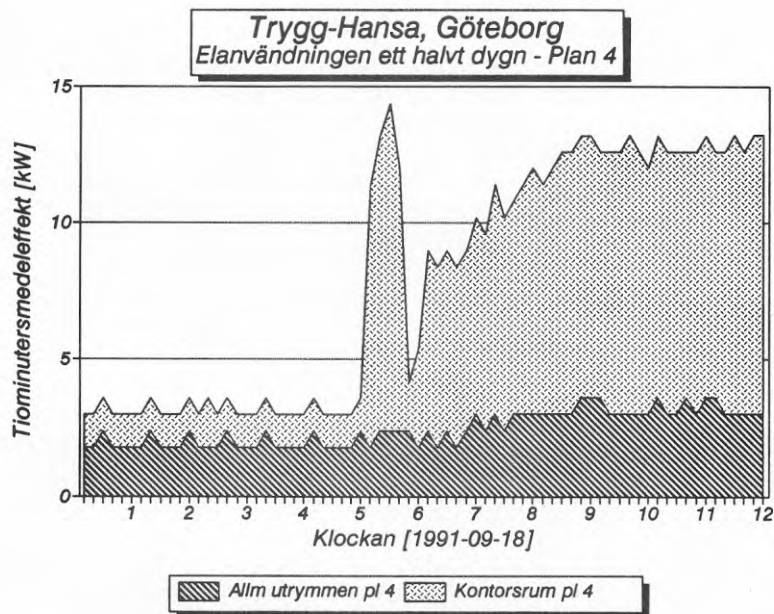


Figur 6.50 Belastningsfaktor för mätplan en sommarvecka 1990

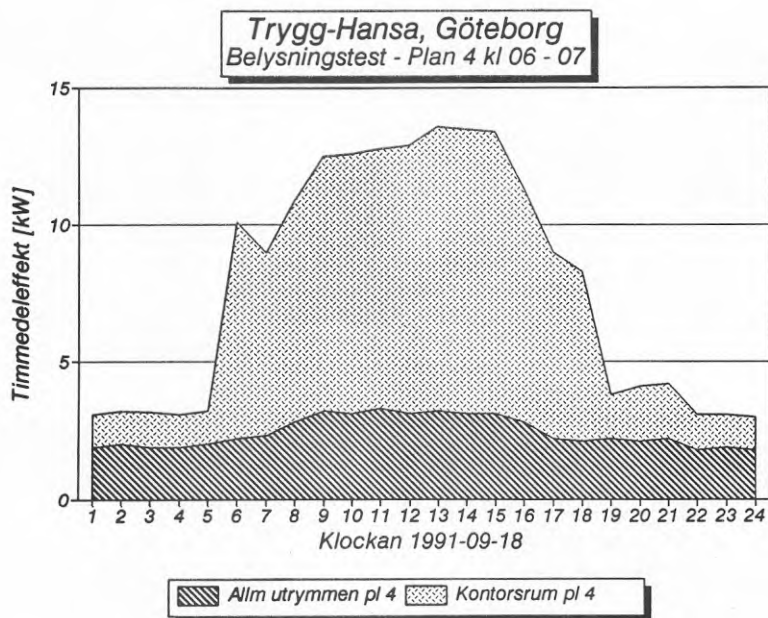
När det gäller takarmaturerna för allmänbelysning på planet, är de enligt tidigare ej mättekniskt separerade från övrig elanvändning. Den mätare som benämns "Kontorsrum" belastas huvudsakligen av kontorsrummens och storrummets takarmaturer. Detta har bekräftats av ett **belysningstest**, där alla takarmaturer först släcktes för att efter en halvtimme tändas igen, se **figur 6.51 – 6.52**. Skillnaden i min och max effekt stämmer med gjord inventering. De armaturer som lyser dygnet runt, motsvarar ca 2.3 kW i installerad effekt och utgör ca 70 % av baslasten på mätplanet. Under andra mätperioder då baslasten har legat på ca 1.6 kW utgör belysningen också ca 70 %, eftersom en av orsakerna till minskad last just är minskad nattbelysning.

En grov skattning på genomsnittlig drifttid för all belysning har gjorts med hjälp av ovanstående test och **uppmätt timmedeleffekt**. Maximalt uppmätt effekt, för hela kontorsplanet, under 1990 var 14.4 kW. Detta tillsammans med total elanvändning för 1990 på 45.9 MWh ger en **genomsnittlig drifttid** på 3200 timmar/år för **all installerad utrustning**. Den totala elanvändningen dividerad med totalt **installerad märkeffekt**, som är 24.4 kW, ger en drifttid på knappt 1900 timmar. För **enbart takarmaturerna** erhålls en maximalt uppmätt effekt på 10.2 kW, vilket blir drygt 3100 timmar/år. Enbart tiduret för storrummet ger ca 2860 timmar/år, till vilken skall läggas städtid samt helgarbete. Detta kanske kan anses vara lång tid, jämför motsvarande resultat för Folksams fastighet, men här förklaras den långa genomsnittliga drifttiden för belysningen av aktuell sektionering samt av helg- och kvällsarbete. För 1991 erhöles samma antal timmar för belysningen.

Maximalt uppmätt effekt under 1991 var 15.1 kW. Detta, tillsammans med total elanvändning för 1991 på 50.1 MWh, ger en drifttid på 3300 timmar/år för **all installerad utrustning**.



Figur 6.51 Belysningstest på plan 4 – tiominutersmedeleffekter

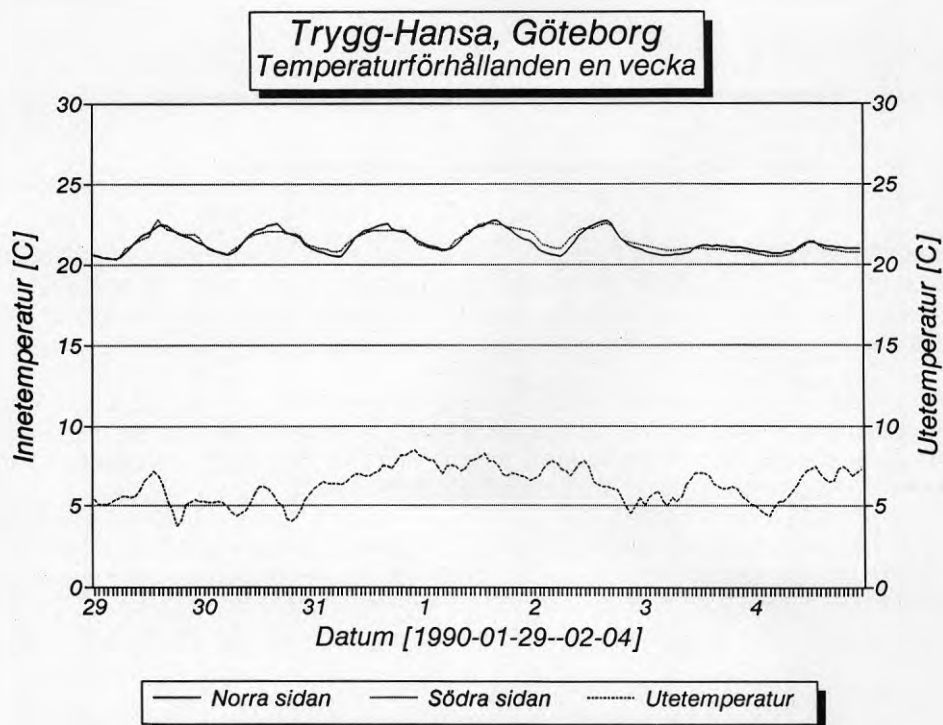


Figur 6.52 Belysningstest på plan 4 – timmedeleffekter

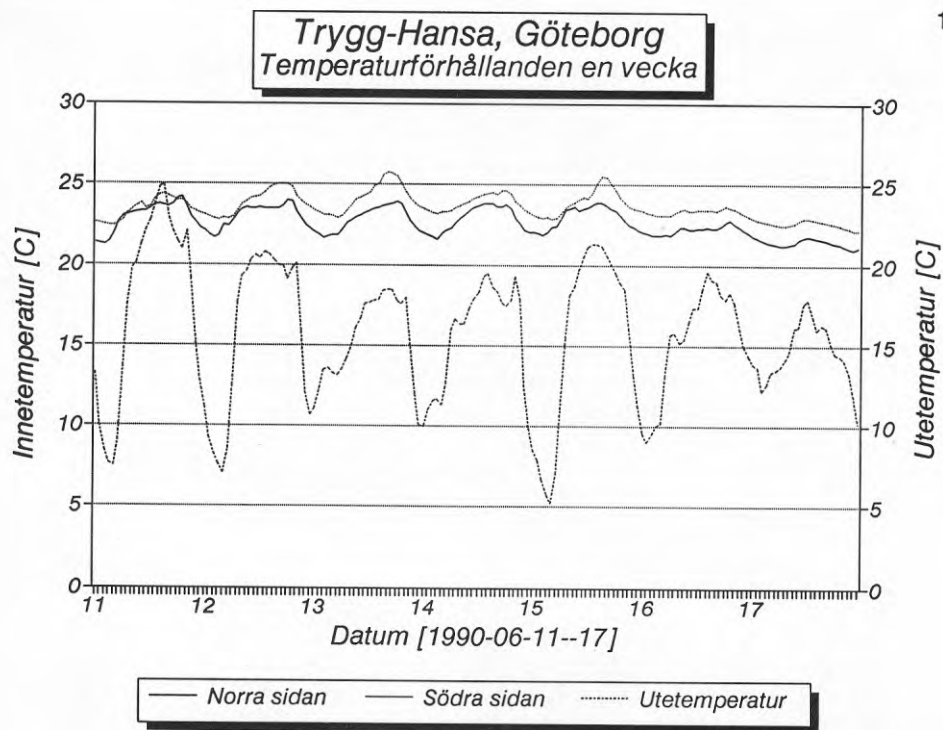
Hur inomhustemperaturnivån i byggnaden är framgår av nedanstående **figur 6.53**. De redovisade värdena är **årsmedeltemperaturerna** från mätningar åren 1990 och 1991 i en sydlig respektive en nordlig del av kontorsplanet. I **figur 6.54 – 6.55** visas hur temperaturnivån varierar under en vinter- respektive sommarvecka från 1990.

Zon – Årtal	Inomhustemperatur °C
Nord – 1990	22.0
Syd – 1990	22.3
Nord – 1991	22.8
Syd – 1991	22.9

**Figur 6.53** Inomhustemperaturer i fastigheten Svaneholm



**Figur 6.54** Temperaturvariationer en vintervecka 1990



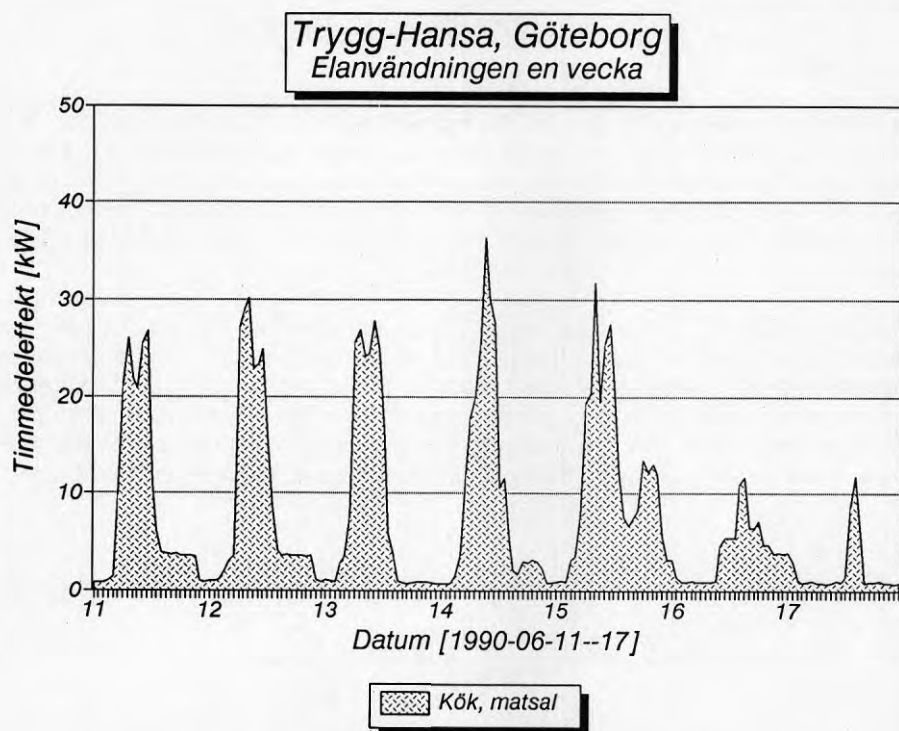
**Figur 6.55** Temperaturvariationer en sommarvecka 1990

**Köket inkl matsal** upptar strax över 550 m<sup>2</sup> eller knappt 7 % av kontorsarean inkl förråd mm i byggnaden. När det gäller elanvändningen motsvarar den knappt 5 % av fastighetens elanvändning exklusive bostäder, dvs 50 MWh under 1990, enligt **figur 6.31**. Av fastighetens effekttopp på ca 260 kW svarar köket för ca 40 kW.

Motsvarande procentuella andel av fastighetens elanvändning blir drygt 12 % om även elanvändningen på 150 MWh för tillhörande fläktar, komfortkyla, kökskyla och belysning i matsal medräknas. Denna procentuella andel är den samma för 1991, dvs även i köket har en minskning i absoluta tal skett i förhållande till 1990.

I **figur 6.56** redovisas en typisk effekttprofil för en vintervecka gällande köket. Att torsdagar ofta är både smal och spetsig beror på att det då nästan alltid serveras ärtsoppa med punch – en populär vintermåltid uppenbarligen!





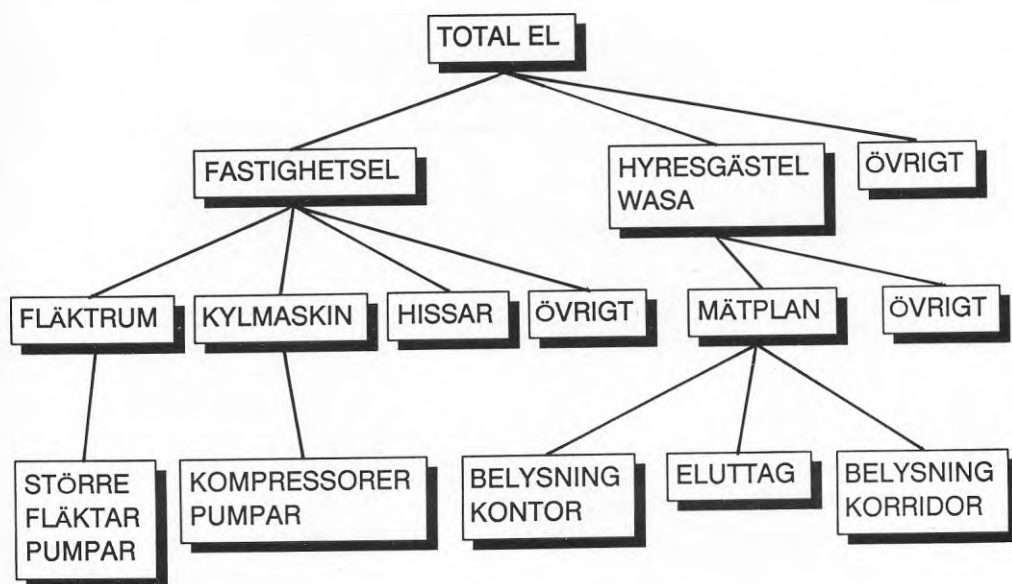
**Figur 6.56** Effektprofilen för kök och matsal en sommarvecka

## 6.4 Kvarter Stampen, Wasa

### Hela fastigheten

Kartläggning av energianvändningen har skett genom bearbetning av historisk data från Göteborg Energi AB och med hjälp av fastighetsägarens månadsavläsningar. För att kunna beskriva fördelningen av el- och värmeenergianvändningen i byggnaden på ett bättre sätt har dessa uppgifter kompletterats med data från de detaljerade mätningarna av elanvändningen inom projektet. Detta har kunnat göras med nyinstallation av ett tiotal elmätare.

I nedanstående **figur 6.57** visas schematiskt vilken uppdelning av elanvändningen som gjorts inom FoU-projekt. Av figuren framgår bl a att elanvändningen som hör till driften av fastigheten har mätts separat liksom elanvändningen för Wasa som hyresgäst medan övriga hyresgäster ingår i "Övrigt". Av strategiska skäl har vi valt att detaljstudera fastighetsel och elanvändningen för hyresgästen Wasa. Under aktuell mätperiod har delar av kontorslokalerna samt större delen av butikslokalerna i entréplanet varit outhyrd.

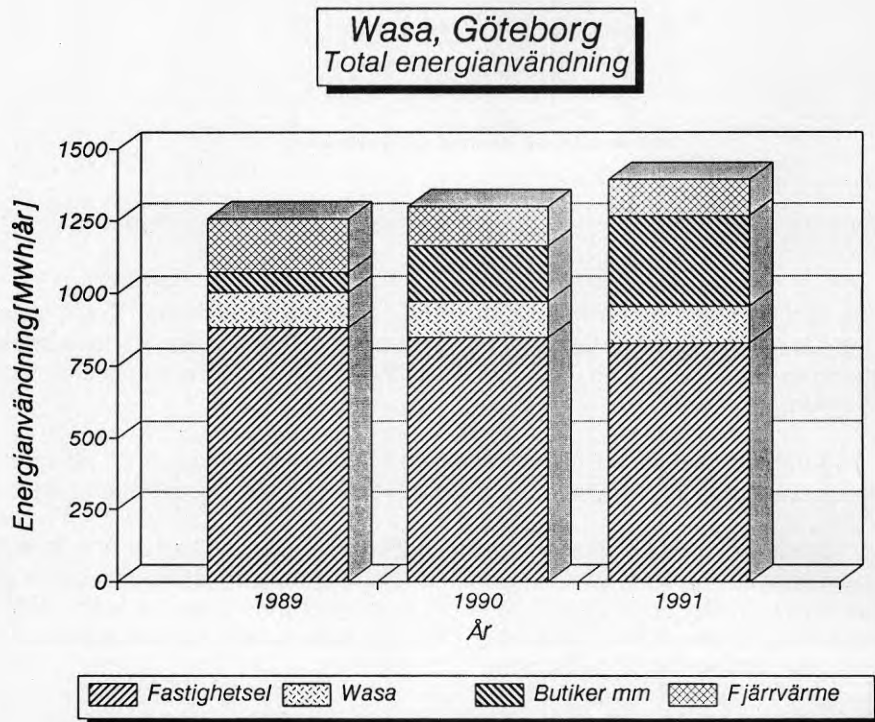


Figur 6.57 Huvudsaklig mätstrategi kv Stampen

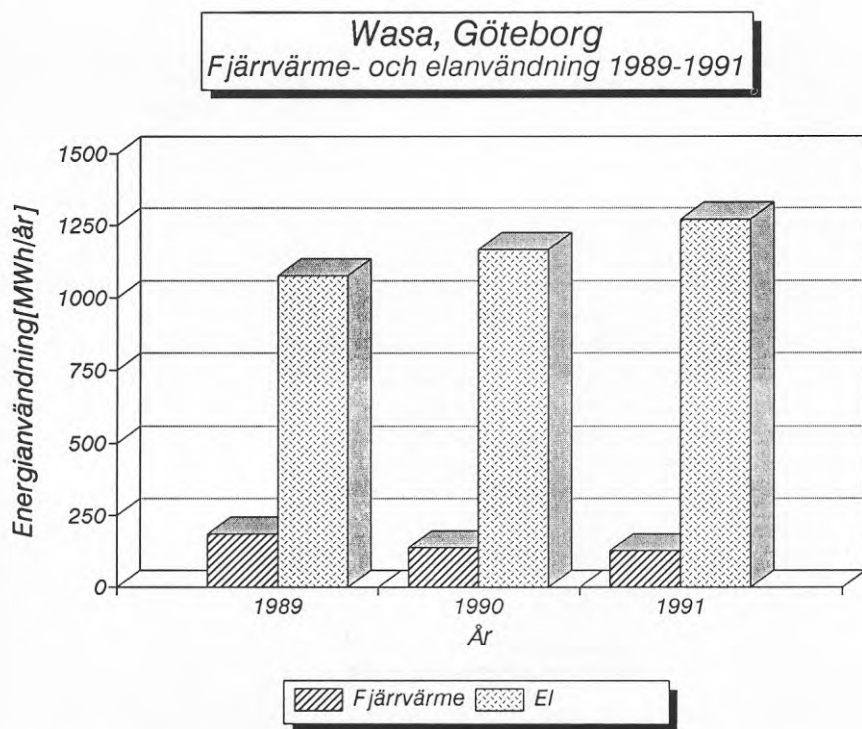
## Nuvarande energianvändning

Totala elanvändningen i fastigheten har ökat under de senaste åren medan köpt fjärrvärme har minskat, vilket framgår av **figur 6.58** nedan. Förklaringen till den ökade elanvändningen i fastigheten beror huvudsakligen på att outhyrda lokaler har minskat i antal. Fjärrvärmeanvändningen är normalårskorrigerad. Under byggtiden, dvs 1988, köptes ca 500 MWh/år fjärrvärme medan fastighetens driftel låg på ca 920 MWh/år. Efter den första intrimningen av värmepumpen 1989, köptes knappt 200 MWh/år fjärrvärme respektive 880 MWh/år driftel. Under de senaste åren har ytterligare en minskning av köpt fjärrvärme kunnat göras bl a på grund av att vissa fasader har byggts om samt tätats (!). När det gäller driftel för fastigheten hade den 1991 sjunkit till ca 825 MWh.

I **figur 6.58** framgår hur stor den totala energianvändningen för fastigheten har varit under 1989 – 1991. I **figur 6.59** återfinns sedan ett diagram där en jämförelse av fördelningen mellan el- och fjärrvärmeanvändningsnivån under åren 1989–1991 framgår. **Totalnivån** på energianvändningen har stigit från drygt 105 kWh/m<sup>2</sup>, år till ca 120 kWh/m<sup>2</sup>, år mellan åren 1989 och 1991. En yta på ca 1100 m<sup>2</sup> var under 1991 outhyrd. Dessutom var aktiviteten mycket låg i vissa lokaler.



**Figur 6.58** Sammanställning av total energianvändning 1989 – 1991



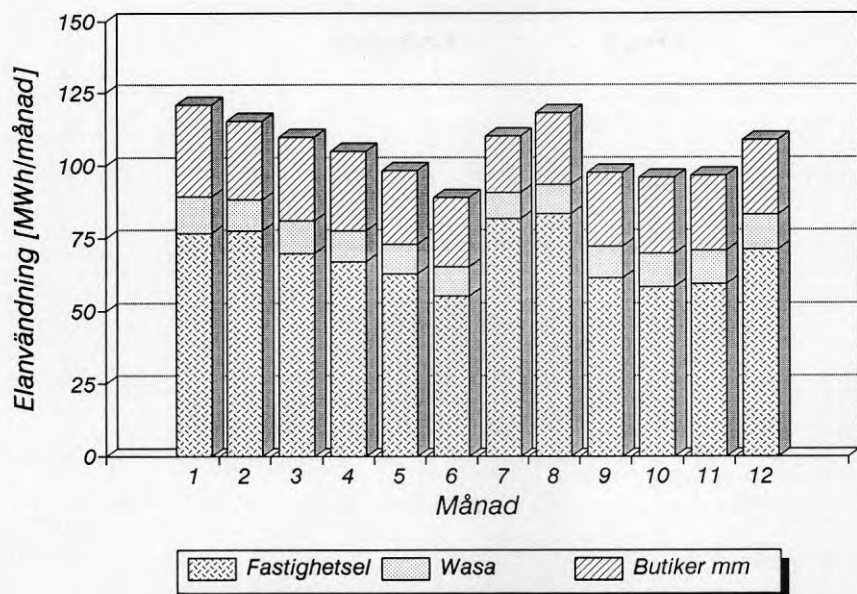
**Figur 6.59** Fördelningen mellan fjärrvärme- och elanvändning 1989-1991

Under 1991 köptes, efter normalårskorrigerig, **ca 140 MWh fjärrvärme**. Då det gäller användningen av **elenergi**, som denna rapport huvudsakligen behandlar, var den **totala elanvändningen** inom fastigheten under 1991 **ca 1270 MWh**, varav hyresgästerna stod för ca 445 MWh.

Av **figur 6.60** framgår elanvändningens fördelning under 1991 uppdelad på månader. Observera att antalet dagar i respektive månad påverkar energianvändningen något.

Höglasttid, i taxesammanhang, innebär ofta måndag-fredag mellan klockan 06 - 22 och att det endast är under vintermånaderna, som man vid debiteringen tar hänsyn till när på dygnet elenergin använts. Elanvändningen under **sk höglasttid**, vilken är knappt hälften av veckans timmar, utgör i denna fastighet ca 70 % för fastighetens totala elanvändning under en vecka. Samma procentsats gäller för driftelen.

**Wasa, Göteborg**  
**Total elanvändning**



**Figur 6.60** Elanvändningen under 1991 uppdelad på årets månader

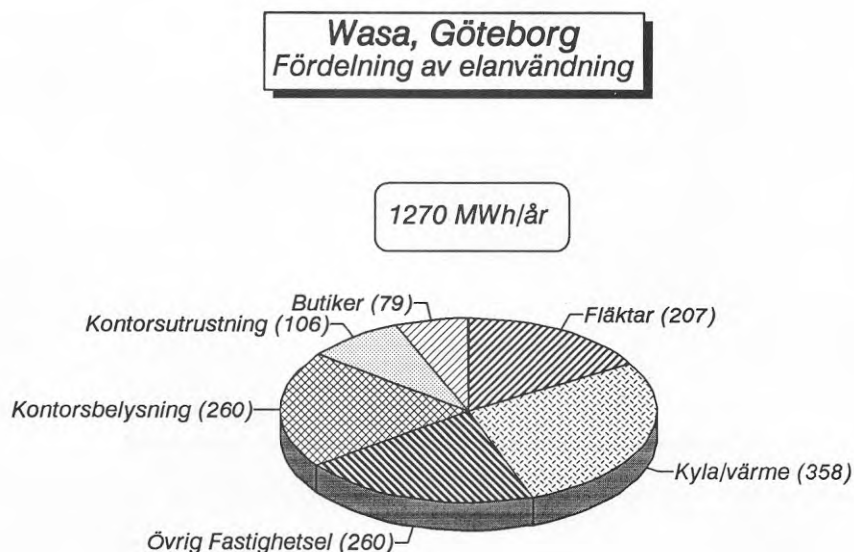
Vad avser elanvändningen under augusti månad, finns här samma mönster som i övriga byggnader. För semester månaden juli är elanvändningen drygt 5 MWh lägre för hyresgästerna (Wasa, butiker mm) medan den är relativt konstant för övriga månader då den ligger på ca 40 MWh per månad. I juni har fastighetselen sin lägsta nivå för året på ca 55 MWh för att i juli–augusti uppnå sitt maximum på drygt 80 MWh/månad.

### Elanvändningens fördelning

Hur elanvändningen fördelas för hela fastigheten visas i **figur 6.61**. Av den totala elanvändningen på ca 1270 MWh/år står **driften av fastigheten**, dvs fläktar, kyla och hissar etc för ca 65 % eller 825 MWh/år varav fläktar står för 207 MWh/år. Den kombinerade kyl/värmepumpen med tillhörande kondensorfläktar etc står för 358 MWh/år. I **posten övrig fastighetsel** ingår pumpar, hissar, varmvattenberedare, värmekablar, belysning i trapphus, garage mm med en total elanvändning på 260 MWh/år.

När de gäller hyresgästerna står **Wasas** kontorslokaler, med en total area på ca 2880 m<sup>2</sup> för ca 10 % eller 130 MWh/år. Denna el användes till nästan 80 % för belysning medan kontorsutrustning står för resterande andel. Tillsammans med övriga hyresgäster på kontorsplanen är den totala elanvändningen för kontorsbelysning och kontorsutrustning ca 366 MWh/år med fördelningen 260 respektive 106 MWh/år.

När det gäller **butiker** är elanvändningen ca 6 % eller 79 MWh/år men i den posten ingår **inte** tillhörande luftbehandlingssystem. Av den totala arean för butikerna, på 1400 m<sup>2</sup>, var nästan 60 % **outhyrt** under mätperioden.



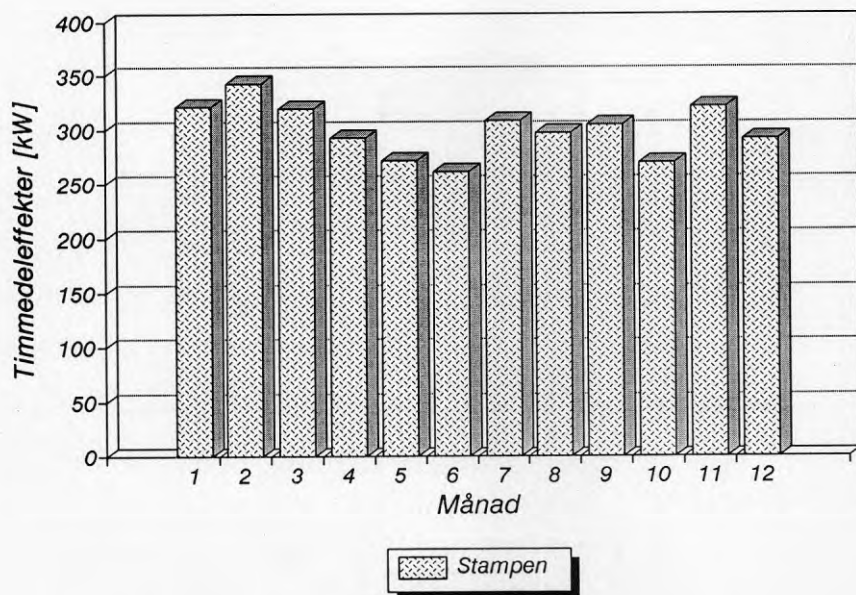
**Figur 6.61** Elanvändningens fördelning på "slutanvändare" [1991]

### Nuvarande eleffektbehov

Effektbehovet varierade under 1991 mellan ett minimivärde på 270 kW och ett maximumvärde på 343 kW, dvs en variation på ca  $\pm 12$  % kring ett medelvärde på 306 kW. Detta framgår av **figur 6.62** nedan. Varav hyresgästernas effektbehov varierade mellan 94 kW och 118 kW med undantag från juli månad då effektbehovet kom ner till ca 75 kW. Av hyresgästernas effektbehov står Wasas kontorslokaler för ett behov på mellan 20 – 35 kW. Där det lägsta värdet gäller för juli och det högsta för december.

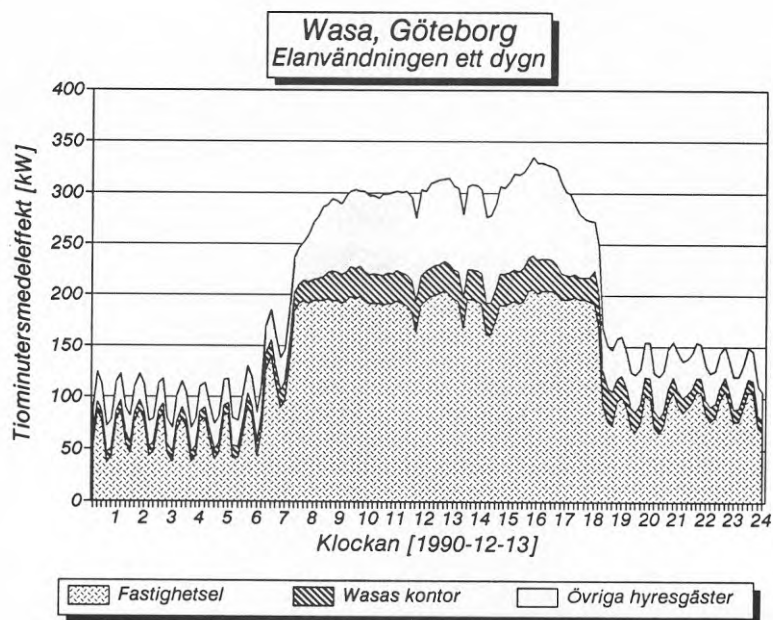


**Wasa, Göteborg**  
Maximala eleffekter - Totalt

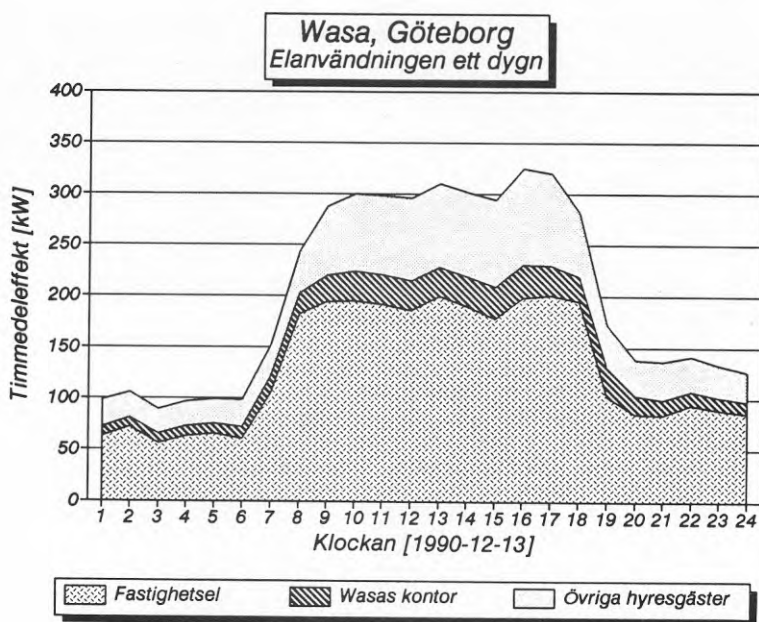


**Figur 6.62** Effektbehov månad för månad gällande 1991

Vid en jämförelse mellan tiominuterseffekter och timmedeleffekter visar det sig att sammanlagringseffekten för hela byggnaden är sådan att registrerad skillnad i maxeffekter endast är ca 3 %. Ett exempel på detta visas i **figur 6.63 - 6.64**. Om man analyserar samma skillnad för ett enskilt kontorsplan erhålls en skillnad på knappt 5 % i uppmätta maximala eleffekter.

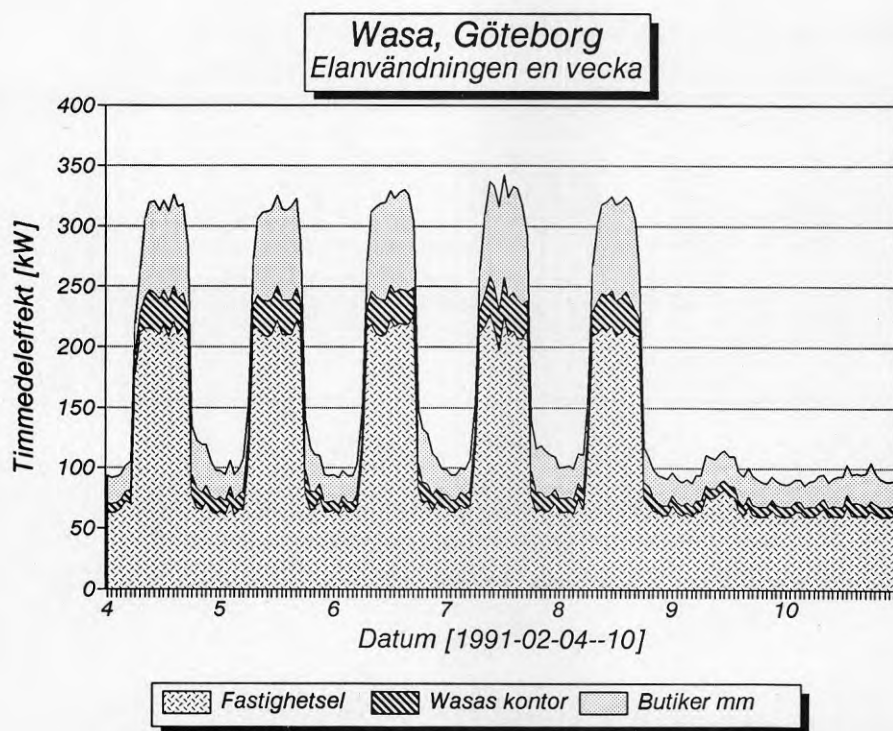


Figur 6.63 Tiominuterseffekter luciadagen 1990

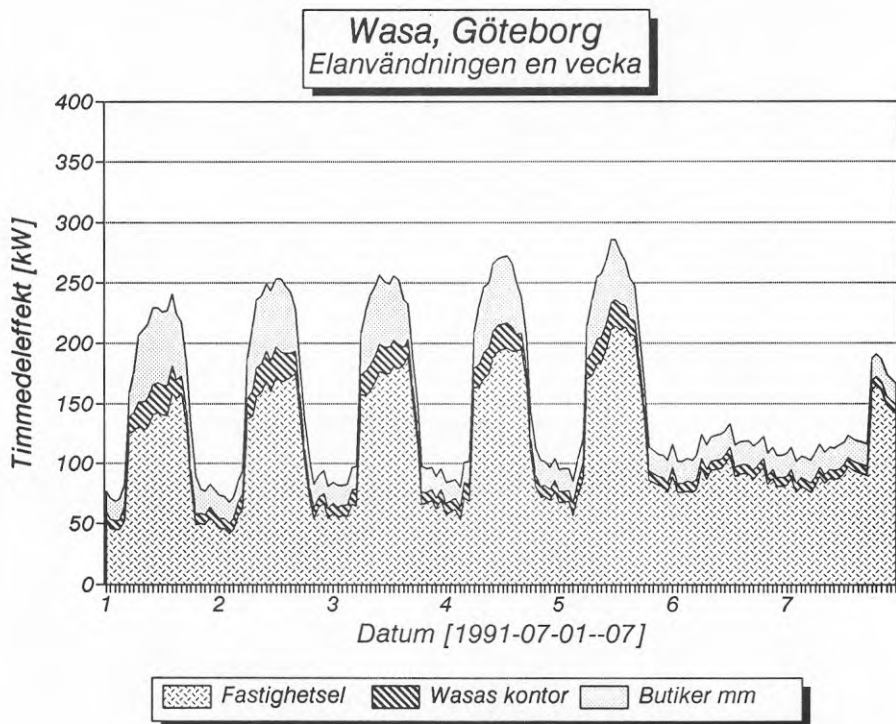


Figur 6.64 Timmedeleffekter luciadagen 1990

Utifrån mer än ett års mätningar på tim- respektive tiominutersbasis, har vi kunnat konstatera att årstidsvariationen på totalnivån varierat något mer än vad som varit fallet för de två tidigare redovisade fastigheternas effektuttag. I den fortsatta redovisningen diskuteras resultat från två typiska veckor, vinter respektive sommar, **figur 6.65 – 6.66**. Nedanstående figurer ger en översiktlig bild av hur variationen över veckan ser ut. Att periodiciteten över dygnet är stor när det gäller elanvändningen även i denna fastighet framgår också.



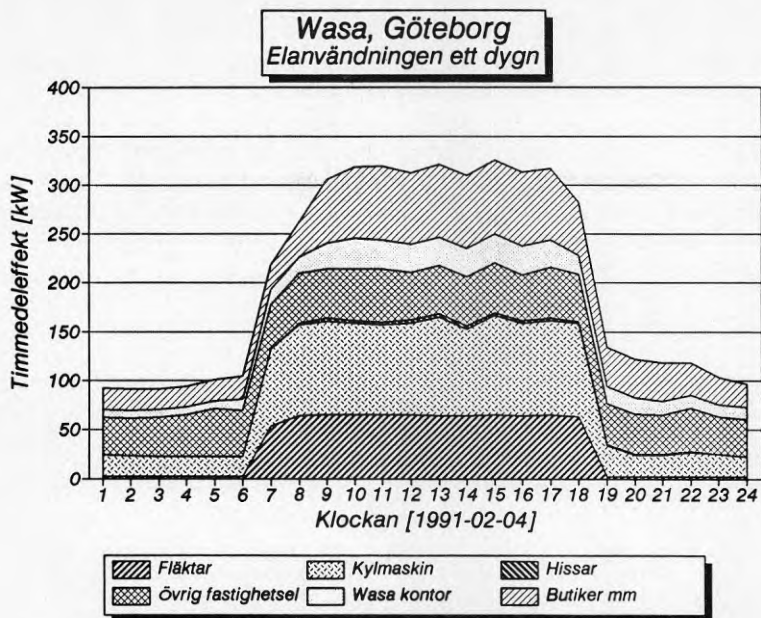
**Figur 6.65** Effektprofilen för en vintervecka 1991



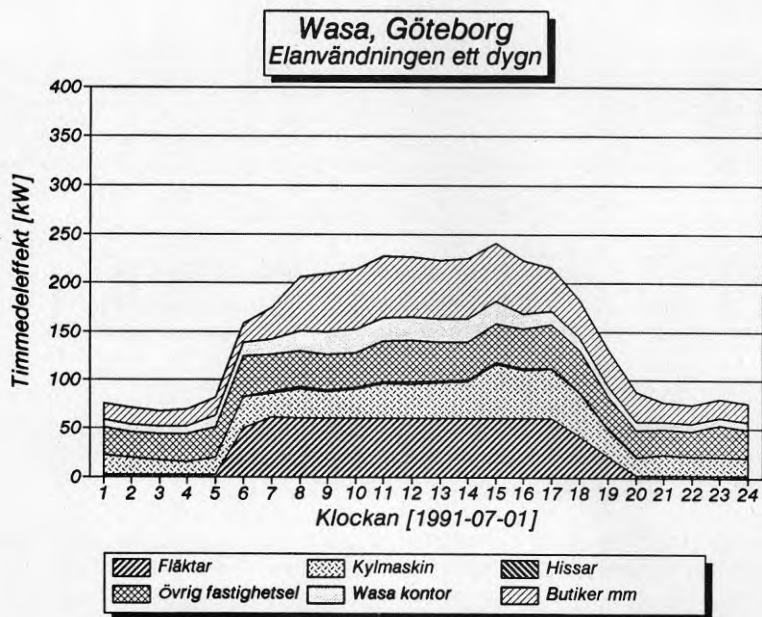
**Figur 6.66** Effektprofilen för en sommarvecka 1991

Totala elanvändningen för fastigheten är 29.1 och 26.0 MWh för vinter- respektive sommarveckan. Utifrån effektprofilerna kan man konstatera att uppmätta timmedeleffekten är betydligt lägre i sommarveckan. Det som skiljer veckorna åt är baslastens storlek samt hur elen används.

Baslasten är strax under 100 kW för vinterveckan medan den ligger kring ca 75 kW i början av sommarveckan för att i slutet ligga över 100 kW, varav luftbehandlingsanläggningen kräver mellan 25 – 50 kW. Att baslasten vintertid är mycket hög förklaras bl a av värmepumpsdriften. Fastighetselens stora andel förklaras av att vissa lokaler är outhyrda. Av vilka delar effektprofilen i övrigt är sammansatt av, framgår bättre i dygnsdiagrammen i **figurna 6.67 – 6.68**. I dessa redovisas **måndagsdygnet** i ovanstående veckor.



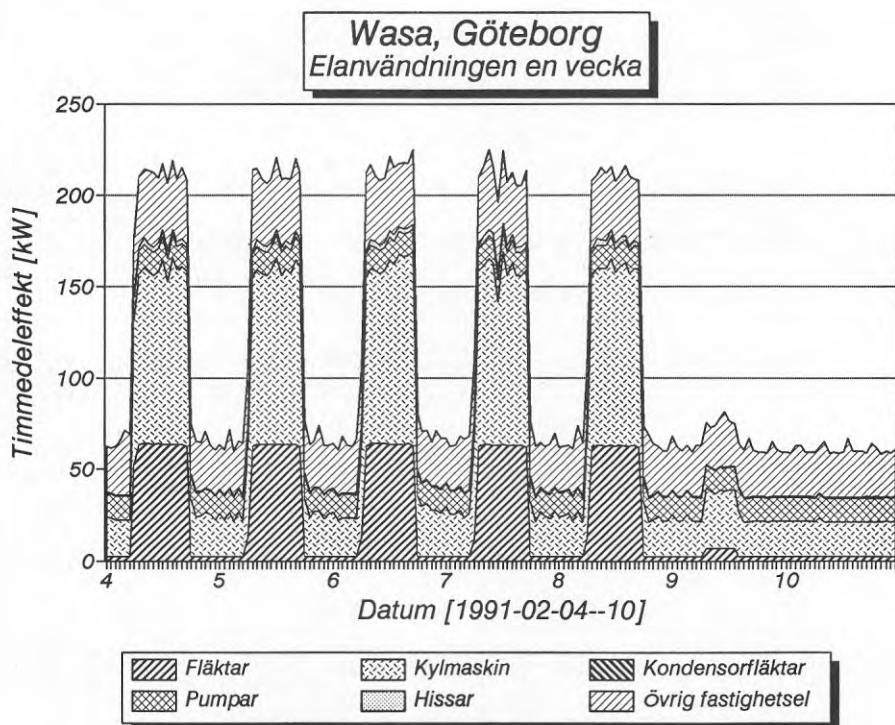
Figur 6.67 Effektprofilen för ett vinterdygn 1991



Figur 6.68 Effektprofilen för ett somrardygn 1991

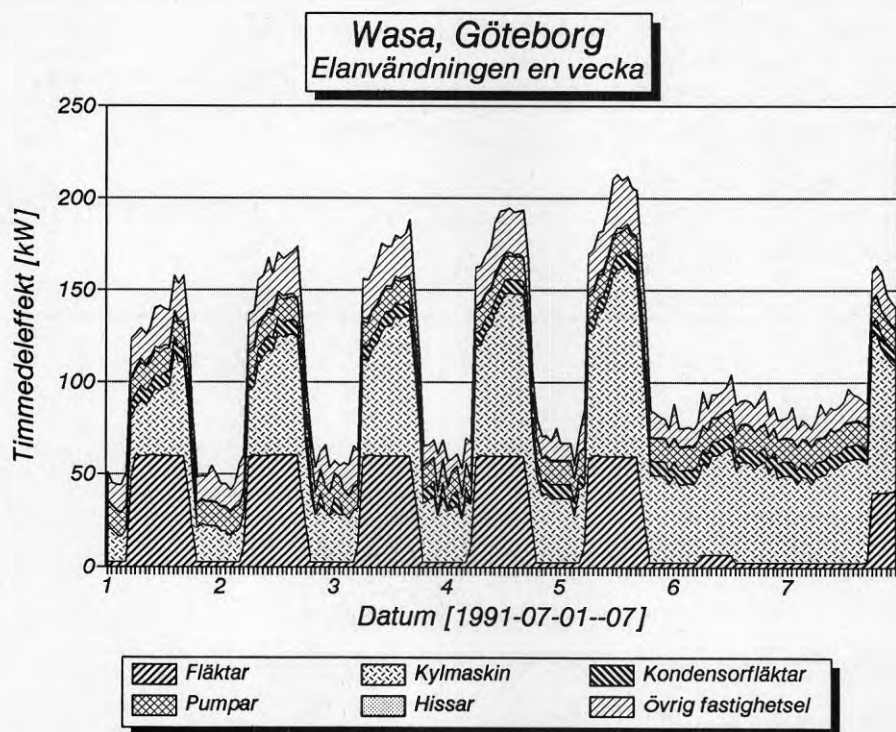
Intressant att notera är att effekttoppen i Stampen huvudsakligen inträffar **efter lunch**. Detta gäller generellt och ej enbart för ovan valda veckor.

I **figurerna 6.69 – 6.70**, där effektprofilen är uppdelad på större delposter, framgår att fläktarna liksom kylmaskinen är i drift måndag – fredag mellan kl 7 och 18. Under sommarveckan styrs kylmaskinen mer efter behov än efter klockan. De mindre fläktarna, för våtutrymmen etc, går kontinuerligt.



**Figur 6.69** Effektprofilen för fastighetsens driftel uppdelad på större delposter för en **vintervecka** 1991





**Figur 6.70** Effektprofilen för fastighetens driftel uppdelad på större delposter för en sommarvecka 1991

Luftbehandlingssystemen i Stampen är av CAV-typ (Constant Air Volume) och någon reglering av luftflödena sker således inte. Där driftfall med reducerat flöde förekommer (ventilation i VIP-våning) sker detta med hjälp av tvåhastighetsmotorer. De stora fläktarna i byggnaden är försedda med bakåtböjda skovlar (B-hjul).

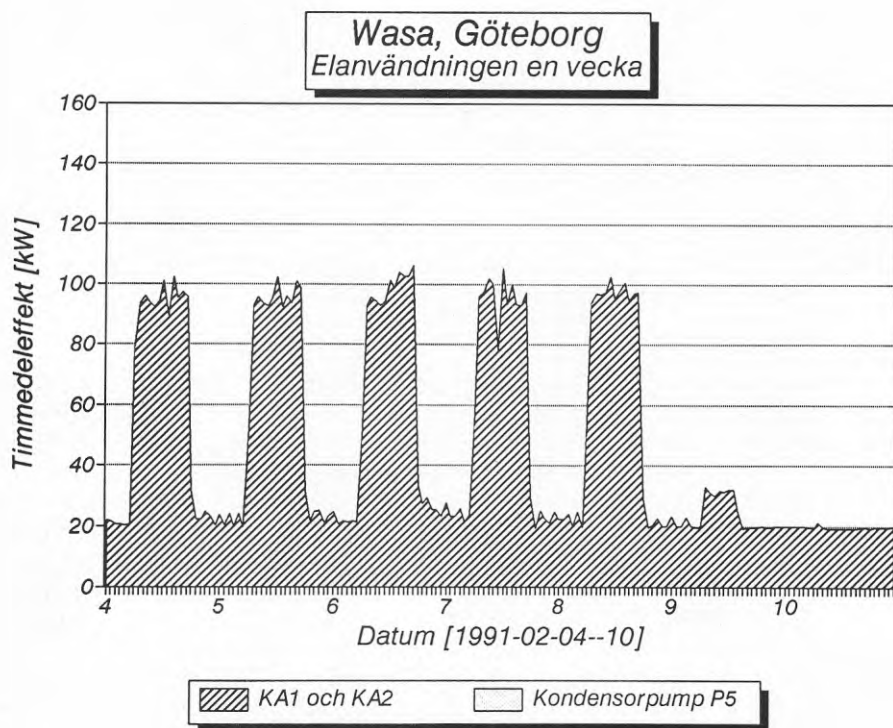
Märkeffekten för de stora aggregaten i byggnaden ligger på knappt 75 kW, varav kondensorfläktarna TA1/FA1 står för 52 kW. Våra mätningar ger dock en uppmätt effekt på endast drygt 40 kW, vilket innebär att maximalt uppmätt effekt är ca 80 % av märkeffekten och uppmätt effektfaktor ( $\cos \phi$ ) drygt 0.70.

Den specifika elanvändningen, för den del av ventilationsanläggningen som omfattar kontorsrummen, redovisas i **figur 6.71**. Beräkningen är gjord med såväl märkdata som uppmätta data på fläktmotorernas effekter. När det gäller flödet för aktuella fläktar är det 36400 m<sup>3</sup>/h på tilluftssidan respektive 36200 m<sup>3</sup>/h på frånluftssidan enligt projekteringshandlingar. Dessa flöden är uppmätta till 32300 m<sup>3</sup>/h på tilluftssidan respektive 36700 m<sup>3</sup>/h på frånluftssidan. Den i figuren nedan beräknade SFP-faktorn baseras på tilluftsflödet.

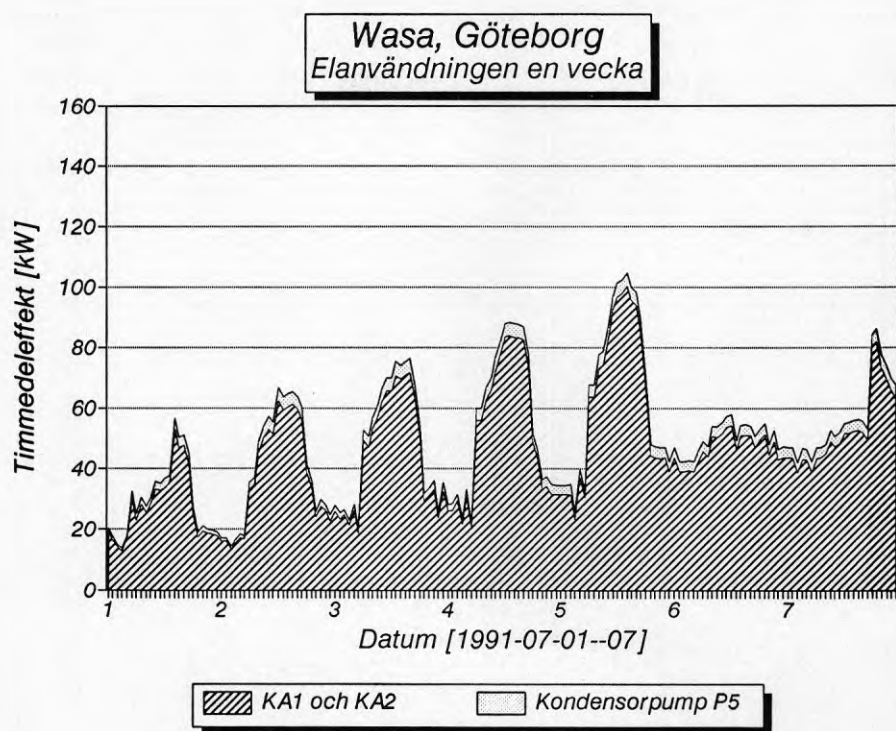
Aggregat- beteck- ning	Betjänings- område	Luft- flöde Till/från	Specifik fläkt- eleffekt	Luft- flöde Till/från	Specifik fläkt- eleffekt
		Projekterat [m <sup>3</sup> /s]	Märkdata [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	Uppmätt [m <sup>3</sup> /s]	Uppmätt [kW/(m <sup>3</sup> /s)]
TA1/FA1	Kontor	10.1/10.1	5.2	9.0/10.2	4.6
FF1-FF5	Våtutrymmen				

Figur 6.71 Specifik fläkteffekt för kontorsfläktarna

I figur 6.72 – 6.73 visas hur kylmaskinerna/värmepumpen samt kondensorpumpen arbetat under de två valda veckorna.



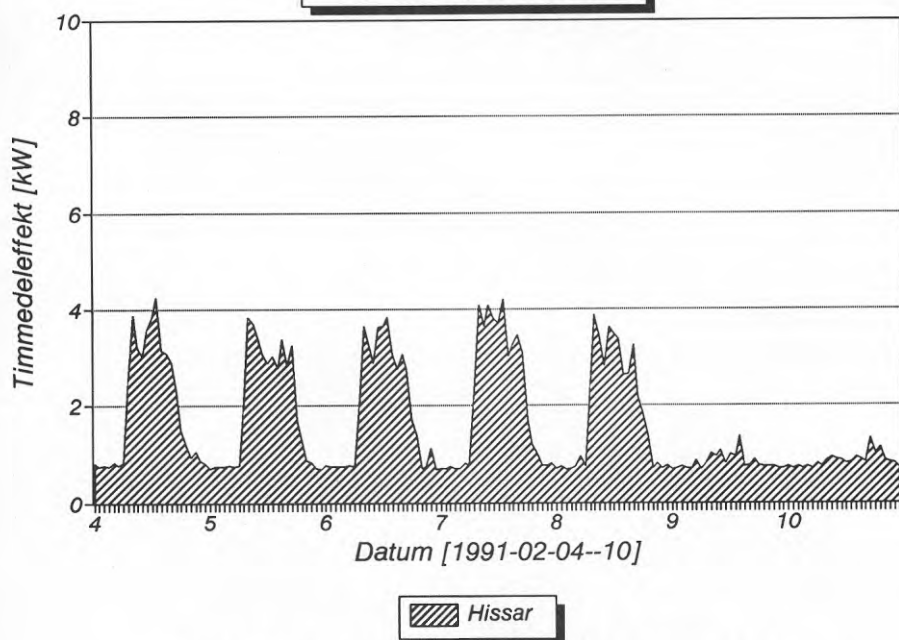
Figur 6.72 Effektprofilen för kylmaskin/värmepump inkl kondensorpump en vintervecka 1991



**Figur 6.73** Effektprofilen för kylmaskin/värmepump inkl kondensorpump en sommarvecka 1991

Till hyresgästernas elanvändning hör delposterna kontorsutrustning och kontorsbelysning och butiker, se figur 6.61. I nedanstående redovisning behandlas de delar av kontorsplanen som har Wasa Försäkringsrörelse och Fastighetsavdelning som hyresgäst. Dessa delar utgörs av kontorsrum, konferensrum etc. Framförallt koncentreras redovisningen till den del av plan 4, där totala elanvändningen samt delar av den mätts.

Inledningsvis redovisas mätningarna av elanvändningen för personhissarna i figur 6.74, vilken inräknas i fastighetens driftel. Denna indikerar hur aktiviteten varierar i byggnaden under en vecka. I genomsnitt ligger hissarnas elanvändning på knappt 300 kWh/vecka under vintern och kring 200 kWh/vecka under övrig tid, eller totalt ca 14 MWh/år.



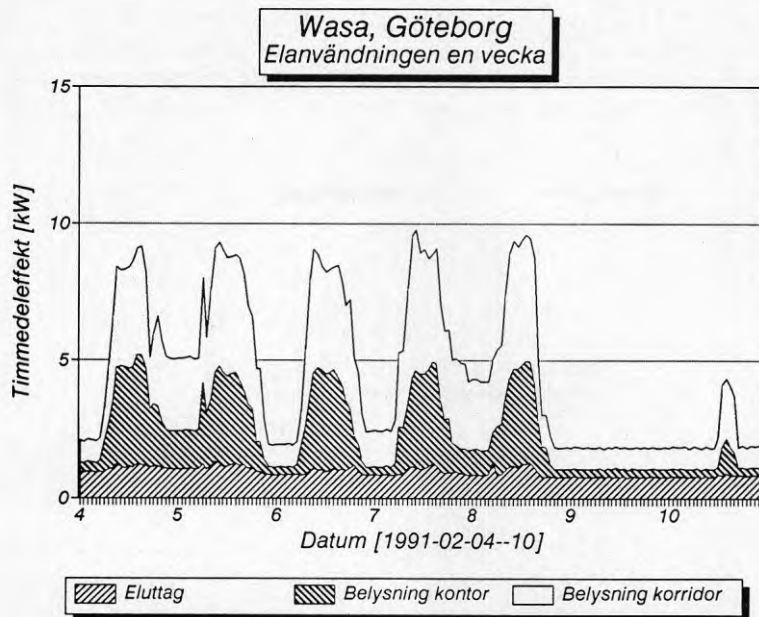
Figur 6.74 Effektprofilen för hissar en vintervecka 1991

Totala elanvändningen för **hela Wasas kontor** på 2880 m<sup>2</sup> är 2.8 och 2.2 MWh för vinter- respektive sommarveckan, dvs något lägre under sommaren. Man kan även konstatera att för uppmätta maximala timmedeleffekter, för hela kontorsverksamheten respektive för det mätplan där en separering av elanvändningen har registrerats, har en minskning mellan veckorna skett. Även baslastens storlek skiljer sig något åt mellan de två veckorna för hela kontoret, se **figur 6.65 – 6.66** och för mätplanet **figur 6.75 – 6.76**.

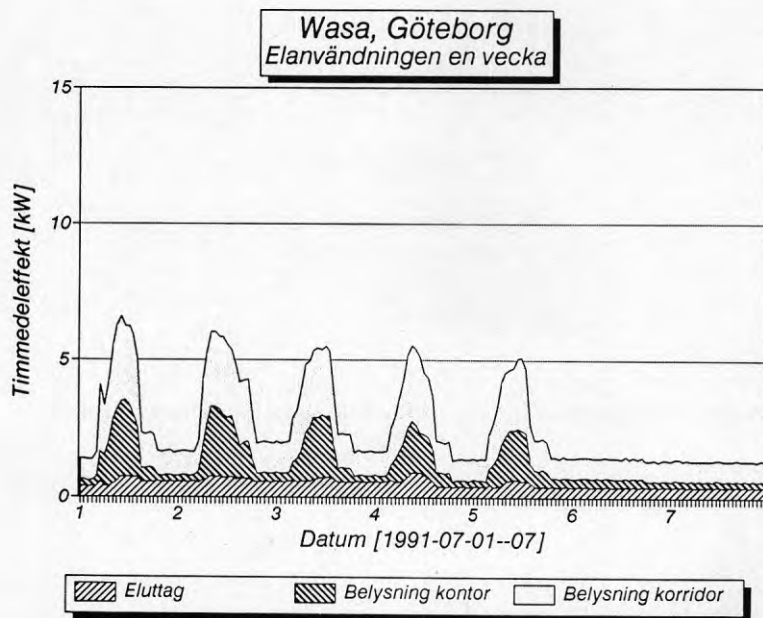
För mätplanet är veckoanvändningen av el 0.8 respektive 0.4 MWh/vecka för vinter- respektive sommarveckan. Skillnaden i elanvändning mellan dessa veckor beror huvudsakligen på att belysningen används mindre i korridorer och kontorsrum men även posten "Eluttag" är mindre.

Det tidigare markerade karakteristiska draget i elanvändningsmönstret på mätplanet, som för de två tidigare redovisade fastigheterna med torsdagarnas bredare effektprofil och därmed större energianvändning och fredagens smalare profil, är inte lika tydligt här. Fredagens effektprofil är för denna fastighet oftast lite lägre och mjukare till formen än övriga dagars effektprofiler.

Nedan kommer de mätta delposterna för mätplanet att analyseras lite närmare. Det som benämns "**eluttag**" i diagrammen belastas huvudsakligen av eluttag i kontorsrum samt kyl/sval etc samt belysningsarmaturer i förråd, WC mm. "**Belysning kontor**" belastas huvudsakligen av belysningsarmaturer och "**belysning korridor**" belastas förutom av belysningsarmaturer av några eluttag för bl a kopieringsmaskiner.

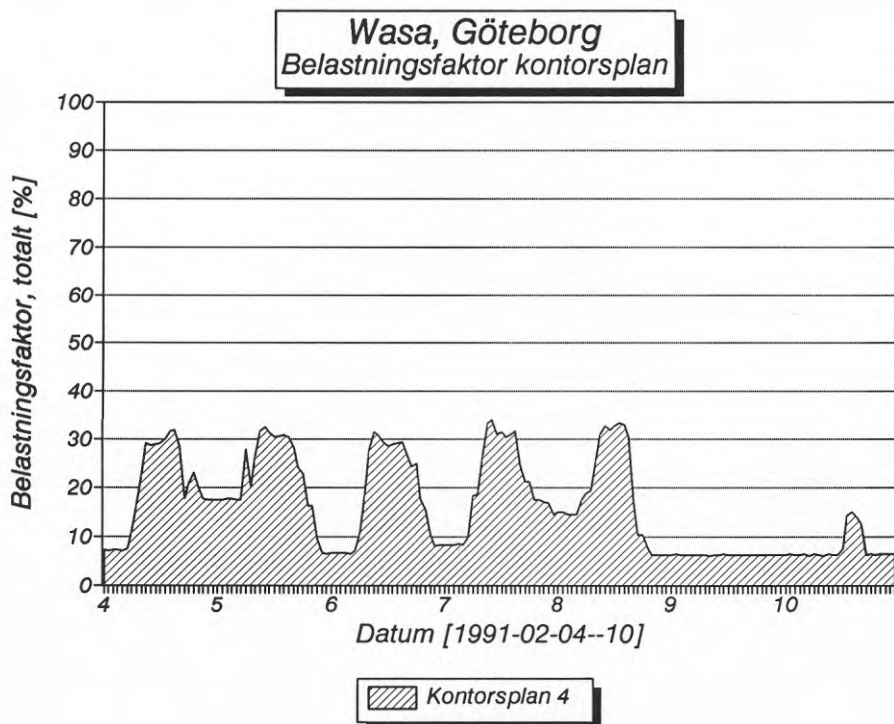


**Figur 6.75** Effektprofilen för mätplan en vintervecka 1991



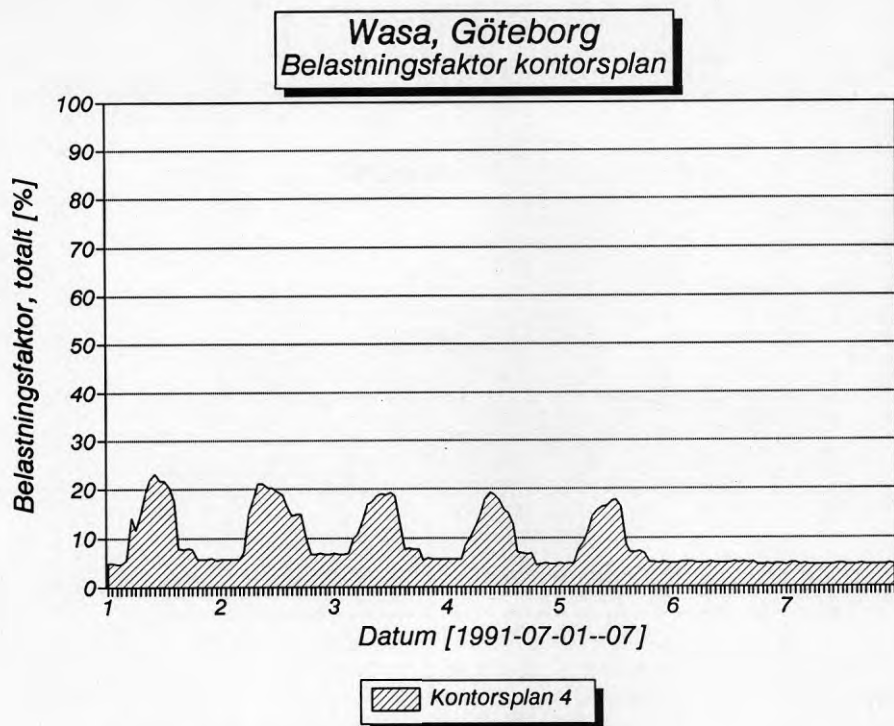
**Figur 6.76** Effektprofilen för mätplan en sommarvecka 1991

I nedanstående figurer 6.77 - 6.78 visas hur stor andel av den totalt installerade märkeffekten på 28.7 kW som finns på mätplanet och som samtidigt utnyttjas under ett par veckor. Under 1991 uppmättes knappt 40 % eller 11.3 kW som maxeffekt.



Figur 6.77 Belastningsfaktor för mätplan en vintervecka 1991





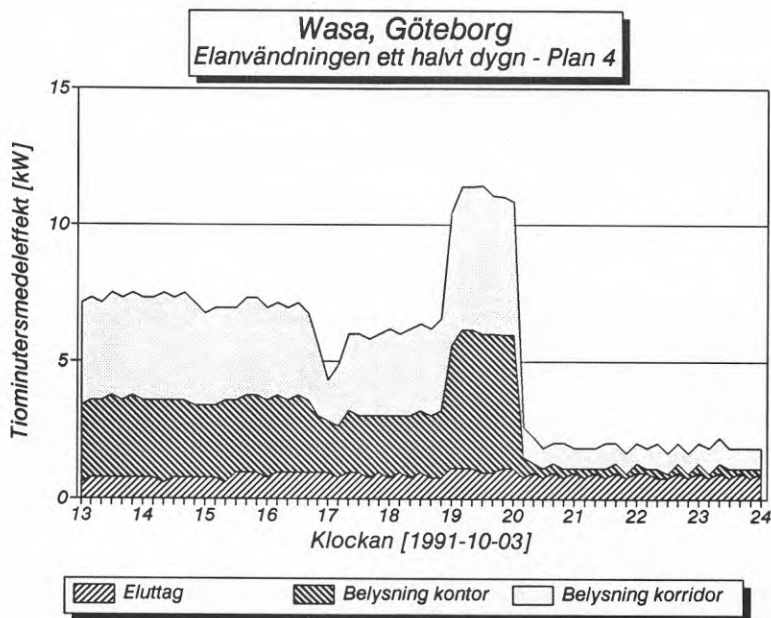
**Figur 6.78** Belastningsfaktor för mätplan en sommarvecka 1991

När det gäller takarmaturerna för allmänbelysning på planet, är som framgått tidigare den **ej** mättekniska helt separerad från övrig elanvändning. De mätare som benämns "Belysning kontor" respektive "Belysning korridor" belastas huvudsakligen av takarmaturer. Detta har bekräftats av ett **belysningstest**, där alla takarmaturer först släcktes för att efter en halvtimme tändas igen, se **figur 6.79 - 6.80**. Skillnaden i min och max effekt stämmer med gjord inventering.

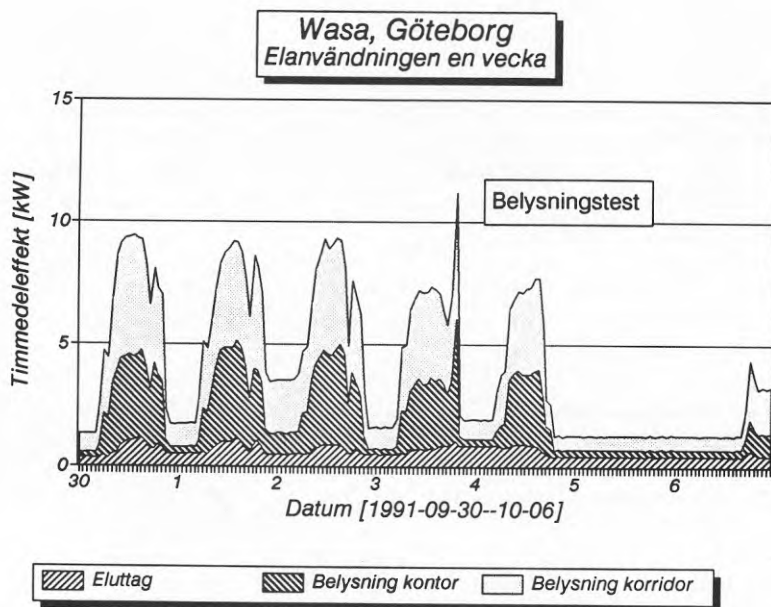
Med kännedom om vilka armaturer som utgör nattbelysning och med kännedom om hur den installerade effekten fördelas på de tre installerade elmätarna, har man kunnat konstatera att baslasten utgörs av 0.7 kW för belysning.

Under 1991, med en total elanvändning på 10.9 MWh och med hänsyn till en baslast på 2.7 MWh, **ej** förorsakad av belysning, erhålls en drifttid på 1600 timmar/år för kontorsrumsbelysningen. Motsvarande värden för korridorbelysningen är 16.8 MWh/år som med hänsyn till en baslast förorsakad av annat än belysning på 0.9 MWh/år, ger en drifttid på knappt 2500 timmar/år.

Maximalt uppmätt effekt under 1991 för mätplanet var 11.3 kW. Detta tillsammans med den totala elanvändningen för 1991 på 34.7 MWh ger en **genomsnittlig drifttid** på 3100 timmar/år för **all installerad elutrustning**. Om motsvarande beräkning görs med totalt **installerad märkeffekt** erhålls ca 1200 timmar/år.



Figur 6.79 Belysningstest på plan 4 – tiominutersmedeleffekter

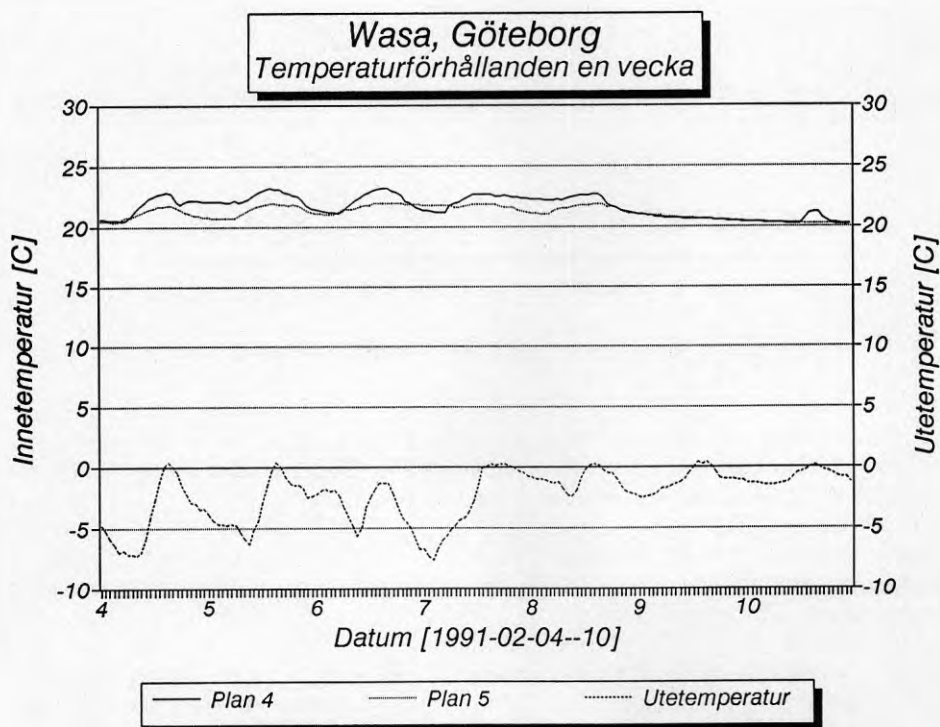


Figur 6.80 Belysningstest på plan 4 – timmedeleffekter

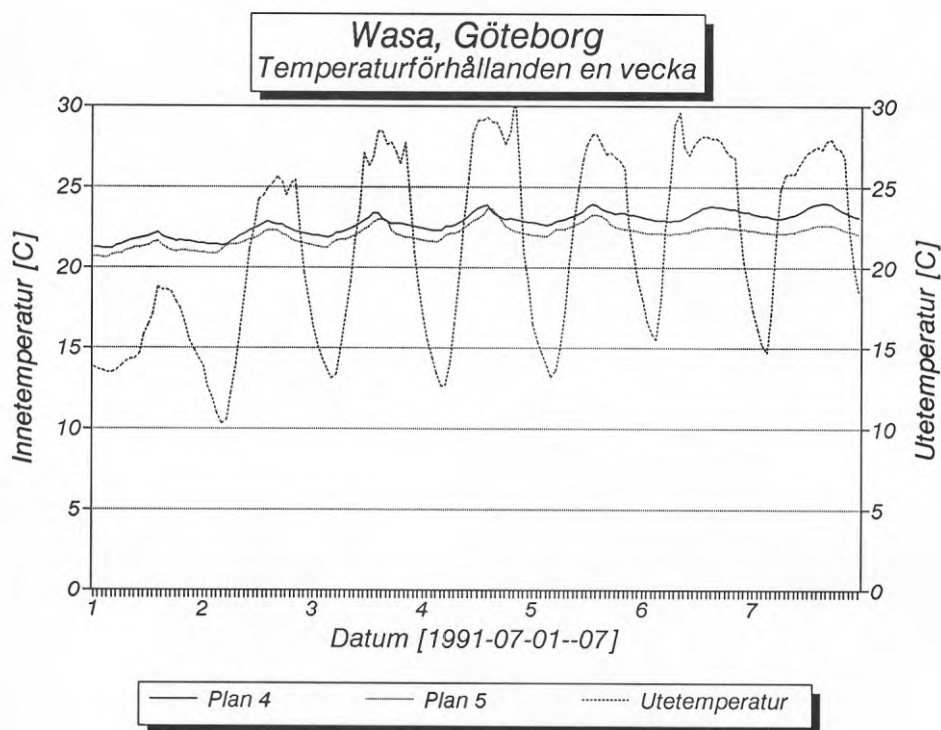
Hur inomhustemperaturnivån i byggnaden är framgår av nedanstående **figur 6.81**. De redovisade värdena är **årsmedeltemperaturer** från mätningar för hela 1991. Mätningarna har gjorts på mätplan 4 och på plan 5. I **figur 6.82 – 6.83** redovisas hur temperaturnivån varierar under en vinter- respektive sommarvecka från 1991.

Plan - Årtal	Inomhustemperatur °C
Mätplan 4 - 1991	22.1
Plan 5 - 1991	21.4

**Figur 6.81** Inomhustemperaturer i fastigheten Stampen



**Figur 6.82** Temperaturvariationer en vintervecka 1991

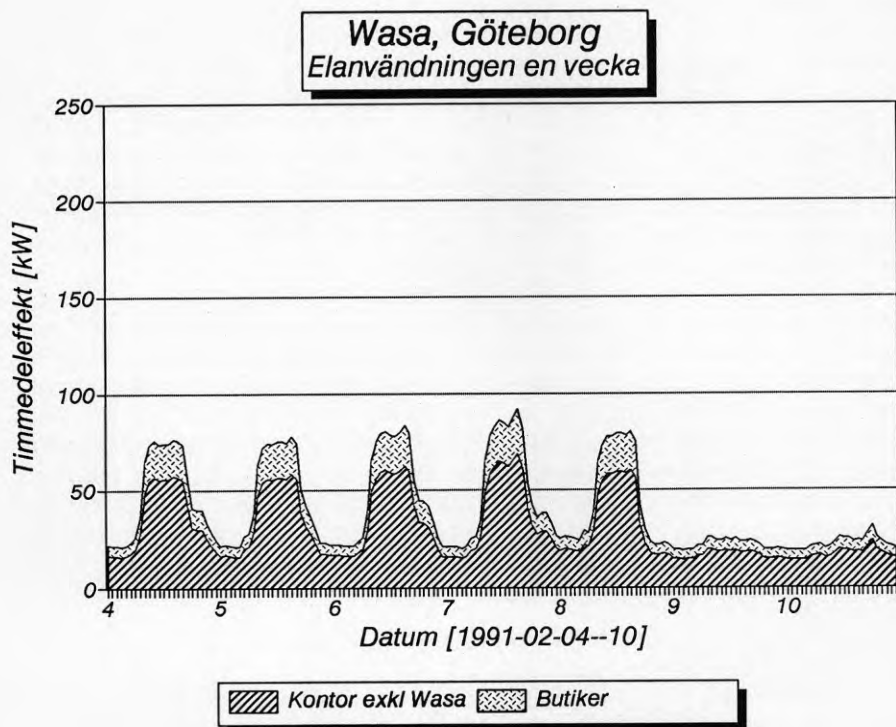


**Figur 6.83** Temperaturvariationer en sommarvecka 1991

**Övriga hyresgäster inkl butiker** upptar ca 5900 m<sup>2</sup> eller ca 65 % av den uthyrbara arean i fastigheten. När det gäller elanvändningen motsvarar detta knappt 25 % av fastighetens totala elanvändning eller 314 MWh under 1991.

Den specifika elanvändningen är 53.4 kWh/m<sup>2</sup>,år. Om hänsyn dock tas till att ca 1100 m<sup>2</sup> ej var uthyrda ger detta 65.6 kWh/m<sup>2</sup>,år för de **uthyrda** delarna. Motsvarande värde för de uthyrda lokal- och butiksareorna är 55.3 respektive 143.6 kWh/m<sup>2</sup>,år.

I **figur 6.84** visas effektprofilen för en vintervecka för **övriga hyresgäster**, dvs kontorlokaler **exklusive** Wasa samt butiker. För denna vecka står dessa för en elanvändning på 6.8 MWh, vilket kan jämföras med en sommarveckas elanvändning på 5.0 MWh.



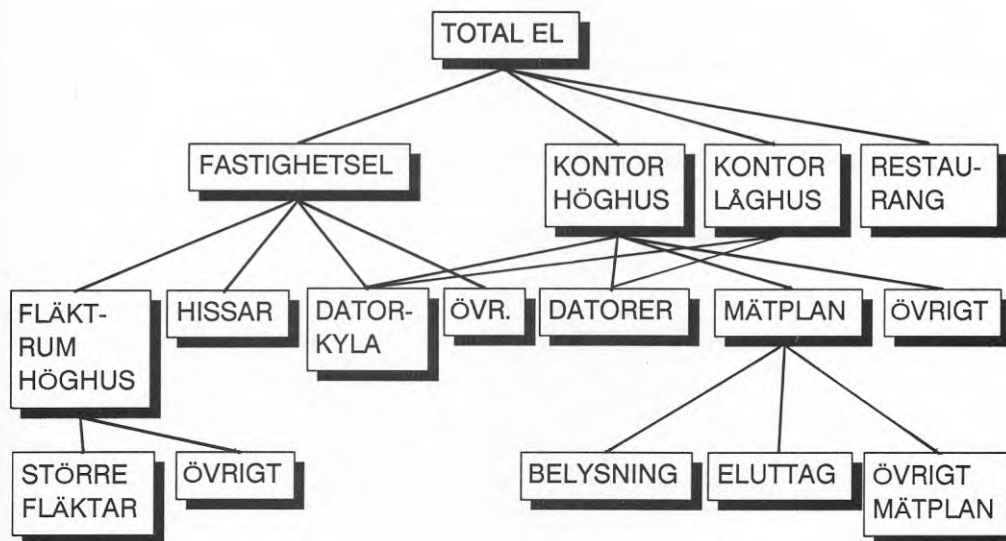
Figur 6.84 Effektprofilen för övriga hyresgäster en vintervecka 1991

## 6.5 Kvarter Lagern, Skandia

### Hela fastigheten

Kartläggning av energianvändningen har skett genom bearbetning av historiska data från Energiavdelningen på Solna Kommun och med hjälp av fastighetsägarens månadsavläsningar. För att kunna beskriva fördelningen av el- och värmeenergianvändningen i byggnaden på ett bättre sätt har dessa uppgifter kompletterats med data från de detaljerade mätningarna av elanvändningen inom projektet. Detta har kunnat göras med nyinstallation av ett tiotal elmätare.

I nedanstående **figur 6.85** visas schematiskt vilken uppdelning av elanvändningen som gjorts inom FoU-projekt. Av figuren framgår bl a att elanvändningen som hör till driften av fastigheten har mätts separat medan elanvändningen för hyresgästerna delats upp på de som hyr lokaler i låghusdelen, höghusdelen respektive restaurangen. Under åren, även under aktuell mätperiod, har delar av kontorslokalerna bytt hyresgäster, vilket medfört att lokaler stått tomma under vissa perioder. Ett av motiven för att välja **plan 14 i höghuset** som **vårt mätplan** var just att hyresgästen **inte** planerade att flytta eller att göra några större förändringar av sina lokaler under mätperioden. Av ekonomiska skäl valde vi därför också att studera fastighetselen för drift av **höghuset**.



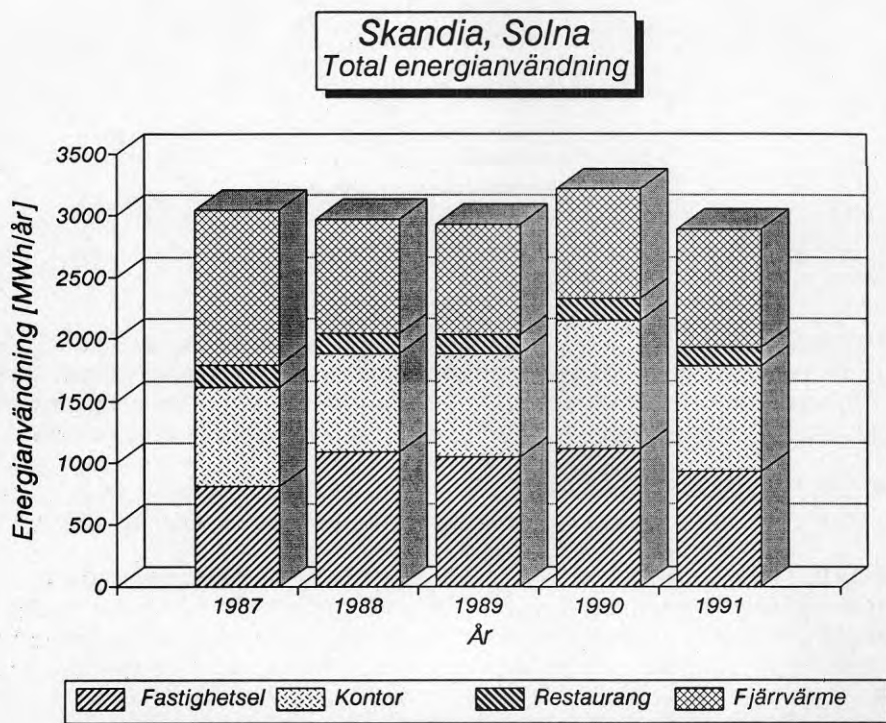
Figur 6.85 Huvudsaklig mätstrategi kv Lagern



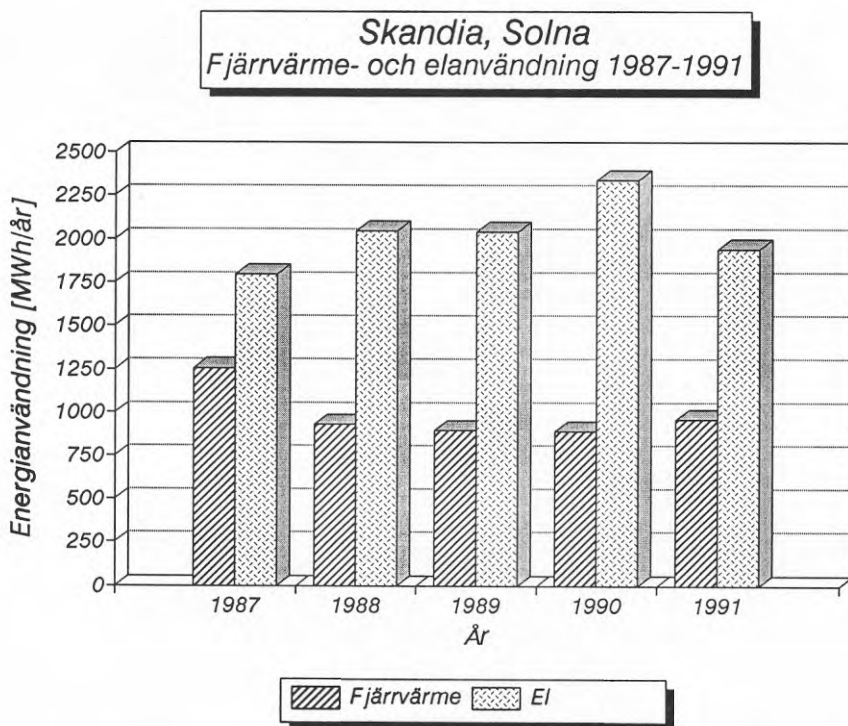
## Nuvarande energianvändning

Totala elanvändningen i fastigheten har ökat medan köpt fjärrvärme har minskat fram till och med 1991, vilket framgår av **figur 6.86–6.87**. Den kraftiga ökningen av elanvändningen under 1990 respektive den kraftiga minskningen 1991 förklaras av att en av hyresgästerna installerade minidatorer och därmed ökade kylbehovet för datorer. Denna hyresgäst flyttade under sommaren 1991 ifrån kv Lagern och därmed sjönk elanvändningen kraftigt samtidigt som fjärrvärmens ökade. Fjärrvärmeanvändningen är normalårskorrigerad.

I **figur 6.86** framgår hur stor den totala energianvändningen för fastigheten har varit under 1987 – 1991. Elanvändningen för datorkyla ingår i fastighetsel och medan elanvändningen för datorer ingår i kontor. I **figur 6.87** återfinns ett diagram där en jämförelse av fördelningen mellan el- och fjärrvärmeanvändningsnivån under åren 1987–1991 framgår. Den **totala energianvändningen** har pendlat omkring 130 kWh/m<sup>2</sup>,år med undantag för 1990 då den var 141 kWh/m<sup>2</sup>,år.



**Figur 6.86** Sammanställning av total energianvändning 1987 – 1991

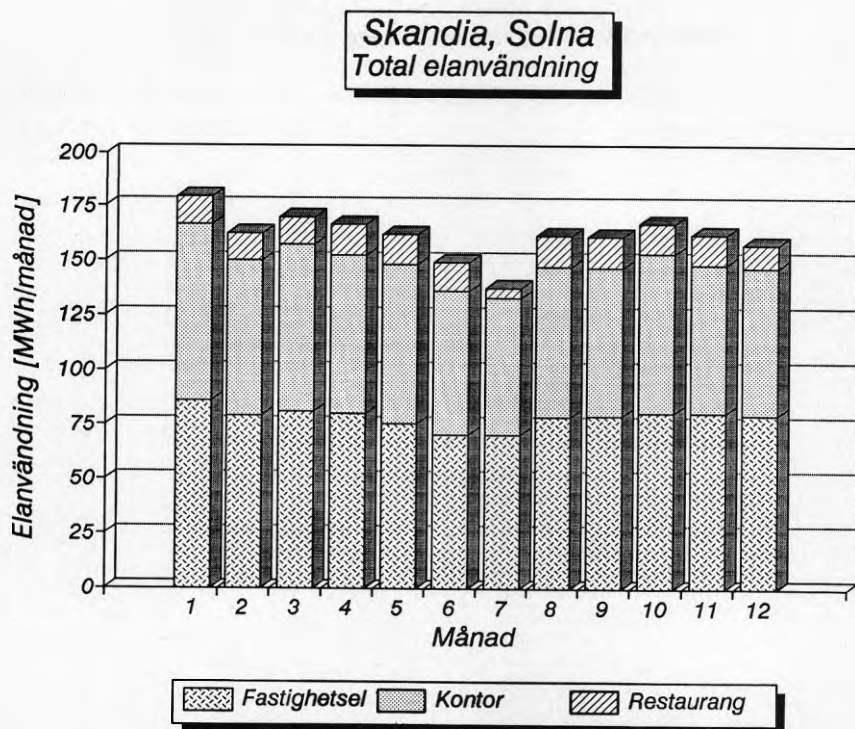


**Figur 6.87** Fördelningen mellan fjärrvärme- och elanvändning 1987-1991

Under 1991 köptes, efter normalårskorrigerig, **ca 960 MWh fjärrvärme**. Då det gäller användningen av **elenergi**, som huvudsakligen behandlas i denna rapport, var den **totala elanvändningen** inom fastigheten under 1991 **ca 1940 MWh**. Där hyresgästerna **inklusive** datorer och restaurang, men **exklusive** datorkyla, stod för ca 1005 MWh.

Av **figur 6.88** framgår elanvändningens fördelning under 1991 uppdelad på månader. Antalet dagar i respektive månad påverkar naturligtvis energianvändningen något.

Höglasttid, i taxesammanhang, innebär ofta måndag – fredag mellan klockan 06 – 22 och att det endast är under vintermånaderna, som man vid debiteringen tar hänsyn till när på dygnet elenergin använts. Elanvändningen under **sk höglasttid**, vilken är knappt hälften av veckans timmar, utgör 70 – 75 % för fastighetens driftel och för hyresgästernas del ca 60 %.

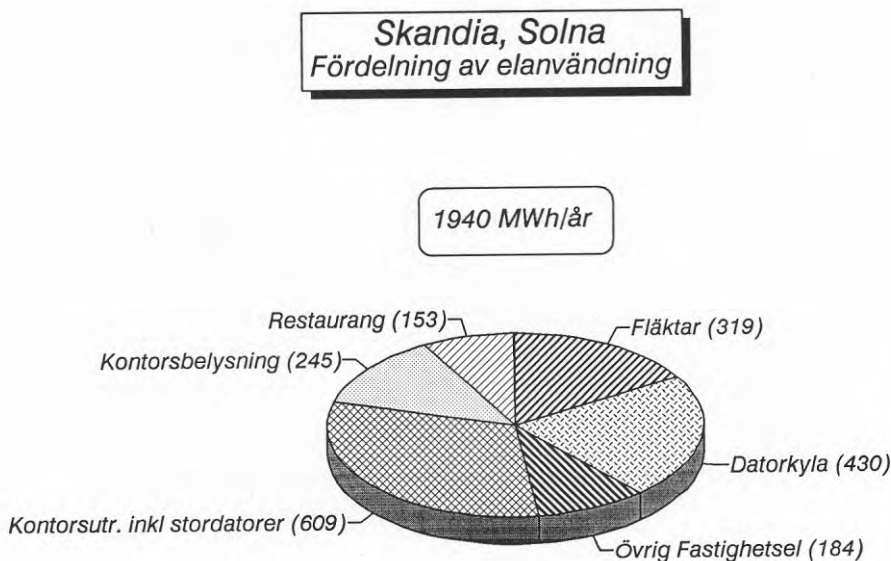


**Figur 6.88** Elanvändningen under 1991 uppdelad på årets månader

Det tidigare konstaterade mönstret med en högre total elanvändning under augusti månad än under övriga månader kan inte noteras här. En trolig förklaring till detta är att en av de stora hyresgästerna (kontor) flyttade under sommaren. Här erhålls den högsta elanvändningen under januari månad, vilket är samma månad som den maximalt uppmätta timmedeleffekten registrerats enligt **figur 6.90**. För semester månaden juli är elanvändningen drygt 15 MWh lägre för hyresgästerna (kontor) medan den är relativt konstant för övriga månader där den ligger på 85–90 MWh per månad. I juni har fastighetselen sin lägsta nivå för året på ca 70 MWh för att i januari uppnå sitt max på 85 MWh/månad. Under övriga månader är nivån ca 80 MWh, varav elanvändningen för datorkyla svarar för drygt 30 MWh/månad. Elanvändningen för restaurangen ligger på ca 10 MWh per månad, förutom under semester månaden juli, då den ligger på ca 5 MWh.

## Elanvändningens fördelning

Hur elanvändningen fördelas för hela fastigheten visas i **figur 6.89**. Av den totala elanvändningen på ca 1940 MWh/år står **driften av fastigheten**, dvs hissar, fläktar och datorkyla för ca 48 % eller 933 MWh/år. Härav svarar kylmaskinerna för datorerna för ca 430 MWh/år. **Kontor inklusive datorer** svarar för 44 % eller 854 MWh/år, varav själva datorerna svarar för 215 MWh. Den övriga elanvändningen till kontoren går till belysning och kontorsutrustning. **Restaurangens** elanvändning är drygt 150 MWh/år eller ca 8 % av den totala elanvändningen i fastigheten.

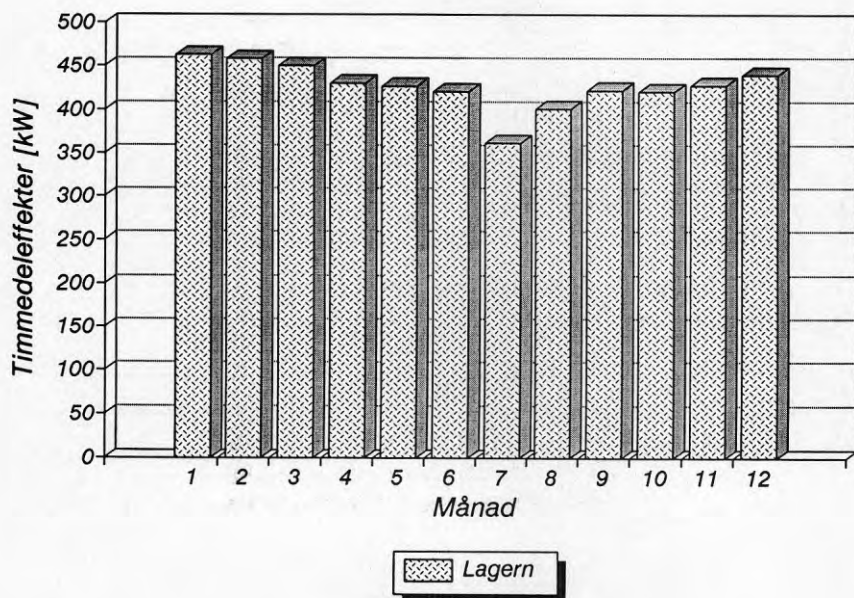


**Figur 6.89** Elanvändningens fördelning på "slutanvändare" [1991]

## Nuvarande eleffektbehov

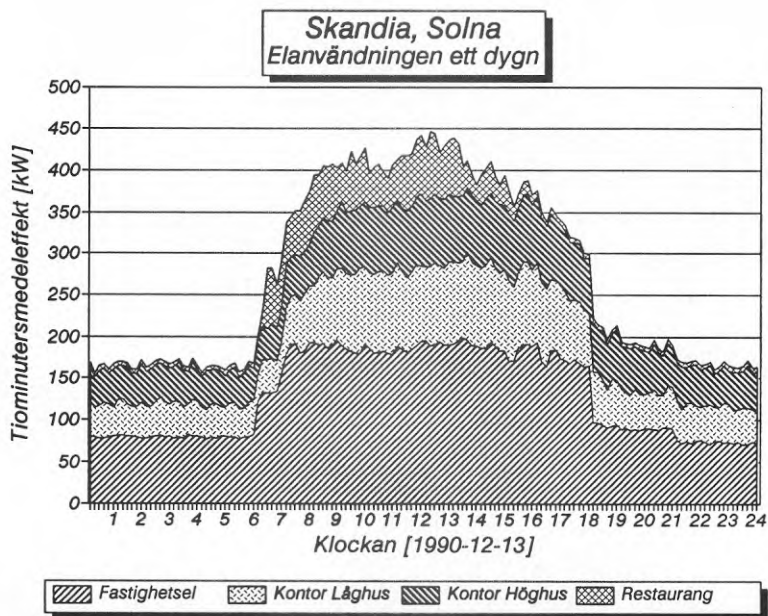
Effektbehovet varierade under 1991 mellan ett extremt minimivärde på 360 kW för juli månad och maximivärde 462 kW i januari, dvs en stor variation. Om julivärdet 360 kW ej medräknas erhålls en variation på ca  $\pm 7\%$  kring ett medelvärde på 432 kW. Detta framgår av **figur 6.90**. Hyresgästernas effektbehov varierade mellan 238 kW och 266 kW med undantag från juli månad, då effektbehovet kom ner till ca 180 kW. Av hyresgästernas effektbehov står restaurangen för ett effektbehov på mellan 65 – 90 kW. Det lägsta värdet gäller för juni och det högsta för november månad.

**Skandia, Solna**  
**Maximala effekter - Totalt**

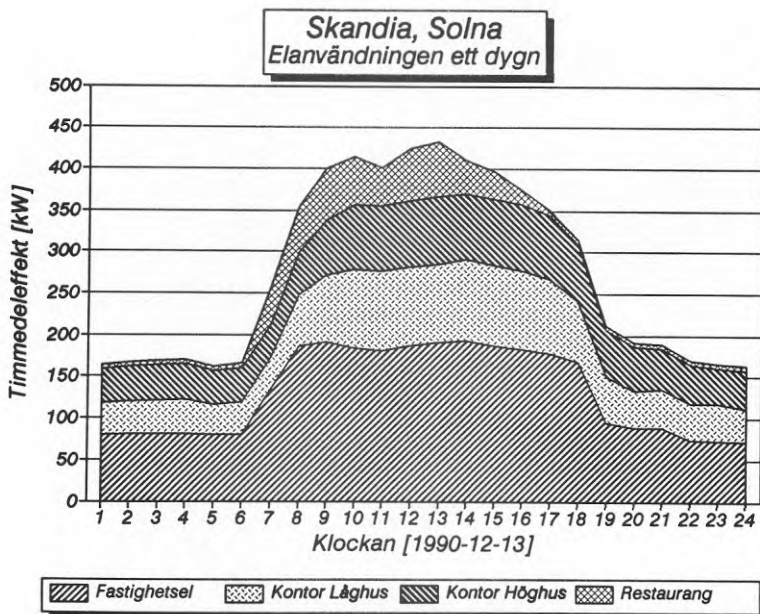


**Figur 6.90** Effektbehov månad för månad gällande 1991

Vid en jämförelse mellan tiominuterseffekter och timmedeleffekter visar det sig att sammanlagringseffekten för hela byggnaden är sådan att registrerad skillnad i maxeffekter är knappt 3 %. Ett exempel på detta visas i **figur 6.91 - 6.92**.



Figur 6.91 Tiominuterseffekter luciadagen 1990

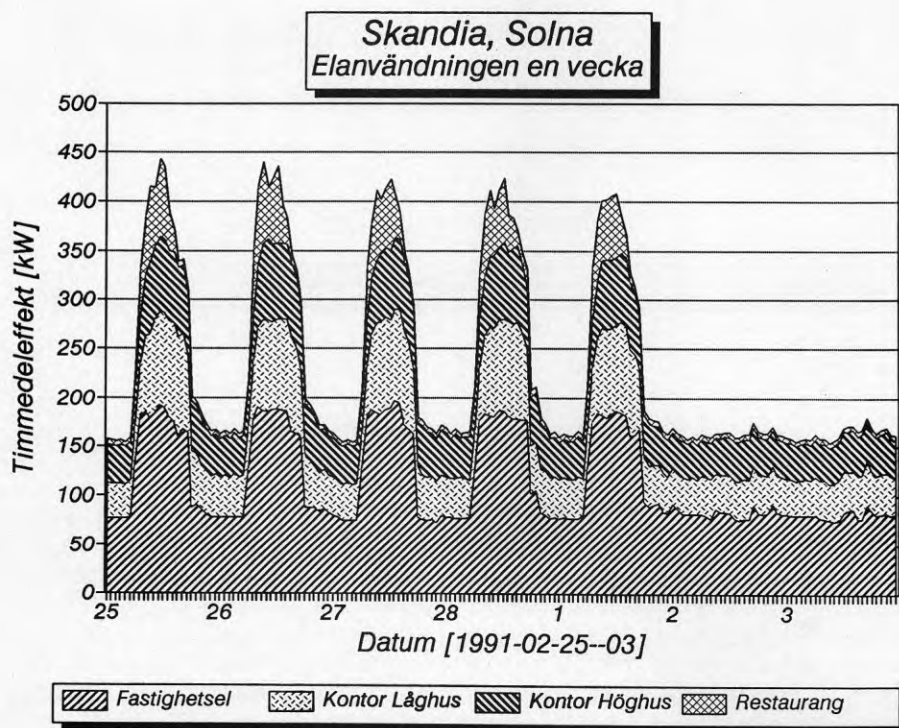


Figur 6.92 Timmedeleffekter luciadagen 1990

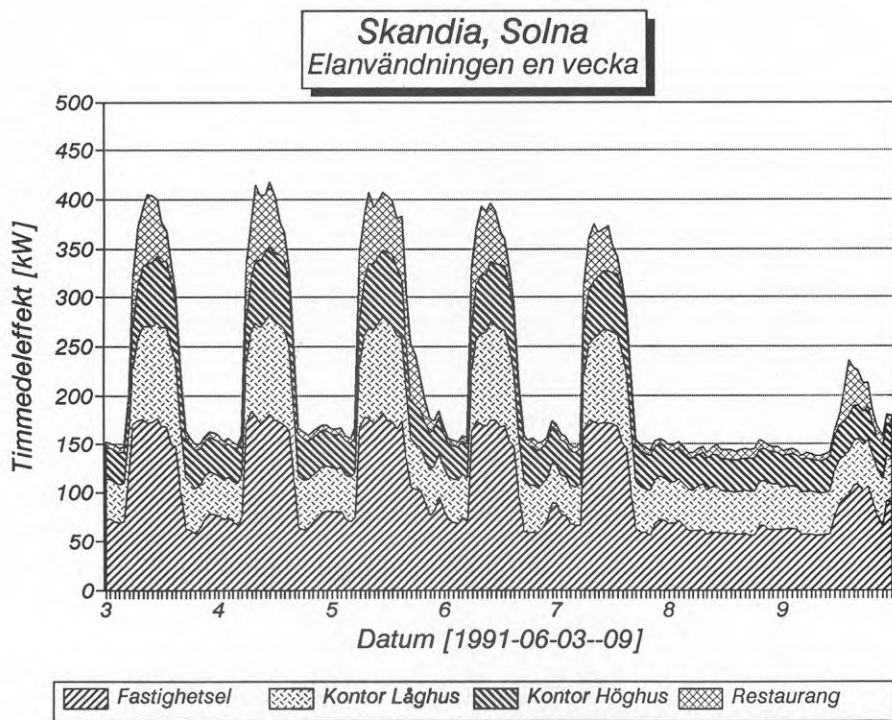


Om man analyserar samma skillnad för ett **enskilt kontorsplan** erhålls en skillnad av ca 20 % i uppmätta maxeffekter. Att skillnaden mellan maxeffekter baserade på tio-minuters- respektive timmedeleffekter är så stor för detta mätplan, i jämförelse med de tidigare redovisade fastigheterna, förklaras av att sammanlagringseffekten inte kan bli så stor. Orsaken till detta är att aktuellt mätplan är ca hälften så stort i m<sup>2</sup> räknat i jämförelse med övriga fastigheters redovisade mätplan och har därmed även lägre totalt installerad eleffekt.

Under mer än ett års mätningar på tim- respektive tiominutersbasis har vi kunnat konstatera att årstidsvariationen på totalnivån varierat måttligt om man räknar bort semester månaden **juli**, som **avviker** mer än vad som varit fallet för de tidigare redovisade fastigheternas effektuttag. I den fortsatta redovisningen diskuteras resultat från två typiska veckor, vinter respektive sommar, **figur 6.93 – 6.94**. Figurerna ger en **översiktlig** bild av hur variationen över veckan ser ut. Att periodiciteten över dygnet är stor när det gäller elanvändningen även i denna fastighet framgår också.

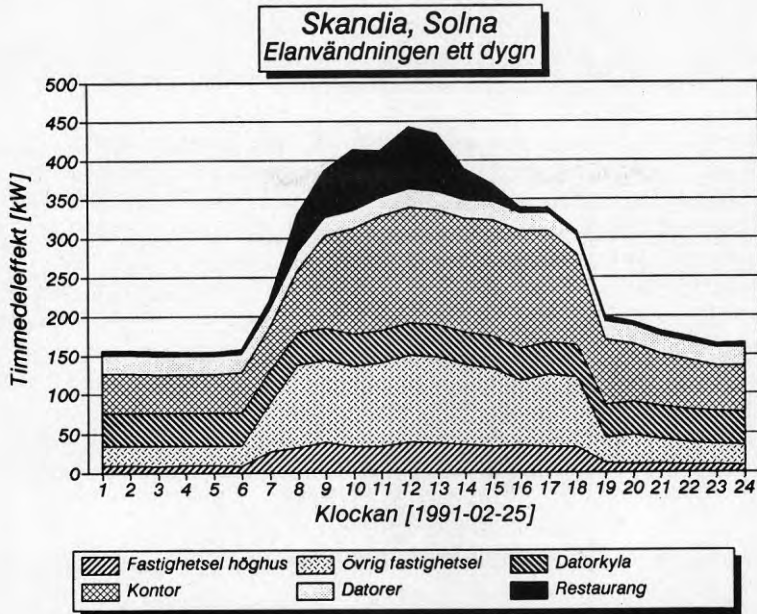


**Figur 6.93** Effektprofilen för en vintervecka 1991

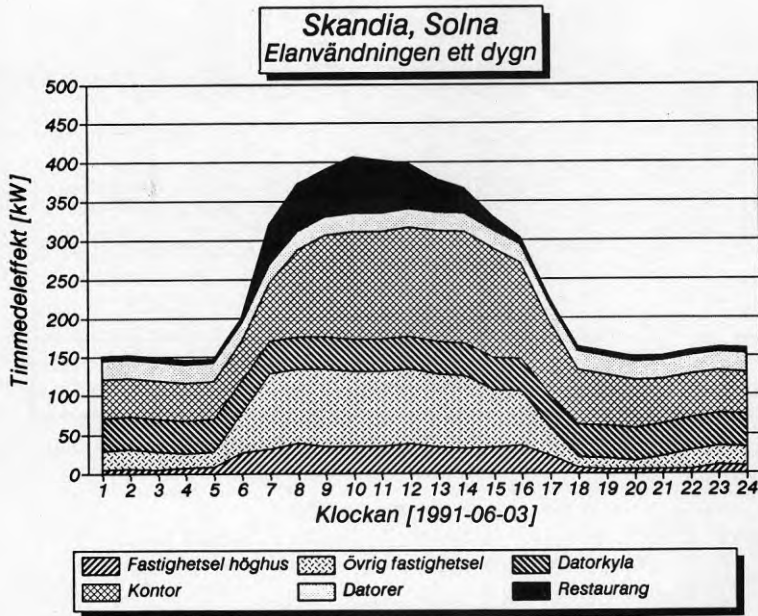


Figur 6.94 Effektprofilen för en sommarvecka 1991

Totala elanvändningen för fastigheten är 40.1 och 38.2 MWh för vinter- respektive sommarveckan samtidigt som man kan konstatera att uppmätta timmedeleffekten är betydligt lägre i sommarveckan. Baslasten storlek, ca 150 kW, är dock den samma för båda veckorna. Av baslasten svarar central datorkyla för ca 25 %, kontorsel (låghus) för ca 25 %, kontorsel (höghus) för ca 25 % och övrig fastighetsel för ca 25 %. Av vilka delar effektprofilen är sammansatt framgår tydligare i dygnsdiagrammen i **figurerna 6.95 – 6.96**. I dessa redovisas **måndagsdygnet** för ovanstående veckor. I dessa diagram redovisas även skattningarna av dator kylans respektive datorernas (ej PC-datorer) andel av effektbehovet utifrån manuella registreringar. "Fastighetsel höghus" innefattar uppmätt elanvändning för fläktrum, hissar och en mindre kylmaskin (2-3 kW) i höghusbyggnaden. "Övrig fastighetsel" innefattar huvudsakligen användningen av driftel för låghusbyggnaden av typ hissar, fläktar mm men även elanvändningen för allmänbelysning, pumpar, varmvattenberedare etc, vilka **även** tillhör höghusbyggnaden. **Datorkyla och datorer** mäts idag av undermätare till hyresgästernas elmätare.



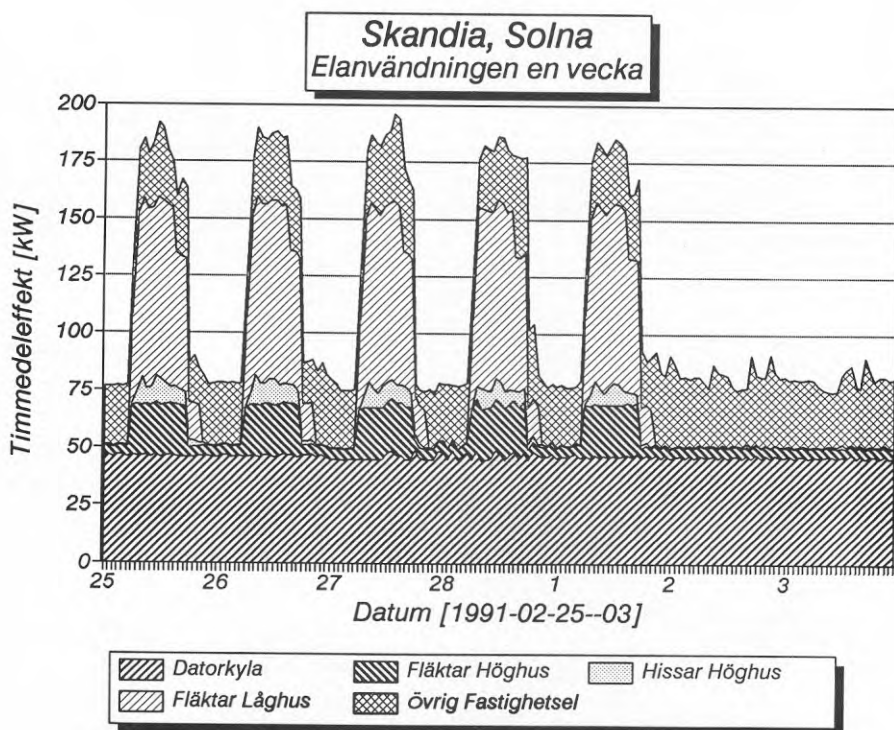
Figur 6.95 Effektprofilen för ett vinterdygn 1991



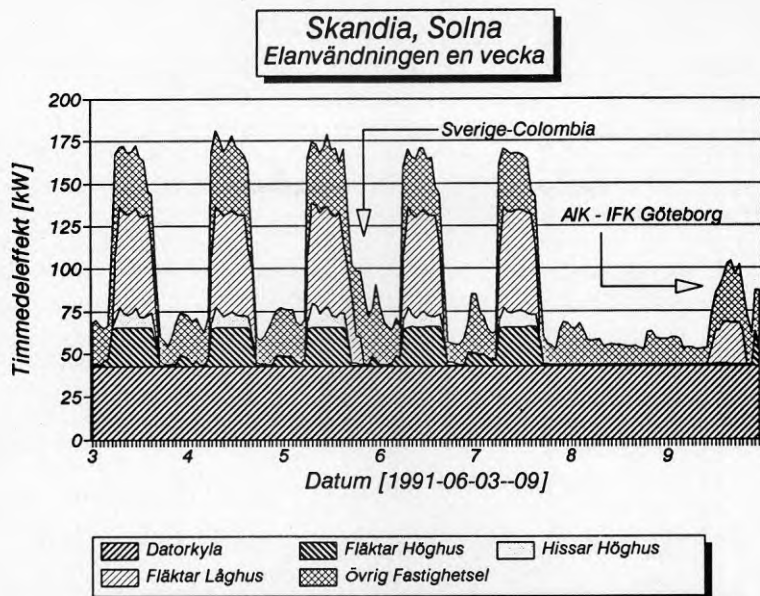
Figur 6.96 Effektprofilen för ett sommarygn 1991

Intressant att notera är att effekttoppen i Lagern huvudsakligen inträffar **före** lunch. Detta gäller generellt och ej enbart för ovan valda veckor.

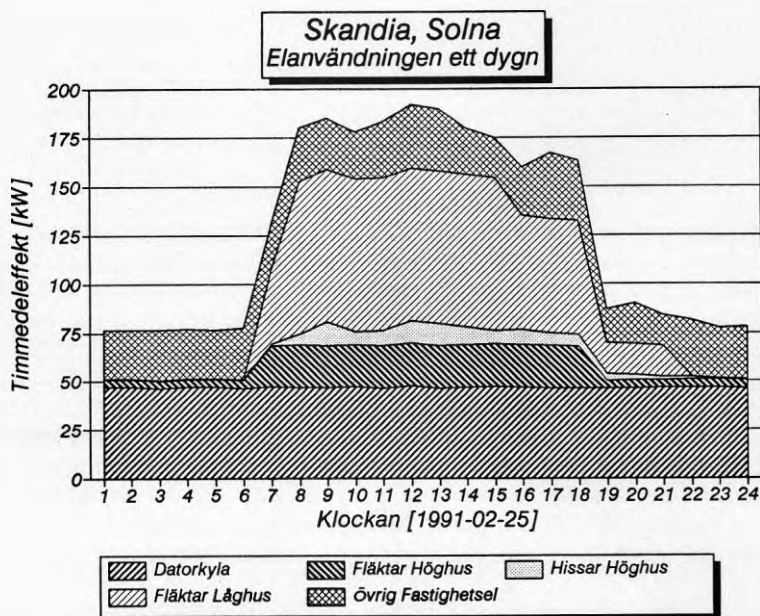
I figurerna 6.97 – 6.100 redovisas effektprofilen för **fastighetens driftel** uppdelad på större delposter. Datorkylans stora andel beror på att man i höghusdelen har sådana hyresgäster såsom "Smart" med flera, vilka sköter om i stort sett alla SAS:s biljettbokningar. Kontorsfläktarna är i drift måndag – fredag mellan kl 7 och 18, med viss nattkylningsfunktion. Medan fläktar som försörjer kök, styrketräningslokaler etc avviker något från dessa drifttider. Några av fläktarna körs även lördag/söndag om sportaktiviter förekommer. Några få mindre fläktar går kontinuerligt och ingår i posten **övrig fastighetsel**.



**Figur 6.97** Effektprofilen för fastighetens driftel uppdelad på större delposter för en vintervecka 1991

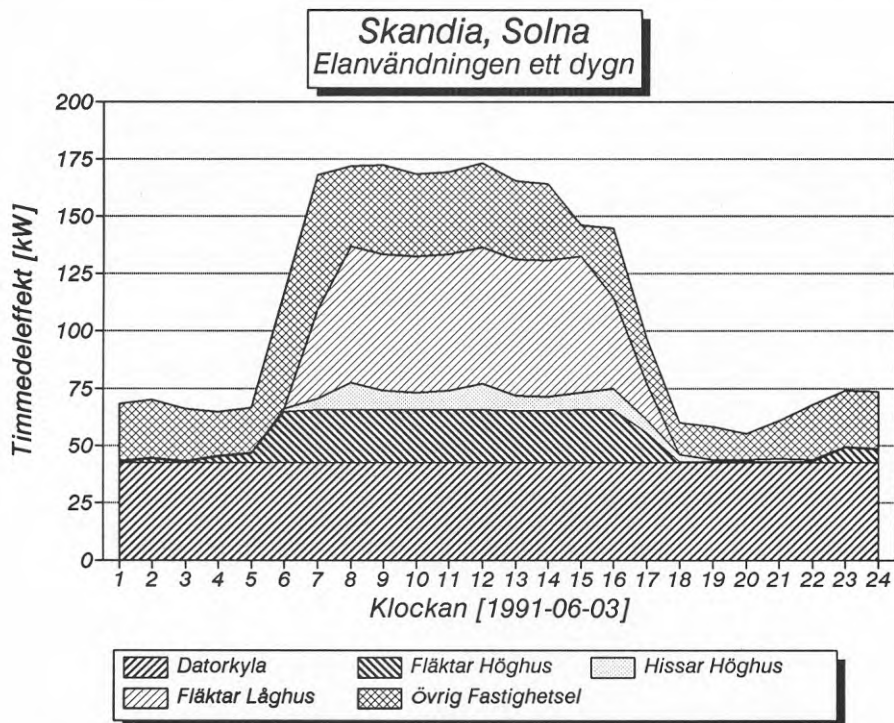


**Figur 6.98** Effektprofilen för fastighetens driftel uppdelad på större delposter för en sommarvecka 1991



**Figur 6.99** Effektprofilen för fastighetens driftel uppdelad på större delposter för ett vinterdygn 1991



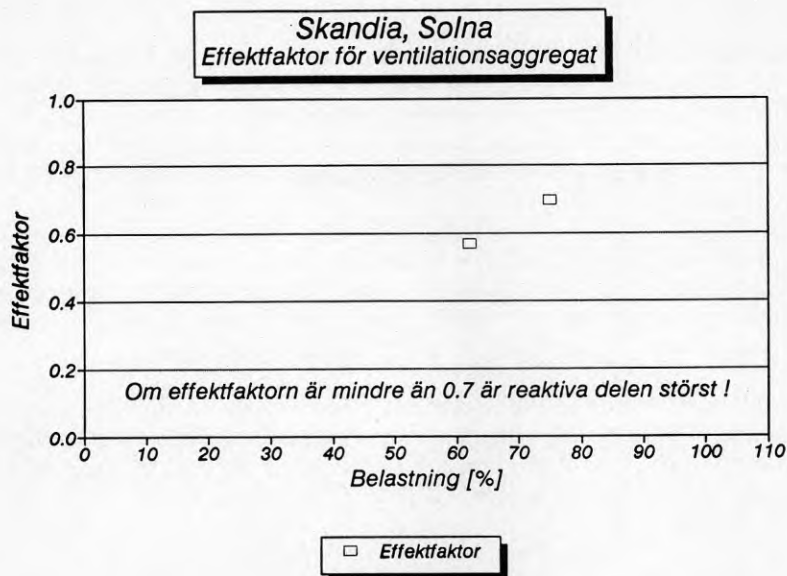


**Figur 6.100** Effektprofilen för fastighetens driftel uppdelad på större delposter för ett **sommardygn** 1991

Luftbehandlingssystemen för kontorslokalerna i byggnaden är av VAV-typ (**V**ariable **A**ir **V**olume) medan övriga system i byggnaden är av CAV-typ (**C**onstant **A**ir **V**olume). Driftfall med reducerat flöde förekommer även av ventilation i restaurang och kök men sker då med hjälp av tvåhastighetsmotorer. De stora fläktarna är försedda med bakåtböjda skovlar (B-hjul).

Den totala märkeffekten för de stora aggregaten i byggnaden ligger på knappt 110 kW, varav kontorsfläktarna TA9/FF9 i höghuset står för 26 kW. Mätningar ger en **uppmätt effekt** på max 23 kW för dessa. Detta innebär att maximalt uppmätt effekt är nästan 90 % av märkeffekten. För dessa aggregat har även effektbehov och effektfaktor ( $\cos \phi$ ) momentant mätts under drift. I **figur 6.101** visas sambandet mellan effektfaktor och belastning. Belastningen definieras här som kvoten mellan momentant uppmätt effekt och märkeffekt.





**Figur 6.101** Effektfaktor  $\cos \phi$  vid olika belastningar

Den specifika elanvändningen, för den del av ventilationsanläggningen som omfattar kontorsrummen i höghuset, redovisas i **figur 6.102**. Beräkningen är gjord med såväl märkdata som uppmätta data på fläktmotorernas effekter. När det gäller flödet för aktuella fläktar är det 36700 m<sup>3</sup>/h på tilluftssidan respektive 36700 m<sup>3</sup>/h på frånluftssidan enligt projekteringshandlingarna. Dessa flöden är uppmätta till 33700 m<sup>3</sup>/h på tilluftssidan respektive 36500 m<sup>3</sup>/h på frånluftssidan. Den i figuren nedan beräknade SFP-faktorn baseras på tilluftsfloendet.

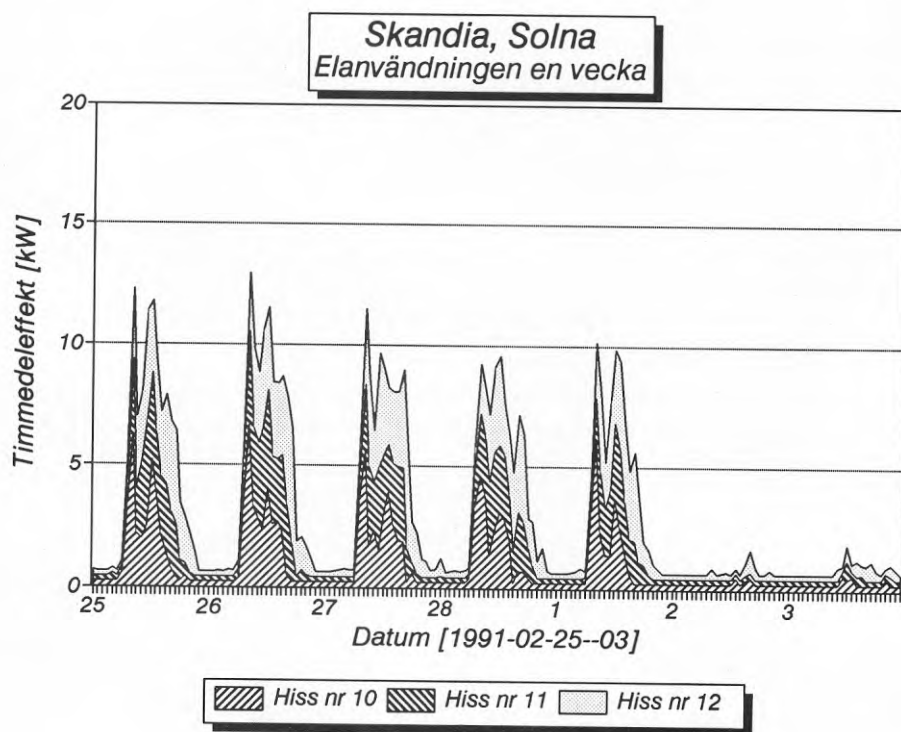
Aggregat- beteck- ning	Betjänings- område	Luft- flöde Till/från	Specifik fläkt- effekt	Luft- flöde Till/från	Specifik fläkt- effekt
		Projekterat [m <sup>3</sup> /s]	Märkdata [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	Uppmätt [m <sup>3</sup> /s]	Uppmätt [kW/(m <sup>3</sup> /s)]
TA9/FA9	Kontor	10.2/10.2	2.9	9.4/10.1	2.8
TA10	Förbehandling av luft till TA9				
FF10	WC mm i höghus				

**Figur 6.102** Specifik fläkteffekt för kontorsfläktarna

Idag mäts **hyresgästernas elanvändning** av tre elmätare – en för kontoren i låghusbyggnaden, en för kontoren i höghusbyggnaden samt en för restaurangen. Dessutom finns ett antal undermätare till dessa för registrering av elanvändningen för datorkyla och större datorer, dock **ej** för PC-datorer. I **figur 6.95 – 6.96** framgår hur stor andel av effektprofilen, som utgörs av datorkyla (exkl en mindre kylmaskin, vilken ligger på fastighetens elmätare) och datorer.

När det gäller **kontorsel**, typ belysning och kontorsutrusning, behandlas höghusbyggnaden och då plan 14, som utgör vårt mätplan. Där har, förutom den totala elanvändningen, även delar av den mätts separat. Kontorsplanet utgörs av kontorsrum, konferensrum etc med en försäljningsavdelning för Nässjö Tryckeri AB som hyresgäst.

Inledningsvis redovisas mätningarna av elanvändningen för de personhissar, som finns i höghusbyggnaden i **figur 6.103**, vilka räknas till fastighetens driftel. Resultatet ger en bild av hur aktiviteten under veckan varierar i byggnaden. I genomsnitt ligger hissarnas elanvändning på ca 500 kWh/vecka eller totalt ca 25 MWh/år.



**Figur 6.103** Effektprofilen för hissar en vintervecka 1991

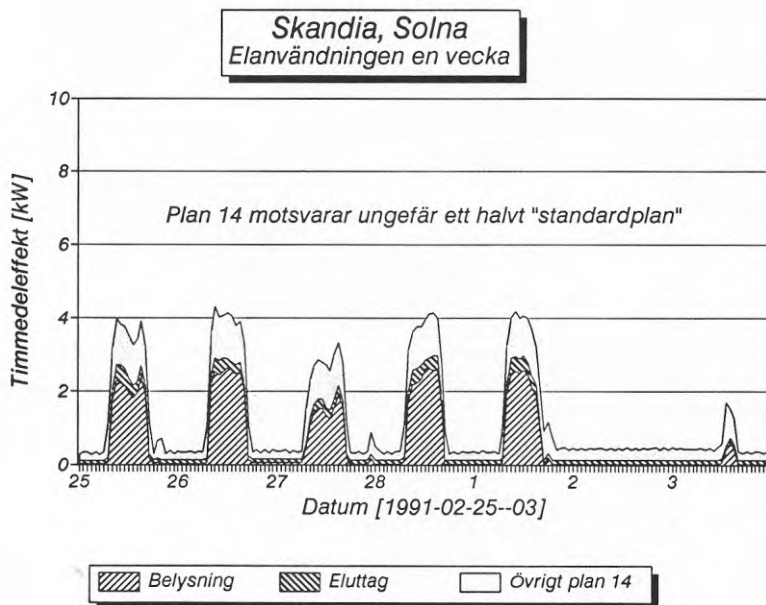
Totala elanvändningen för **kontoren i höghuset** med en area på ca 4820 m<sup>2</sup>, exkl datorkyla och datorer, var 270 MWh/år eller ca 57 kWh/m<sup>2</sup>,år under 1991. Motsvarande värde för 1990 var 430 MWh eller 89 kWh/m<sup>2</sup>,år. Förklaringen till denna kraftiga nedgång, som också berördes i början av detta avsnitt, beror på att en av hyresgästerna flyttade ut under sommaren 1991. Då denna hyresgäst, som hyrde ca 2300 m<sup>2</sup>, var kraftigt datoriserad minskade även elanvändningen för datorkyla kraftigt, från ca 200 till 140 MWh/år. Även maxeffekter påverkas av denna utflyttning vilket framgår av **figur 6.90**. Jämförelser mellan vinter- och sommarveckan för **hela** höghuset och kontorsverksamheten där, är därför **inte** riktigt jämförbara.

Däremot kan denna jämförelse för **valt mätplan**, med arean på 356 m<sup>2</sup> och en elanvändning på drygt 11 MWh/år, låta sig göras då verksamheten här **inte** har förändrats under mätperioden. Den specifika elanvändningen är ca 31 kWh/m<sup>2</sup>,år vilket är relativt lågt och förklaras av en **låg datortäthet**.

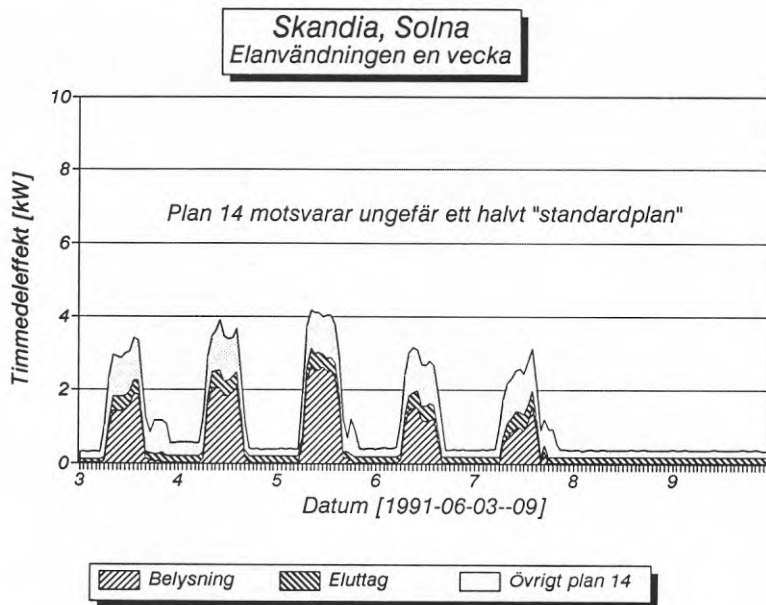
För mätplanet är elanvändningen drygt 200 kWh/vecka och knappt 200 kWh/vecka för vinter – respektive sommarveckan. Den lilla skillnaden i elanvändning beror på minskad elanvändning i kontorsrummen för belysning och kontorsutrustning medan belysning och utrustning i korridor används i samma utsträckning.

Något karakteristiskt drag i elanvändningsmönstret på mätplanet, se **figur 6.104 – 6.105**, som för de två första fastigheterna med torsdagarnas bredare effektprofil och fredagens smalare profil, kan **inte** noteras lika tydligt här. I och med att planet är hälften så stort i jämförelse med de tidigare redovisade mätplanen slår en förändring av aktiviteten i något kontorsrum igenom tydligare.

Nedan kommer de mätta delposterna för **mätplanet** att analyseras lite närmare. Det som benämns "**eluttag**" i diagrammen belastas huvudsakligen av eluttag i kontorsrum. "**Belysning**" belastas huvudsakligen av belysningsarmaturer i kontorsrum och "**Övrigt plan 14**" belastas förutom av belysningsarmaturer i korridorer, WC, pentry etc även av eluttag för bl a kopieringsmaskiner.

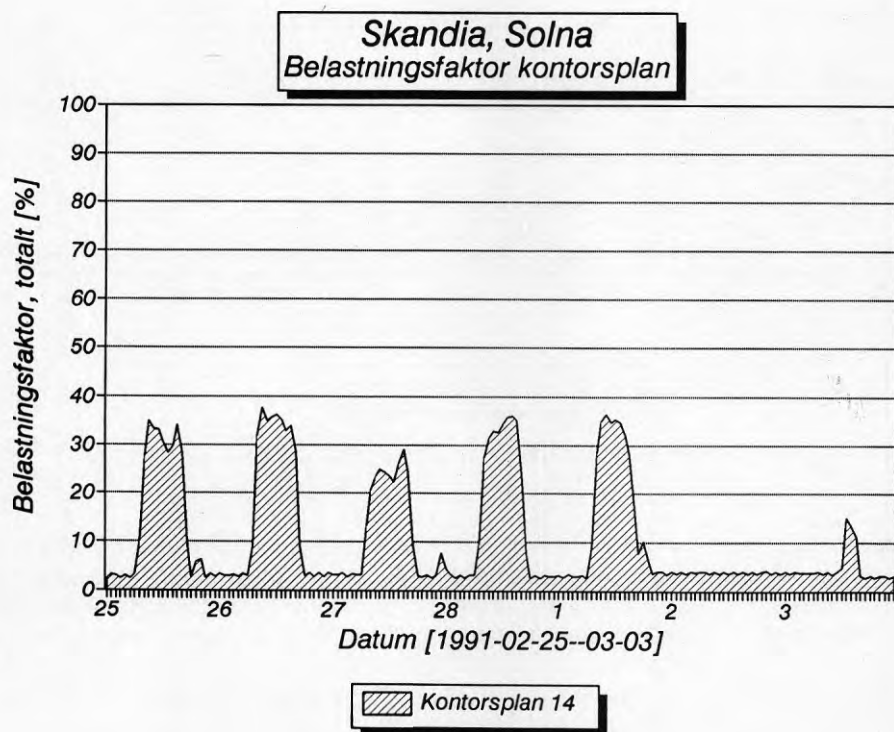


**Figur 6.104** Effektprofilen för mätplan en vintervecka 1991

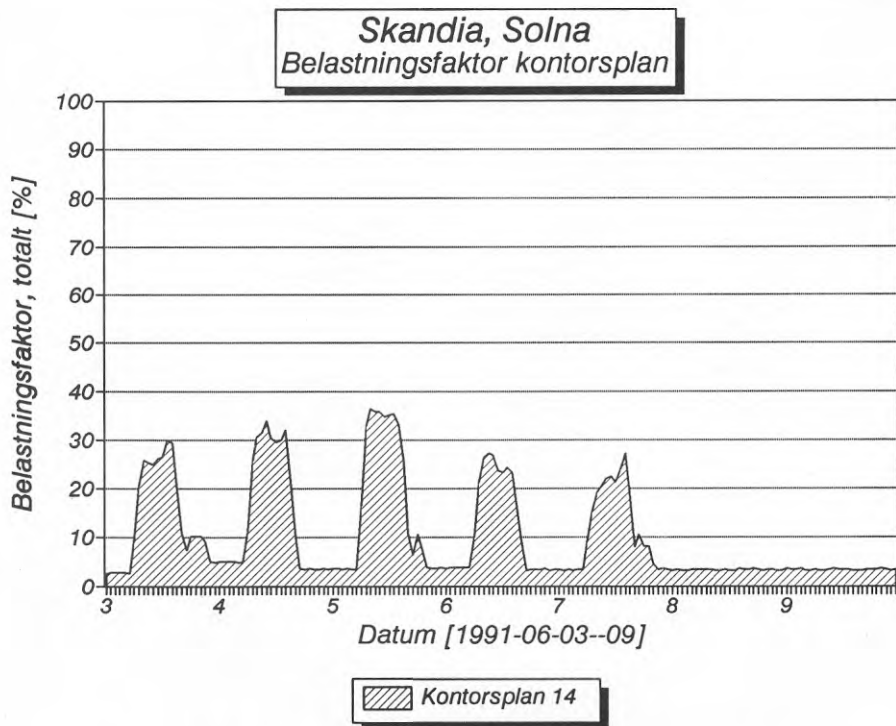


**Figur 6.105** Effektprofilen för mätplan en sommarvecka 1991

I nedanstående figurer 6.106 – 6.107 visas hur stor andel av den totalt installerade märkeffekten på 11.5 kW som samtidigt utnyttjas under ett par veckor. Under 1991 uppmättes knappt 50 % eller 5.4 kW upp som maxeffekt.



**Figur 6.106** Belastningsfaktor för mätplan en vintervecka 1991



Figur 6.107 Belastningsfaktor för mätplan en sommarvecka 1991

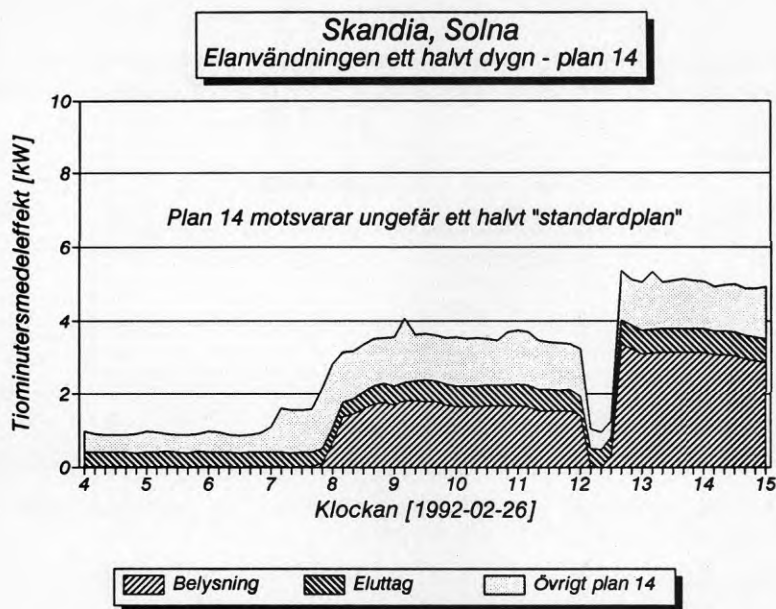
Takarmaturerna i kontorsrum och korridorer för allmänbelysning på planet är, som framgått tidigare, ej mättekniskt helt separerade från övriga elanvändare. Mätaren som benämns "Belysning" belastas huvudsakligen av takarmaturer i kontorsrum medan korridorernas takarmaturer ingår i posten "Övrigt plan 14". Detta har även i denna byggnad bekräftats av ett **belysningstest**, där all takarmatur inklusive glödjus först släcktes för att efter en halvtimme tändas upp igen, se **figur 6.108 – 6.109**. Skillnaden i min och max effekt stämmer mycket väl med gjord inventering.

Med kännedom om hur den installerade effekten fördelas på de tre installerade elmätarna och hur stor baslasten exklusive belysning är, har en skattning av **genomsnittliga drifttider** för belysningen i kontorsrum gjorts.

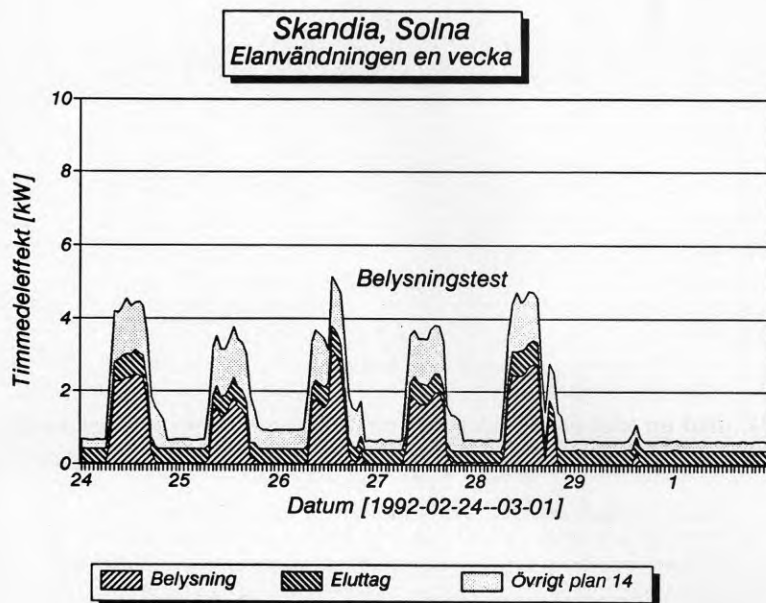
Under 1991, med en total elanvändningen på 4.5 MWh och en installation effekt på 3.0 kW i kontorsrummen, erhålls en drifttid på 1500 timmar/år för kontorsbelysningen exklusive bordsarmatur etc. Motsvarande värde för korridorbelysningen är 2730 timmar/år, vilket motsvarar en årlig användning på ca 1.3 MWh el, med en installerad effekt på 0.5 kW för lysrörsarmaturerna.

Maximalt uppmätt effekt under 1991 var för mätplanet 5.4 kW. Detta tillsammans med en total elanvändning för 1991 på 11.1 MWh ger en **genomsnittlig drifttid** på 2050 timmar/år för **all installerad elutrustning**. Beräknat med **installerad märkeffekt** på 11.5 kW blir genomsnittliga drifttiden i stället 965 timmar/år.





Figur 6.108 Belysningstest på plan 14 – tiominutersmedeleffekter



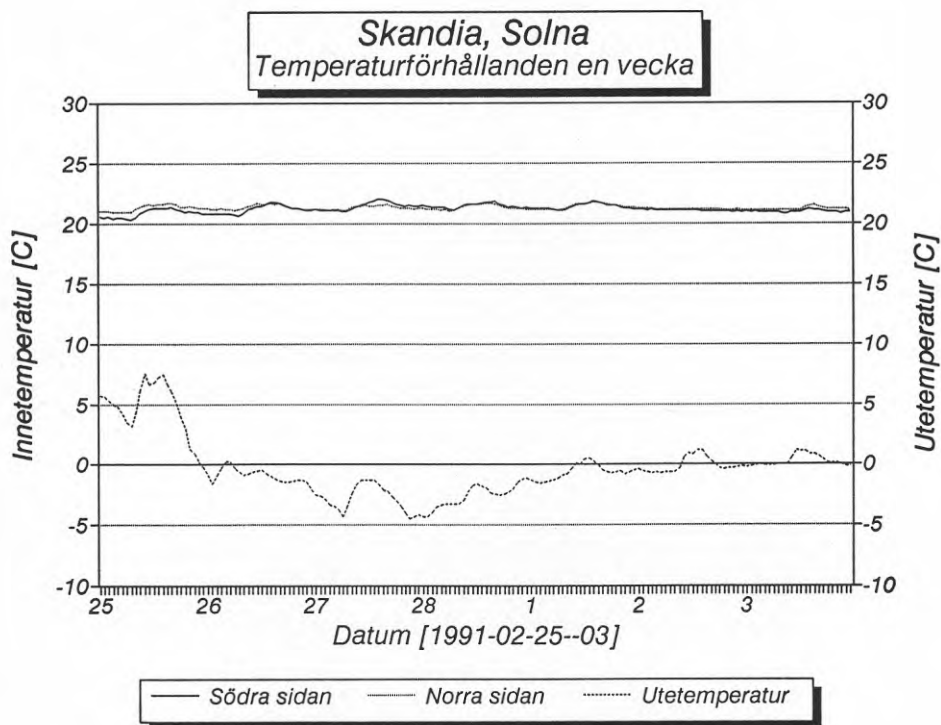
Figur 6.109 Belysningstest på plan 14 – timmedeleffekter

Inomhustemperaturnivån i byggnaden framgår av **figur 6.110**. De redovisade värdena är **årsmedeltemperaturer** från mätningar för hela 1991. Mätningarna har gjorts på mätplan 14. I **figurna 6.111 – 6.112** visas också hur temperaturnivån varierar under en vinter- respektive sommarvecka från 1991.

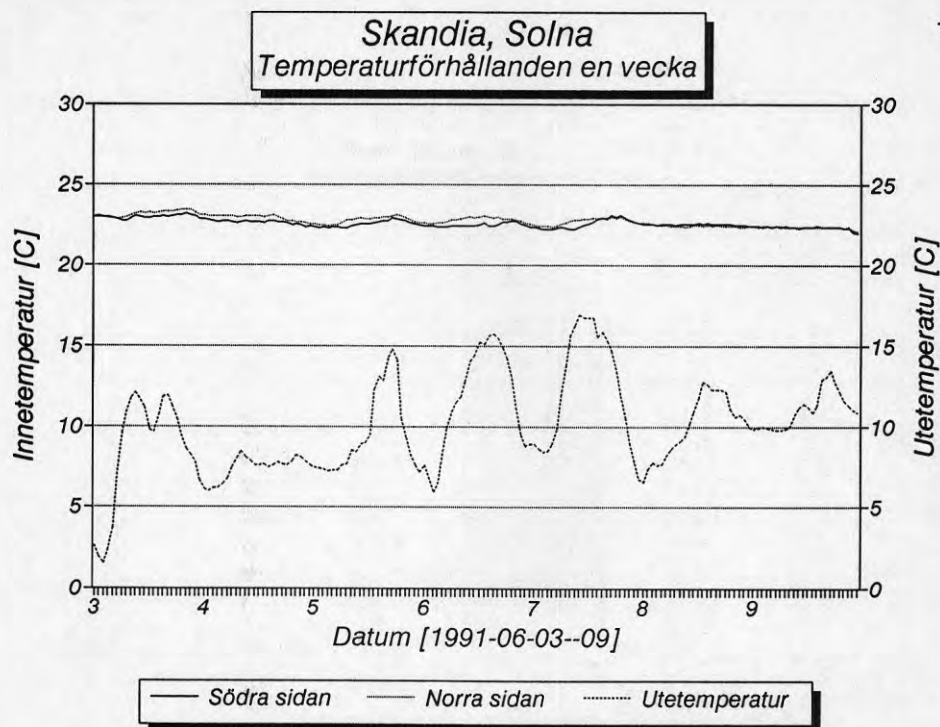
Plan – Väderstreck	Inomhustemperatur °C
Mätplan 14 – Norr	22.1
Mätplan 5 – Syd	22.2

**Figur 6.110** Inomhustemperaturer i fastigheten Lagern

Trots att inte någon separat komfortkylanläggning finns har man mycket fina inomhus- temperaturer, även under varma sommardagar.



**Figur 6.111** Temperaturvariationer en vintervecka 1991



**Figur 6.112** Temperaturvariationer en sommarvecka 1991

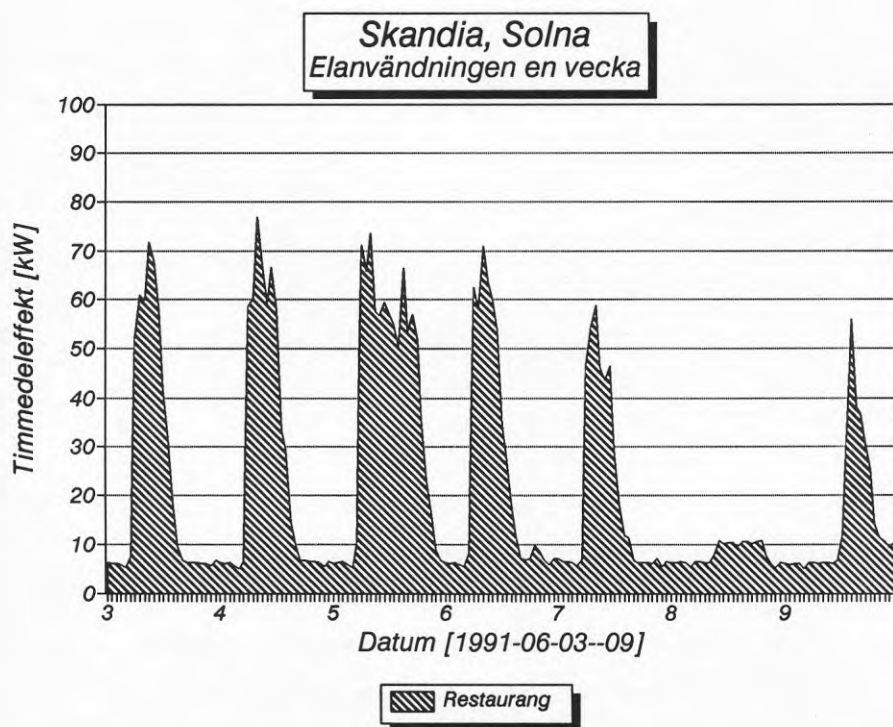
Kontorslokalerna i låghuset upptar 6280 m<sup>2</sup> eller 27 % av den totala arean i fastigheten. Totala elanvändningen för **kontoren i låghuset**, exklusive datorkyla och datorer som stod för 452 MWh, var 355 MWh/år eller ca 57 kWh/m<sup>2</sup> under 1991. Motsvarande värde för 1990 var 366 MWh eller 58 kWh/m<sup>2</sup>.

När det gäller elanvändningen för kontorsutrustning i låghuset motsvarar den ca 18 % av fastighetens totala elanvändning under 1991. I **figur 6.89** redovisas elanvändningen för kontor, för **både höghus och låghus inklusive datorer**, tillsammans.

**Restaurangen inklusive matsa:** upptar 700 m<sup>2</sup> eller knappt 3 % av arean. När det gäller elanvändningen motsvarar den knappt 8 % av fastighetens totala elanvändning under 1991 enligt **figur 6.89**. Elanvändningen för restaurangen har varierat lite under de senaste fem åren, med ett genomsnitt på 168 MWh/år. Av fastighetens maximala effektuttag på ca 460 kW, står restaurangen för ca 80 kW eller 17 %.

I **figur 6.113** visas restaurangens effektprofil under en sommarvecka. För denna sommarvecka var elanvändningen 3.6 MWh medan den för en vintervecka hamnar på ca 3.0 MWh. Av figuren framgår att även verksamhet på lördagar och söndagar förekommer.

Om även elanvändningen för tillhörande fläktar medräknas, ca 40 MWh, blir den procentuella andelen av fastighetens elanvändning drygt 10 %.



**Figur 6.113** Effektprofilen för restaurangen en sommarvecka 1991

## 6.6 Sammanfattning

En sammanfattning av huvudsakliga data och karakteristika för de i projektet ingående fyra fastigheterna framgår av **figurerna 6.114 – 6.116** nedan.

	Folksam	Trygg-Hansa	Wasa	Skandia
Bruksarea ca [m <sup>2</sup> ]	8900	14000 (4200) <sup>1</sup>	12000	23000
<b>Total energi</b> [MWh/år]	1285	2380 (625) <sup>1</sup>	1410	2900
varav – elenergi	750	1370 (165) <sup>1</sup>	1270	1940
värmeenergi	535	1010 (460) <sup>1</sup>	140	960
<b>Slutanvändare elenergi:</b> [MWh/år]	750	1370	1270	1940
Fläktar	135	382	207	319
Komfortkyla	98	56	358	
Datorkyla				430
Kök,hissar,tele,dator		151		215
Övrig fastighetsel	76	212	260	184
Kontorsbelysning	97	284	260	245
Kontorsutrustning	170	120	106	394
Restaurang/Butiker/Bostäder	174	165	79	153
<b>Uppmätt maximal eleffekt</b> [kW]	169	278 [253] <sup>2</sup>	343	462
[W/m <sup>2</sup> ]	19	20 [26] <sup>2</sup>	29	20
<b>Specifik fläkteffekt (SFP)</b> <b>för kontorsaggregat</b> [kW/(m <sup>3</sup> /s)] <sup>3</sup>				
Märkdata	3.7	3.6	5.2	2.9
Uppmätt	2.2	2.6	4.6	2.8

<sup>1</sup> Inom parentesen anges bostädernas area samt energianvändning

<sup>2</sup> Inom hakparentesen anges eleffekten **exklusive** bostäder

<sup>3</sup> Gäller **alla** aggregat för **hela** luftdistributionssystemet för **kontorsplanen**

**Figur 6.114** Sammanfattning av inventerade och uppmätta karakteristika för **samtliga kontorsbyggnader**

Vid en första blick på ovanstående sammanställning reflekterar man kanske på de två sista fastigheternas stora uppmätta eleffekter, vilka dock utslaget per m<sup>2</sup> för Skandia fastigheten blir i nivå med Folksams och Trygg-Hansas fastigheter. Här bör man dock observera att bostadsdelen i Trygg-Hansas fastighet kraftigt påverkar den specifikt uppmätta eleffekten, vilken ökar från 20 W/m<sup>2</sup> till 26 W/m<sup>2</sup> om man exkluderar bostädernas andel. Det är alltså mycket viktigt att man vid jämförelser av detta slag

försöker att göra det mellan likartade verksamheter.

I övrigt bör noteras att ingen komfortkyla förkommer i Skandias fastighet men i denna byggnad finns datorkyla, vilket står för en stor elanvändning. De tre övriga fastigheterna har alla olika typer av komfortkylsystem och under den långa varma sommaren 1990, speciellt under de två extemt varma veckorna, borde kylmaskinerna i de närmaste ha utnyttjats maximalt.

Maximalt uppmätta innetemperaturer den varmaste veckan låg då mellan 24 – 28 °C. Den registrerade utnyttjandegraden, kvoten mellan maximalt uppmätt timmedeleffekt och installerad kompressoreffekt varierade dock mellan 50 – 100 %. I Wasas fastighet var kvoten 50 % och innetemperaturen 25 °C, för Trygg-Hansa var motsvarande värden 85 % respektive 28 °C och för Folksam 100 % respektive 25 °C. I Skandias fastighet mättes en innetemperatur på 28 °C upp, men då måste även nämnas att utetemperaturer i Stockholm både maximal och i genomsnitt var något högre än i Göteborg, där den var 29.6 respektive 19.4 °C.

Även om SFP-värdena, beräknade utifrån mätdata, är lägre än motsvarande värde beräknade utifrån märkdata, så når inget luftdistributionssystemet ner till Inneklimatinstitutets Riktlinjer R2:s krav på 1.0 [kW/(m<sup>3</sup>/s)] för ett eleffektivt system. Inget av systemen når dock heller ner till NUTEKs krav på 1.5 [kW/(m<sup>3</sup>/s)]. Noterbart är de höga värdena som erhållits för den nybyggda Wasa fastigheten.

I nedanstående figur redovisas den totala energianvändningen samt energianvändningen uppdelat på el- respektive värmeenergi, dels totalt och dels specifikt, för likartade verksamheter i de berörda fastigheterna. Även av denna jämförelse framgår att Trygg-Hansas och Wasas fastigheter ligger på en högre elanvändningsnivå än de två övriga fastigheterna. Däremot ligger Wasas fastighet på en mycket låg total specifik energianvändningsnivå.

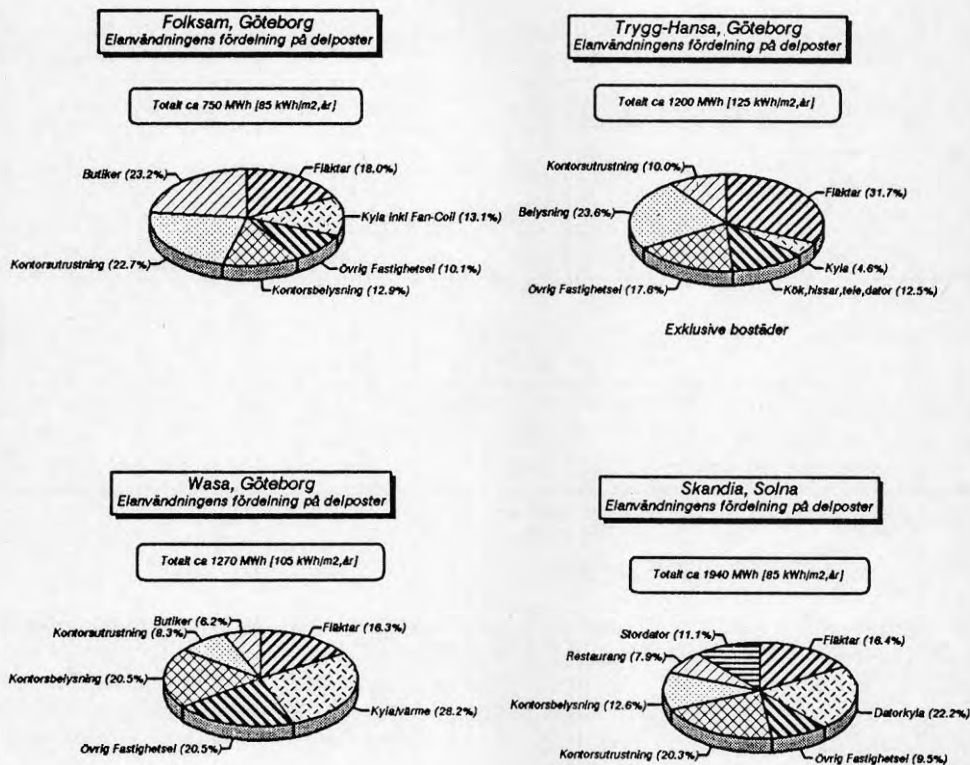
	Folksam	Trygg-Hansa <sup>1</sup>	Wasa	Skandia
Bruksarea ca [m <sup>2</sup> ]	8900	9800	12000	23000
<b>Total energi:</b> [MWh/år]	1285	1755	1410	2900
varav – elenergi	750	1205	1270	1940
varav – värmeenergi	535	550	140	960
<b>Specifik energi:</b> [kWh/m <sup>2</sup> ,år]				
– totalt	145	179	117	126
varav – elenergi	85	123	105	84
varav – värmeenergi	60	56	12	42

<sup>1</sup> Exklusive bostäder

**Figur 6.115** Jämförelse mellan den specifika energianvändningen för likartade verksamheter i de fyra kontorsbyggnaderna



Av **figur 6.114** framgår hur fördelningen av elanvändningen under ett år ser ut för olika slutanvändare. Sammanställningen visar att fördelningen varierar mycket mellan fastigheterna. I nedanstående cirkeldiagram visas samma fördelning i **procent** av totala elanvändningen.



**Figur 6.116** Elanvändningen uppdelad på delposter för fastigheterna

Några viktigare data gällande kontorsplanen (mätplanen) sammanfattas i **figuren 6.117** och i **figur 6.118** redovisas data om takarmaturer och tillhörande drifttider. Observera att arean i figur 6.118 inte berör hela kontorsplanets area. Detta beroende på att bla toaletter, förråd etc inte ingått i motsvarande mätning. Dessutom ingår inte spotlights, vägg- och bordsarmatur etc, eftersom dessa ofta inte är anslutna till samma säkringsgrupp som takarmatureerna.

	Folksam	Trygg-Hansa	Wasa	Skandia
Area [m <sup>2</sup> ]	609	655	664	356
Total elanvändning [MWh/år]	40.1	45.9	34.7	11.1
Total eleffekt [kW]				
installerad	26.3	24.4	28.7	11.5
max uppmätt	12.8	14.4	11.3	5.4
Belastningsfaktor %	48	60	40	47
Specifik eleffekt [W/m <sup>2</sup> ]				
installerad	43.2	37.5	43.2	32.3
max uppmätt	21.0	22.0	17.0	15.2
Drifttimmar [h]				
med full installerad effekt	1525	1880	1210	965
med max uppmätt effekt	3130	3190	3070	2055

**Figur 6.117** Sammanfattning av inventerade och uppmätta karakteristika för ett kontorsplan

Belastningsfaktorn (sammanlagringen) för kontorsplanen, vilken redovisas i ovanstående figur, ligger för Folksam fastighet normalt närmare 40 %. Övriga belastningsfaktorer speglar mer det normala förhållandet på respektive kontorsplan. En förklaring till Trygg-Hansas höga faktor är bla det dåliga utnyttjandet av belysningssektioneringen. Då det gäller Skandias fastighet är möjligheten till sammanlagring mindre än för de övriga mätplanen då detta plan i stort sett är hälften så stort.

Även om hänsyn tas till att mätplanet i Skandias fastighet är hälften så stort, i jämförelse med övriga tre fastigheters mätplan, är både installerade och uppmätta effekter på en betydligt lägre nivå. Även drifttimmarnas antal ligger betydligt lägre än övriga.

Ser vi enbart på vad takarmaturen, **figur 6.118**, för allmänbelysning svarar för av elanvändning på ett plan, framgår det klart att kontorsplanet i Trygg-Hansas fastighet avviker kraftigt. Avvikelsen i jämförelse med övriga mätplan gäller i första hand antal drifttimmar, men den installerade effekten är också den högsta. Även den nybyggda Wasa fastigheten har hög installerad belysningseffekt, men för den ligger antalet drifttimmar på en normal nivå. Idag är det Skandias fastighet, med 11.4 W/m<sup>2</sup> i kontorsrummen, som kommer närmast NUTEKs krav på 10 W/m<sup>2</sup>.

	Folksam	Trygg- Hansa	Wasa	Skandia
<b>Totalt kontorsrum och korridorer</b>				
Elanvändning [MWh/år]	15.9	32.2	24.1	5.8
Belysningseffekt [kW]	6.9	10.2	11.5	3.5
Drifttimmar [h]	2300	3150	2100	1660
Fördelningsarea [m <sup>2</sup> ]	565	540	664	356
Specifik elanvändning [kWh/m <sup>2</sup> ,år]	28.1	59.6	36.3	16.3
Specifik belysningseffekt [W/m <sup>2</sup> ]	12.2	18.9	17.3	9.8
<b>Kontorsrum</b>				
Elanvändning [MWh/år]	11.9	14.2	8.2	4.5
Belysningseffekt [kW]	5.1	5.2	5.1	3.0
Drifttimmar [h]	2330	2700	1600	1500
Fördelningsarea [m <sup>2</sup> ]	365	300	332	263
Specifik elanvändning [kWh/m <sup>2</sup> ,år]	32.6	47.3	24.7	17.1
Specifik belysningseffekt [W/m <sup>2</sup> ]	14.0	17.3	15.4	11.4
<b>Korridorer</b>				
Elanvändning [MWh/år]	4.0	18.0	15.9	1.3
Belysningseffekt [kW]	1.8	5.0	6.4	0.5
Drifttimmar [h]	2250	3600	2485	2730
Fördelningsarea [m <sup>2</sup> ]	200	240	332	70
Specifik elanvändning [kWh/m <sup>2</sup> ,år]	20.0	75.0	47.9	18.6
Specifik belysningseffekt [W/m <sup>2</sup> ]	9.0	20.8	19.3	7.1

**Figur 6.118** Sammanfattning av inventerade och uppmätta karakteristika för takarmturer på ett kontorsplan

## 7 DATORSIMULERINGAR

### 7.1 Allmänt och ramavtalets krav

Vid de större energiombyggnaderna av fastigheter i mitten av 1980-talet togs ingen hänsyn till eleffektivisering, på grund av att kunskapen om detta var låg i hela bygg- och fastighetsbranschen. Under senaste åren har dock kunskaperna om hur el användes inom sektorn kommersiella byggnader ökat väsentligt. Detta beror inte minst på de **mycket omfattande** detaljmätningar, som bl a utförts i de här aktuella byggnaderna samt att elkostnaderna under senare år ökat i betydelse för fastighetsförvaltningen.

I det ramavtal som är tecknat mellan bl a försäkringsbolagen och NUTEK krävs att åtgärder genomförs inom belynings-, luftbehandlings- och styr- och reglerområdet [26]. De huvudsakliga angivna kraven framgår enligt nedan:

- o Ny belysning skall installeras. Målet är en specifik installerad effekt som understiger  $10 \text{ W/m}^2$  **inklusive** reaktorförluster men **exklusive** bordsarmatur. Möjlighet skall finnas till närvaro- och/eller dagsljusstyrning
- o Ventilationssystem skall byggas om. Målet är att elanvändningen för hela ventilationsanläggningen skall understiga  $1.5 \text{ kW/[m}^3/\text{s]}$
- o Styr- och regler-system skall förändras så att energianvändningen blir effektivare

Syftet med följande datorsimuleringar är att visa vad de i ramavtalet föreslagna eleffektiviseringsåtgärderna ger i minskad elanvändning.

### 7.2 Simuleringsprogram – DOE2

Då det gäller gäller att simulera effekterna av eleffektiviseringsåtgärder, vilka påverkar **både** el- och värmeenergianvändningen, krävs bl a ett program vilket kan räkna på en hel byggnad med ingående delsystem. Ett av få program som klarar av detta, och som även är validerat, är det amerikanska simuleringsprogrammet DOE2 [28]. Programmet är framtaget av bl a Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, California med stöd av U. S. Department of Energy.

I kommande avsnitt redovisas simuleringsresultaten för eleffektiviseringsåtgärder enligt krav i NUTEKs ramavtal för de två kontorsbyggnaderna kv Svaneholm, ingår i detta projektet, och kv Rosteriet. Kv Rosteriet, vilket ingår i andra BFR-projekt [4, 9, 15], har utnyttjats för att kunna göra jämförelser och visa på några viktiga faktorer som påverkar resultatet av en eleffektivisering. De stora skillnaderna mellan dessa två byggnader är nivåerna på den totala energianvändningen samt driftstrategierna för klimatiseringsanläggningen.

### 7.3 Kvarter Svaneholm, Trygg-Hansa

För 5500 m<sup>2</sup> av byggnadens kontorsdel, har en datorsimulering med simuleringsprogrammet DOE2 [16] utförts för ny eleffektiv belysning och ny eleffektiv ventilation med drifttidsstyrning.

Då simuleringen areamässigt inte omfattar hela byggnaden har de av oss gjorda mätningarna under 1990 reducerats till de aktuella delar av byggnaden, vilka ingår i simuleringen. I **figur 7.1** jämförs resultaten från mätningarna med motsvarande resultat från den simulerade delen av byggnaden (basbyggnad).

Energi- användning	Mätning [MWh/år]	Simulering [MWh/år]	Mätning [kWh/m <sup>2</sup> ,år]	Simulering [kWh/m <sup>2</sup> ,år]
Kyla	57	54	10.4	9.8
Fläktar	368	292	66.9	53.2
Belysning	227	213	41.3	38.8
Hissar	13	14	2.4	2.5
Övrigt	98	170	17.8	30.9
<b>Total el- användning</b>	<b>763</b>	<b>743</b>	<b>138.7</b>	<b>135.2</b>
<b>Total värme- användning</b>	<b>551</b>	<b>568</b>	<b>100.2</b>	<b>103.3</b>
<b>Total energi- användning</b>	<b>1314</b>	<b>1311</b>	<b>238.9</b>	<b>238.4</b>

**Figur 7.1** Mätnings- och simuleringsresultat för kontorsdel i kv Svaneholm

I jämförelsen ovan framgår att verklighet och simulering stämmer bra överens. De enskilda posterna "Fläktar" respektive "Övrigt" stämmer sämre överens, vilket bl a beror på att elanvändning för pumpar etc ligger i olika poster.

I **figur 7.2** redovisas först den simulerade delens energianvändning före åtgärd, vilken omfattar 5500 m<sup>2</sup>. De därpå följande kolumnerna redovisar besparingsresultat av simulerade åtgärds paket. **Åtgärds paket 1** innebär belysningsåtgärder i kontorsrum och storum **med** närvarosensorer. I **åtgärds paket 2** ingår ventilationsåtgärder, vilket innebär motorbyte, frekvensreglering samt övergång från F-hjul till B-hjul med direkt drift. Dessutom ingår datoriserat styr- och reglersystem, vilket medför större möjligheter till drifttidsstyrning. **Åtgärds paket 3** innebär nya drifttider, vilket i detta fallet innebär en övergång från kontinuerlig drift, till drift under kontorstid under vinterhalvåret och kontinuerlig drift under sommarhalvåret.



Energi- användning	Basbyggnad [kWh/m <sup>2</sup> ,år]	Åtgärd 1 [kWh/m <sup>2</sup> ,år]	Åtgärd 1+2+3 [kWh/m <sup>2</sup> ,år]	Åtgärd 1+2+3 [%]
Kyla	9.8	9.6	6.6	- 31.4
Fläktar	53.2	53.2	19.3	- 63.7
Belysning	38.8	13.1	13.1	- 66.2
Hissar	2.5	2.5	2.5	0
Övrigt	30.9	30.9	30.9	0
Total el- användning	135.2	109.3	72.5	- 46.3
Total värme- användning	103.3	122.3	82.3	- 20.2
Total energi- användning	238.4	231.5	154.7	- 35.0

Åtgärd 1: Eleffektiv högfrekvensbelysning

Åtgärd 1+2+3: Eleffektiv högfrekvensbelysning och eleffektiv ventilation samt nya drifttider

**Figur 7.2** Simulerad energianvändning före och efter genomförda eleffektiviserings-åtgärder enligt NUTEKs krav för kontorsdel i kv Svaneholm

I **figur 7.3** visas en sammanställning av de effekter som påverkas av åtgärderna.

Åtgärd	Före	Efter
Allmänbelysning Kontorsrum	16.5 W/m <sup>2</sup>	9.8 W/m <sup>2</sup>
Allmänbelysning Storrum	20.8 W/m <sup>2</sup>	8 W/m <sup>2</sup>
Ventilation	2.4-2.6 kW/[m <sup>3</sup> /s]	1.4-1.8 kW/[m <sup>3</sup> /s]

**Figur 7.3** NUTEK-åtgärder på belysning och ventilation i kv Svaneholm

Av **figurerna 7.2 och 7.4** framgår att besparingar för **belysning med närvarosensorer** (åtgärd 1) blev 141 MWh och att **förbättrade fläktar inklusive nya drifttider** (åtgärd 2 och 3) medför en besparing på 186 MWh. Dessa datorsimulerade besparingar kan jämföras med beräknade besparingar för belysningsåtgärder i kontorsrum och storrum respektive ventilationsåtgärder för hela byggnaden, redovisade i [16], på 115 resp 208 MWh/år. Den totala skillnaden mellan simuleringen och beräkningen är enbart 4 MWh/år. De beräknade besparingarna ger dock ingen uppgift om hur eleffektiviseringen påverkar

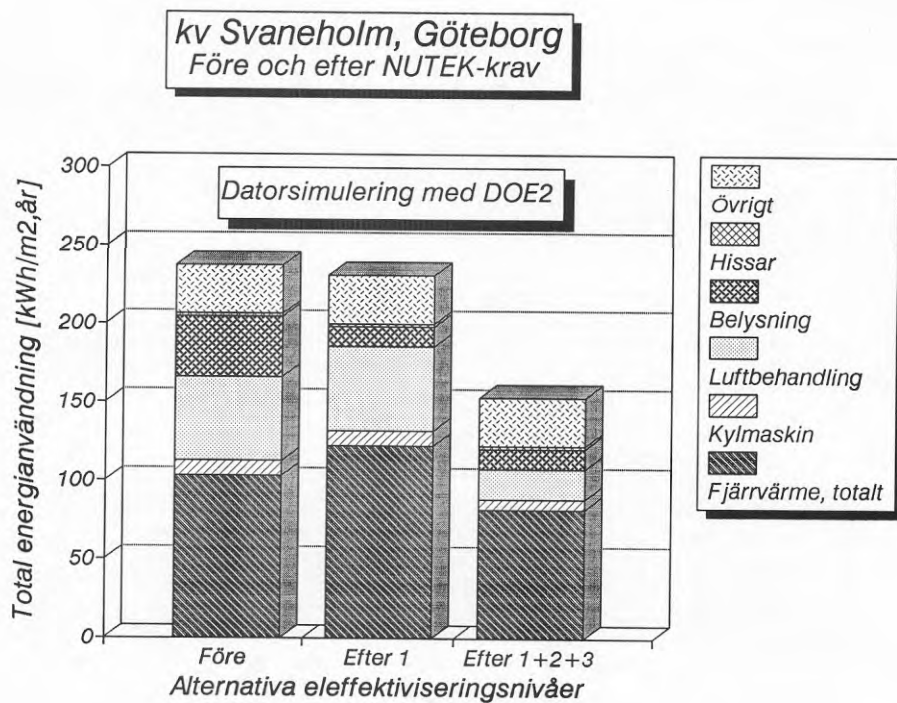


fjärrvärmeanvändningen eller elanvändningen för komfortkyla. Hur den totala energianvändningen påverkas framgår av nedanstående tabell där simuleringsresultatet, efter genomförande av samtliga effektiviseringsåtgärder, redovisas.

<b>Energi- användning</b>	<b>Mätningar [MWh/år]</b>	<b>Basbyggnad [MWh/år]</b>	<b>Åtgärd 1+2+3 [MWh/år]</b>
Kyla	57	54	37
Fläktar	368	292	106
Belysning	227	213	72
Hissar	98	170	170
Övrigt	13	14	14
<b>Total el- användning</b>	<b>763</b>	<b>743</b>	<b>399</b>
<b>Total värme- användning</b>	<b>551</b>	<b>658</b>	<b>453</b>
<b>Total energi- användning</b>	<b>1314</b>	<b>1311</b>	<b>852</b>

**Figur 7.4** Sammanfattning av mätningar och DOE2-simuleringar

Totalt sett erhålles en differens på ca 3 MWh mellan **uppmätt** och **simulerad** total energianvändning före åtgärd, vilket måste anses vara en **mycket god** överensstämmelse. **Dessutom** visar simuleringsresultaten i tabellen att åtgärdsförslagen just i **denna** byggnad även medför en minskning av fjärrvärmeanvändningen, förutom att el till kylmaskiner minskar, med ca 30 % eller 17 MWh/år. Orsaken till det senare resultatet är bl a minskade interna värmelaster. Simuleringsresultatet illustreras också i **figur 7.5**.



**Figur 7.5** Simulerad energianvändning före och efter genomförda eleffektiviseringsåtgärder enligt NUTEKs krav i kv Svaneholm

Energianvändningsnivån totalt för kv Svaneholm före eleffektiviseringsåtgärder är ca 238 kWh/m<sup>2</sup>,år och fördelas med 135 och 103 kWh/m<sup>2</sup>,år på el respektive värme. Vid ett införande av eleffektiv belysning (åtgärd 1) sjunker elanvändningen till ca 109 kWh/m<sup>2</sup>,år och värmeenergin ökar till ca 122 kWh/m<sup>2</sup>,år. Vid ett införande även av en eleffektiv ventilation samt nya drifttider (åtgärd 2 och 3) sjunker elanvändningen ytterligare, men nu påverkas även fjärrvärmeanvändningen i positiv riktning. Den totala energianvändningen sjunker alltså från en nivå på ca 238 kWh/m<sup>2</sup>,år ner till en nivå på ca 155 kWh/m<sup>2</sup>,år efter genomförande av samtliga eleffektiviseringsåtgärder.

## 7.4 Kvarter Rosteriet, KBS

För kv Rosteriet i Stockholm har ett mätprojekt genomförts i linje med Byggnadsstyrelsens (KBS) program för kartläggning av elanvändningen inom sina kontors- och förvaltningsbyggnader [3, 4, 9, 23]. Finansieringen har gjorts inom ramen för deras samarbetsavtal med Byggeforskningsrådet (BFR).

Mätprojekt är avrapporterat av Parviz Kamjou och Ragnar Jung [9]. I **figur 7.6** redovisas kortfattade karakteristika om byggnaden.

	kv Rosteriet <sup>1</sup>	Simulerad del <sup>2</sup>
Byggår	1979-81	
Verksamhet	Kontor Garage	Kontor
Bruksarea [m <sup>2</sup> ]	11650	5556
Byggnadsvolym [m <sup>3</sup> ]	38000	15548
Uppvärmning	Fjärrvärme	
Ventilation	FT återluft roterande växlare	
Komfortkyla	Indirekt	
Datoriserade styr- och övervaknings systemet	Inget	

<sup>1</sup> Enligt rapport R57:1991 [9]

<sup>2</sup> Enligt rapport D17:1990 [4]

**Figur 7.6** Sammanfattande karakteristika för kvarteret Rosteriet

Mätningar och uppskalningar gav en elanvändning på 661 MWh/år eller 57 kWh/m<sup>2</sup>,år. Fjärrvärmeanvändningen var 964 MWh/normalår eller 83 kWh/m<sup>2</sup>,år. Tillsammans ger detta en **total energianvändning på 1625 MWh/år eller 140 kWh/år,m<sup>2</sup>** för kv Rosteriet.

Dessutom har BFR satsat medel för att få olika åtgärdsalternativ för effektivare elanvändning i ovanstående kontorsbyggnad simulerade med den amerikanska datormodellen DOE2.

DOE2-programmet har utnyttjas inom samarbetsprojekt mellan amerikanska och svenska forskare och konsulter. Ett av dessa projekt redovisas av Michael Holtz i Document D17:1990 "Electrical energy savings in office buildings" [4]. I denna rapport redovisas simuleringsresultaten av olika eleffektiviseringsåtgärder i jämförelse med den ovan angivna basbyggnaden.

I den av oss gjorda utredningen för kv Rosteriet har basbyggnadens indata i simuleringsmodellen kontrollerats, korrigerats och anpassats till svenska förhållanden.

Kontrollen har gjorts utifrån våra egna mätningar [se kapitel 8.2] i ett antal kontorsbyggnader av samma typ som kv Rosteriet samt mätresultat från aktuell byggnad. Av ovanstående kontroll av indata framkom en hel del orimligheter, vilka redovisas i [15].

Även om det finns fel på vissa indata, vad det gäller byggnaden och andra förhållanden som gäller i Sverige, ger redovisningen i rapporten av Holtz en uppfattning om hur el- och värmeenergin påverkas sinsemellan vid genomförande av olika eleffektiviseringsåtgärder.

Resultatet av jämförelsen mellan den specifika energianvändningen, från **mätningar** vilka avser **hela byggnaden** och **simuleringen** som avser ungefär **halva den verkliga byggnaden** (basbyggnad) med korrigerade indata, finns redovisat i [15].

Simuleringar med NUTEKs ställda krav på installerad belysningseffekt respektive specifik fläkteffekt visar följande förändringar av energianvändningen, se **figur 7.7**, i förhållande till den ursprungliga basbyggnaden.

Energi- användning	Basbyggnad [kWh/m <sup>2</sup> ,år]	Åtgärd 1 [kWh/m <sup>2</sup> ,år]	Åtgärd 1 + 2 [kWh/m <sup>2</sup> ,år]	Åtgärd 1 + 2 [%]
Kyla	4	3.9	3.4	- 15
Fläktar	17	17	11.1	- 34.7
Belysning	29.4	16.7	16.7	- 43.2
Hissar	1.2	1.2	1.2	0
Övrigt	11.4	11.4	11.4	0
<b>Total el- användning</b>	<b>63</b>	<b>50.2</b>	<b>43.8</b>	<b>- 30.5</b>
<b>Total värme- användning</b>	<b>53.3</b>	<b>61.5</b>	<b>63</b>	<b>+ 18.2</b>
<b>Total energi- användning</b>	<b>116.3</b>	<b>111.6</b>	<b>106.8</b>	<b>- 8.2</b>

Åtgärd 1: Eleffektiv högfrekvensbelysning

Åtgärd 1+2: Eleffektiv högfrekvensbelysning och eleffektiv ventilation

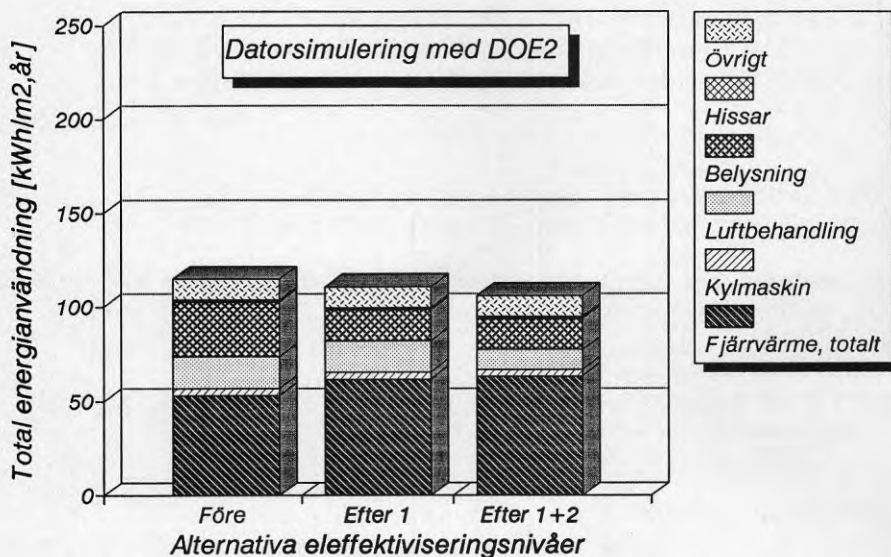
**Figur 7.7** Energianvändning före och efter genomförande av åtgärder enligt NUTEKs krav i kv Rosteriet

De simulerade eleffektiviseringsåtgärderna är för belysning en minskning av installerad effekt (**åtgärd 1**) och för ventilation en förbättrad verkningsgrad på motorerna samt något minskade tryckfall (**åtgärd 2**). I **figur 7.8** redovisas en sammanställning av de eleffekter som påverkas av åtgärderna.

Åtgärd	Före	Efter
Arbetsplatsbelysning	75 W	11 W
Allmänbelysning kontorsrum	10.5–18 W/m <sup>2</sup>	10 W/m <sup>2</sup>
Korridorbelysning	10 W/m <sup>2</sup>	6 W/m <sup>2</sup>
Trappbelysning	8 W/m <sup>2</sup>	6 W/m <sup>2</sup>
Ventilation	2.3–2.8 kW/[m <sup>3</sup> /s]	1.6–1.7 kW/[m <sup>3</sup> /s]

**Figur 7.8** NUTEK-åtgärder på belysning och ventilation i kv Rosteriet

**kv Rosteriet, Stockholm**  
Före och efter NUTEK-krav



**Figur 7.9** Energianvändning före och efter genomförande av åtgärder enligt NUTEKs krav i kv Rosteriet

Energianvändningsnivån, totalt för kv Rosteriet före eleffektiviseringsåtgärder, är ca 116 kWh/m<sup>2</sup>,år och fördelas med 63 och 53 kWh/m<sup>2</sup>,år på el respektive värme. Vid ett införande av eleffektiv belysning sjunker elanvändningen till ca 53 kWh/m<sup>2</sup>,år och värmeenergin ökar till ca 62 kWh/m<sup>2</sup>,år. Vid ett införande även av en eleffektiv ventilation sjunker elanvändningen ytterligare, men nu påverkas fjärrvärmeanvändningen ytterst marginellt. Totala energianvändningen sjunker från en nivå på ca 116 kWh/m<sup>2</sup>,år ner till en nivå på ca 107 kWh/m<sup>2</sup>,år efter ett genomförande av båda dessa eleffektiviseringsåtgärder.

## 7.5 Sammanfattning

Simuleringsresultaten visar vad åtgärdsförslag för eleffektivisering, vilka följer NUTEKs huvudsakliga krav, kan ge för två kontorsbyggnader med olika förutsättningar. Även om elanvändningen sjunker i både kv Svaneholm och kv Rosteriet resulterar åtgärderna i en betydligt mindre minskning av den totala energianvändningen i kv Rosteriet. Detta förklaras bl a av att man redan idag tillämpar driftstidsstyrning för klimatanläggningen och att den installerade effekten för allmänbelysning idag inte kommer upp i de ca 20 W/m<sup>2</sup> som gäller för kv Svaneholm, se **figurerna 7.3 och 7.8**.

För dessa två kontorsbyggnader, med helt olika energianvändningsnivåer i utgångsläget, erhöi vi nedanstående huvudsakliga **prognosticerade** resultat.

För **kv Svaneholm** med ca 238 kWh/m<sup>2</sup>,år, fördelat med 135 och 103 kWh/m<sup>2</sup>,år på respektive el och värme, före eleffektiviseringsåtgärder:

- Elanvändningen för belysning minskar med ca 65 %
- Elanvändningen för klimatisering minskar med ca 60 %
- Fjärrvärmeanvändningen minskar med ca 20 % , trots att en eleffektivisering av belysningsanläggningen ger ökat behov av fjärrvärme
- Reducerat effektbehov för el och fjärrvärme

Den stora nettominskningen i denna byggnaden beror på den möjlighet till ändrad driftstrategi som blir möjlig bl a på grund av minskade interna laster.

För **kv Rosteriet** med ca 116 kWh/m<sup>2</sup>,år, fördelat med 63 och 53 kWh/m<sup>2</sup>,år på el respektive värme, före eleffektiviseringsåtgärder:

- Elanvändningen för belysning minskar med ca 45 %
- Elanvändningen för klimatisering minskar med ca 30 %
- Fjärrvärmeanvändningen ökar med ca 20 % pga av att en eleffektivisering ger minskade interna laster

I båda byggnaderna medför åtgärderna **även** följande positiva effekter:

- Underhållskostnaderna för byte av lysrör mm minskar
- Förbättrad arbetsmiljö på grund av att effektiv och flimmerfri belysning installeras, vilket även minskar de interna lasterna.



## 8 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

### 8.1 Resultat

I samband med de i mitten av 1980-talet genomförda större energiombyggnader av fastigheter uppnåddes i vissa fall mycket goda besparingsresultat avseende värmebesparingar. Samtidigt **ökade** dock elanvändningen i fastigheterna, i huvudsak beroende på installation av olika värmeåtervinningssystem och kyla.

På grund av att kunskapen om eleffektivisering vid tiden för genomförandet av ovan nämnda åtgärder var låg i hela bygg- och fastighetsbranschen togs ingen hänsyn till dessa frågor då. Under senare år har dock kunskaperna om hur el användes inom bl a sektorn kommersiella byggnader ökat väsentligt. Detta beror inte minst på de **mycket omfattande** detaljmätningar och som en följd härav ökade kunskapen, som bl a utförts i här aktuella byggnader. Fastigheterna beskrivs kortfattat i nedanstående **figur 8.1**. Alla berörda fastigheter är lågspänningskunder och ingen har idag något eltaxa, som är beroende på när på dygnet elanvändningen inträffar.

	Folksam	Trygg-Hansa	Wasa	Skandia
Byggnadsår	1957/84	1979/80	1988	1984/85
Huvudsaklig verksamhet	Kontor Butiker	Kontor Bostäder Restaurang	Kontor Butiker	Kontor Restaurang
Bruksarea, ca [m <sup>2</sup> ]	8900	14000 <sup>1</sup>	12000	23000
Byggnadsvolym, ca [m <sup>3</sup> ]	23000	30000	46000	79000
Uppvärmningssätt	Fjärrvärme	Fjärrvärme	Fjärrvärme	Fjärrvärme
Ventilation	FT med VÅV	FT med VÅV	FT med VÅV	FT med VÅV
Komfortkyla	Indirekt Fan-Coil	Direkt [DX]	Indirekt ISAC	Ingen <sup>2</sup>
Datoriserat styr- och övervakningssystem	Landis & Gyr typ Visonik 400	Inget	Landis & Gyr typ Visonik 400	TA typ System 7 Midi

<sup>1</sup> Inklusive bostäder

<sup>2</sup> Endast central datorskyla för höghusdelen

**Figur 8.1** Sammanfattande karakteristika för kontorsbyggnaderna

Av ovanstående figur framgår att kontorsverksamhet förekommer i alla fastigheterna och att denna är kompletterad antingen med butiks- eller restaurangverksamhet. Endast Trygg-Hansas fastighet avviker genom att den även har en stor andel bostäder.

När det gäller klimatanläggningen består den stora skillnaden i typ av vald komfortkyla. I Skandias fastighet finns det idag ingen central komfortkylanläggning. Däremot finns i denna byggnad en stor central datorkylanläggning.

I **figurerna 8.2 – 8.7** är en sammanfattning av våra resultat i form av några intressanta nyckeltal gjord.

Nedan redovisas inventeringar och momentana mätningar utförda på utvalda kontorsplan (mätplan). Redovisad belysningseffekt innefattar **all** belysning, dvs allmän-, stämnings- och arbetsplatsbelysning etc.

	Folksam	Trygg-Hansa	Wasa	Skandia
Mätplan [m <sup>2</sup> ]	609	655	664	356
Totalt inst effekt [kW]	26.3	24.4	28.7	11.5
Spec inst effekt [W/m <sup>2</sup> ]	43	37	43.2	32
Tot inst belysning [kW] <sup>1</sup>	9.1	13.9	12.4	4.2
Spec inst effekt [W/m <sup>2</sup> ]	14.9	21.2	18.7	11.8
Spec belysningseffekt i kontorsrum [W/m <sup>2</sup> ] <sup>1</sup>	16.9	22.1	17.0	12.6
Spec belysningseffekt i kontorsrum [W/m <sup>2</sup> ] <sup>2</sup>	14.0	17.3	15.4	11.4
Belysningsstyrka [lux]	200	300	350-400	320
CO <sub>2</sub> -halt [ppm]	410 – 830	385 – 510	510 – 600	560 – 750

<sup>1</sup> Inkluderar **all** installerad belysningsarmatur

<sup>2</sup> Enbart belysningsarmatur för allmänbelysning

**Figur 8.2** Sammanfattning av inventerade och momentant uppmätta karakteristika för kontorsbyggnaderna

Av ovanstående figur framgår att utvalda kontorsplan har en area på 600 – 670 m<sup>2</sup> frånsett den s k Dallasskrapan (Skandia) vars kontorsplan är ungefär hälften så stort. Detta påverkar i viss utsträckning jämförelserna mellan de specifikt installerade effekterna. Detta då korridorer och övriga utrymmen procentuellt sett blir något större i "Dallasskrapan" samt att sådana utrymmen ofta har lägre installerad effekt. Av sammanställningen framgår dock att i denna fastighet är den specifikt installerade belysningseffekten i kontorsrummen betydligt lägre än motsvarande värde för övriga fastigheter.

Belysningsstyrkan varierar mellan 200 – 400 lux och avser enbart allmänbelysningen i samtliga byggnader, varför erhållna värden får anses vara acceptabla då de ligger i nivå med riktvärdena enligt Ljuskulturs krav [33]. Dessutom finns det oftast en arbetsplatsorienterad platsbelysning.

Det i ramavtalet ställda kravet på 10 W/m<sup>2</sup> avser fast installerad belysning för cellkontor inklusive donförluster, dvs arbetsplatsbelysningen skall inte medräknas i denna siffra. Idag är det endast Skandias fastighet, med en installerad allmänbelysning på 11.4 W/m<sup>2</sup> i kontorsrummen, som kommer i närheten av detta krav.

CO<sub>2</sub>-mätningarna ger vid hand att det endast var i ett fall gränsvärdet på 800 ppm överskeds. Resultatet ger en indikation på att inomhusklimatets kvalitet är relativt god.

En sammanfattning av huvudsakliga karakteristika erhållna genom detaljerade mätningar kontinuerligt över ett års tid för de fyra fastigheterna framgår av **figurerna 8.3 – 8.7**.

I figurerna redovisas jämförelsen av energianvändningen för likartade verksamheter för de fyra berörda fastigheterna, dels totalt och dels specifikt, för den totala energianvändningen samt uppdelat på el- och värmeenergianvändning. Av denna jämförelse framgår att Trygg-Hansas och Wasas fastigheter ligger på en högre elanvändningsnivå än de två övriga fastigheterna. Däremot ligger Wasas fastighet på en mycket låg total specifik energianvändningsnivå.

	Folksam	Trygg-Hansa <sup>1</sup>	Wasa	Skandia
Bruksarea ca [m <sup>2</sup> ]	8900	9800	12000	23000
<b>Total energi:</b> [MWh/år]	1285	1755	1410	2900
varav – elenergi	750	1205	1270	1940
varav – värmeenergi	535	550	140	960
<b>Specifik energi:</b> [kWh/m <sup>2</sup> ,år]				
– totalt	145	179 (179) <sup>2</sup>	117	126
varav – elenergi	85	123 (100) <sup>2</sup>	105	84
varav – värmeenergi	60	56 (79) <sup>2</sup>	12	42
<b>Uppmätt maximal eleffekt</b>				
[kW]	169	253 (278) <sup>2</sup>	353	462
[W/m <sup>2</sup> ]	19	26 (20) <sup>2</sup>	29	20
<b>Specifik fläkteffekt (SFP) för kontorsaggrat</b> <sup>3</sup> [kW/(m <sup>3</sup> /s)]				
Märkdata	3.7	3.6	5.2	2.9
Uppmätt	2.2	2.6	4.6	2.8

<sup>1</sup> Exklusive bostäder

<sup>2</sup> Inom parentes anges värdet **inklusive** bostäder

<sup>3</sup> Gäller alla aggregat för hela luftdistributionssystemet för kontorsplanen

**Figur 8.3** Sammanfattning av uppmätta karakteristika för **kontorsbyggnaderna**

Vid en första blick på ovanstående sammanställning reflekterar man kanske på de två sista fastigheternas stora uppmätta maximala eleffekter, vilka dock utslaget per m<sup>2</sup> för Skandias fastighet blir i nivå med Folksams och Trygg-Hansas fastigheter. Här bör man dock observera att bostadsdelen i Trygg-Hansas fastighet kraftigt påverkar den specifikt uppmätta eleffekten, vilken ökar från 20 W/m<sup>2</sup> till 26 W/m<sup>2</sup> om man **exkluderar** bostädernas andel. Det är alltså mycket viktigt att man vid jämförelser av detta slag försöker att göra detta mellan likartade verksamheter.

I övrigt bör noteras att ingen komfortkyla förekommer i Skandias fastighet men i denna byggnad finns separat datorkyla, vilken svarar för en stor elanvändning. De tre övriga fastigheterna har alla olika typer av komfortkylsystem och under den långa varma sommaren 1990, speciellt under två extremt varma veckor, fick kylmaskinerna i det närmaste arbeta maximalt.

Maximalt uppmätta inomhustemperaturer den varmaste veckan låg mellan 24 – 28 °C. Den registrerade utnyttjandegraden, kvoten mellan maximalt uppmätt timmedeleffekt och installerad kompressoreffekt, varierade dock mellan 50 – 100 %. I Wasas fastighet var kvoten 50 % och inomtemperaturen 25 °C, för Trygg-Hansa var motsvarande värden 85 % respektive 28 °C och för Folksam 100 % respektive 25 °C. I Skandias fastighet mättes en inomhustemperatur på 28 °C upp, men då måste nämnas att i Stockholm var både max- och genomsnittstemperaturen något högre än i Göteborg aktuell vecka, där den var 29.6 respektive 19.4 °C.

Även om SFP-värdena beräknade utifrån mätdata är lägre än motsvarande värde beräknade utifrån märkdata så når inget luftdistributionssystem ner till kravet i Inneklimateinstitutets Riktlinjer R2 [36] på 1.0 kW/(m<sup>3</sup>/s) för ett **eleffektivt** system. Inget av systemen når heller ner till NUTEKs krav på 1.5 kW/(m<sup>3</sup>/s). Noterbart är de höga värdena, 4.6 respektive 5.2 kW/(m<sup>3</sup>/s), som erhållits för den nybyggda Wasa-fastigheten. Vad beträffar kravet på 1.0 kW/(m<sup>3</sup>/s) enligt ovan, kan detta enligt vårt förmenande starkt ifrågasättas – åtminstone när det avser ett FT-system för så komplicerade system som oftast förekommer i kommersiella lokaler och likvärdiga byggnader!

En sammanställning av **ett års mätningar** i Folksams fastighet ger följande fördelning av elanvändningen. Den **totala elanvändningen** är ca 750 MWh/år varav fastighetens **klimatisering** svarar för ca 30 % (fläktar ca 20 %, kyla ca 10 %), **kontorsplanen** för ca 40 % och elanvändningen i **butiker** för ca 25 %.

En sammanställning av **ett års mätningar** i Trygg-Hansas fastighet ger följande fördelning av elanvändningen. **Total elanvändning** är ca 1200 MWh/år, varav fastighetens **klimatisering** svarar för 35 % (fläktar ca 30 %, kyla ca 5%), **kontorsplanen** för ca 35 % medan den relativt stora restaurangen använder ca 5 % för **matberedning mm**.

Av **över ett års mätningar** i de två "äldre" kontorsbyggnaderna har vi också kunnat konstatera att **årstidsvariationen på total effektnivån varit måttlig!**

Vad gäller **skillnaden mellan sommar/vinter** har vi kunnat konstatera att en **omfördelning** sker mellan el för belysning och el för kyla i både Trygg-Hansas och Folksams fastighet.

För den studerade **elanvändningen i "nyare" kontorsbyggnader**, har mätningarna för Skandias och Wasas fastigheter, från mitten (Skandia) och senare delen (Wasa) av 1980-talet, givit följande fördelning.

Wasas fastighet var klar att tas i bruk under 1988. Den är till vissa delar ännu inte helt uthyrd vad beträffar vissa butiker mm i bottenplan. Byggnaden är försedd med en **kom-binerad kylvärmepump med ISAC energiackumulatorer**

Skandias fastighet var klar att tas i bruk under 1985. Den del mätningar utförts på är **ett 17 våningars höghus med glasfasad**. Att notera är att byggnaden **inte** har försetts med **komfortkyla** (endast förberedd för detta).

En sammanställning av **ett års mätningar** i Wasas fastighet ger följande fördelning av elanvändningen. Den **totala elanvändningen** är ca 1270 MWh/år varav fastighetens **klimativering** svarar för ca 45 % (fläktar ca 15 %, kyla/värme ca 30 %), **kontorsplanen** för ca 30 % och elanvändningen i **butiker** för ca 6 %.

En sammanställning av **ett års mätningar** i Skandias fastighet ger följande fördelning av elanvändningen. **Total elanvändning** är ca 1940 MWh/år, varav fastighetens **klimatise-ring** svarar för 15 % – enbart fläktar – datorkyla svarar för ca 25% och **kontorsplanen** för ca 30 %.

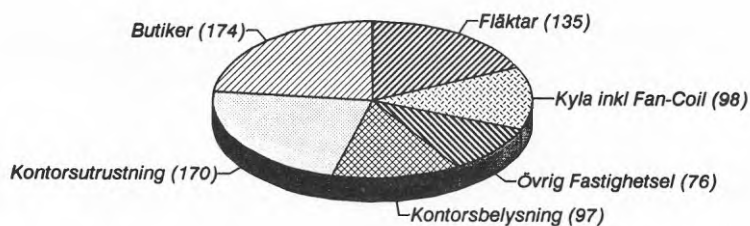
Av **över ett års mätningar** i de två "nyare" kontorsbyggnaderna har vi kunnat konstatera att **årstidsvariationen på total effektnivån** varit något **större** än vad som varit fallet i de äldre.

I nedanstående **figurer 8.4 – 8.7** redovisas grafiskt hur fördelningen av elanvändningen uppdelad på delposter för **fastigheterna**, för **likartade** verksamheter, ser ut för ett år. Av figurerna framgår att den **varierar mycket** mellan fastigheterna.



**Folksam, Göteborg**  
Elanvändningens fördelning på delposter

Totalt ca 750 MWh [85 kWh/m<sup>2</sup>,år]

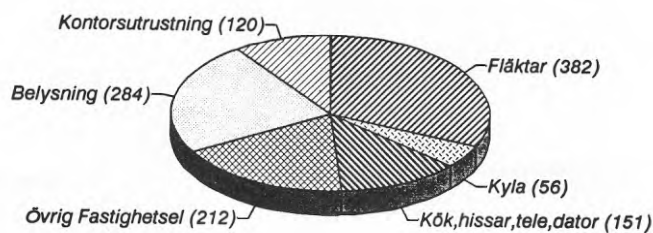


[MWh/år]

**Figur 8.4** Elanvändning inom Folksams fastighet uppdelad på delposter

**Trygg-Hansa, Göteborg**  
Elanvändningens fördelning på delposter

Totalt ca 1200 MWh [125 kWh/m<sup>2</sup>,år]



Exklusive bostäder

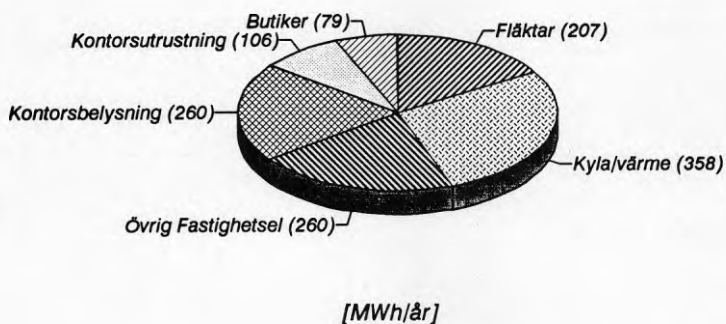
[MWh/år]

**Figur 8.5** Elanvändning inom Trygg-Hansas fastighet uppdelad på delposter



**Wasa, Göteborg**  
**Elanvändningens fördelning på delposter**

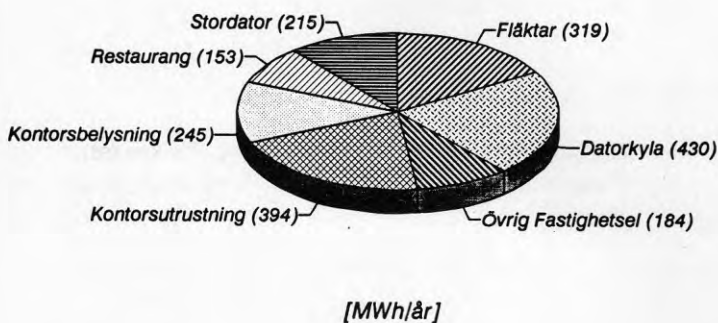
Totalt ca 1270 MWh [105 kWh/m<sup>2</sup>,år]



Figur 8.6 Elanvändning inom Wasas fastighet uppdelad på delposter

**Skandia, Solna**  
**Elanvändningens fördelning på delposter**

Totalt ca 1940 MWh [85 kWh/m<sup>2</sup>,år]



Figur 8.7 Elanvändning inom Skandias fastighet uppdelad på delposter

Några viktigare data gällande kontorsplanen (mätplanen) sammanfattas i nedanstående figur.

	Folksam	Trygg-Hansa	Wasa	Skandia
Area [m <sup>2</sup> ]	609	655	664	356
Total elanvändning [MWh/år]	40.1	45.9	34.7	11.1
Total eleffekt [kW]				
installerad	26.3	24.4	28.7	11.5
max uppmätt	12.8	14.4	11.3	5.4
Belastningsfaktor %	48	60	40	47
Specifik eleffekt [W/m <sup>2</sup> ]				
installerad	43.2	37.5	43.2	32.3
max uppmätt	21.0	22.0	17.0	15.2
Drifttimmar [h]				
med full installerad effekt	1525	1880	1210	965
med max uppmätt effekt	3130	3190	3070	2055

**Figur 8.8** Sammanfattning av inventerade och uppmätta karakteristika för ett kontorsplan

Belastningsfaktorn (ett mått på sammanlagringen) för kontorsplanen, vilken redovisas i ovanstående figur, ligger för Folksams fastighet normalt närmare 40 %. Övriga belastningsfaktorer speglar mer det normala förhållandet på respektive kontorsplan. En förklaring till Trygg-Hansas höga faktor är bl a det dåliga utnyttjandet av belysningens sektionering. Då det gäller Skandias fastighet är möjligheten till sammanlagring mindre än för de övriga mätplanen då detta plan i stort sett är hälften så stort.

Även om hänsyn tas till att mätplanet i Skandias fastighet är hälften så stort i jämförelse med övriga tre fastigheters mätplan ligger både installerade och uppmätta eleffekter på en betydligt lägre nivå. Även drifttimmarnas antal ligger här betydligt lägre.

## 8.2 Erfarenheter

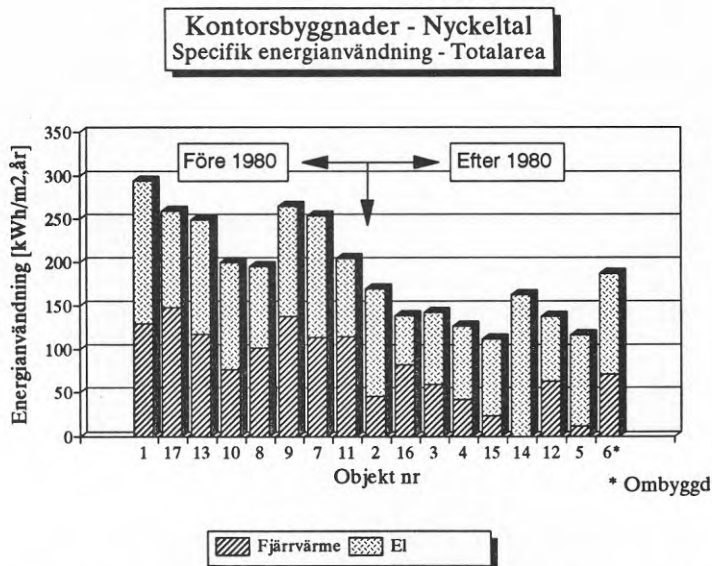
Utifrån ovan redovisade resultat samt från arbete med ett 15-tal ytterligare kontorsbyggnader runt om i landet [8,11–22], har följande erfarenheter vunnits, vilka sammanställs i punktform nedan:

- o Dålig uppföljning av energianvändningen – i synnerhet om ägare och brukare är olika.
- o Det finns många lokaler där belysning ofta är tänd utan anledning, t ex idrottshall, toaletter, lektionssalar och konferensrum

- o Mycket el används för belysning i källarkorridorer och garage
- o Kontorsutrustning står ofta på även när den inte används, t ex nätter, helger och under semstern
- o Förändring av brukarnas beteende (datorer, belysning mm) kan ge icke försumbara besparingar
- o Relativt låg installerad belysningseffekt förekommer i nybyggda lokaler – inte sällan omkring NUTEK-kravet på 10 W/m<sup>2</sup> **inklusive** drivdonsförluster
- o Relativt hög installerad belysningseffekt i äldre byggnader. Allt för ofta också vid ombyggnader
- o Ibland bristande sektionering av belysningen
- o Ofta stora effektuttag även nattetid för såväl hyresgästel som fastighetsel
- o En klar tendens att uppmätt maximal total effekt på kontorsplan är lägre än den installerade effekten [40 – 60 %]. Om mätningarna hade avsett hela byggnader torde värdena ha varit ännu lägre. Detta måste i ökande grad beaktas vid val av kylmaskin o dyl
- o Fläktmotorer överdimensioneras oftast kraftigt med åtföljande lågt  $\cos \phi$  och därmed med högt reaktivt effekt- och energiuttag. Gäller för såväl nya som gamla byggnader
- o Teoretiskt SFP-värde (**S**pecific **F**an **P**ower) ofta högre än uppmätt SFP-värde
- o SPF-värden omkring 1.5 kW/(m<sup>3</sup>/s) är mycket ovanligt i befintliga byggnader. Kan dock nås i nya byggnader men kräver "hårt arbete", helhetsyn och "kloka" byggherrar, konsulter och förvaltare (aggregatval, kanalsystem, installationsutrymmen, upphandling etc)
- o Översyn av driftstrategier för klimatiseringsinstallationerna bör vara det mest prioriterade insatsområdet.

I figur 8.9 nedan jämförs den specifika energianvändningen för de i denna rapport redovisade byggnaderna med motsvarande värden från 13 st andra kontorsbyggnader vars energianvändning Bengt Dahlgren AB analyserat. Nyckeltalen avser den **totala energianvändningen** fördelat på värme respektive el för såväl belysning, kontorsutrustning som klimatisering.

Den använda totalarean är **jämförbar** mellan de aktuella objekten. De olika objekten representerar såväl olika åldrar, storlek, lokalisering som systemval för klimatisering mm.



Anm: Objekt nr 2 är Trygg-Hansas kontorsbyggnad, objekt nr 3 är Folksams, objekt nr 4 är Skandias och nr 5 är Wasas

**Figur 8.9** Specifik energianvändning i 17 stycken olika kontorsbyggnader

Härav framgår ett klart samband mellan byggnadsår och total energianvändning. Nya byggnader har lägre total energianvändning men mycket **större elandel**.

Nya byggnader har ofta en total energianvändning som ligger nära 130 kWh/m<sup>2</sup>,år. Äldre byggnader ligger ofta uppemot det dubbla. Förhållandet fastighetsel/hyresgästel ligger för ovanstående kontorsbyggnader i snitt omkring 45%/55%.

Förhållandet el/fjärrvärmeenergi ligger ofta omkring 50%/50% i äldre byggnader. I nya byggnader är detta förhållande närmare 70%/30%. I vissa fall är det så extremt liten fjärrvärmeandel i nyare byggnader att en fjärrvärmeanslutning överhuvudtaget borde ha diskuterats.

Om definitionen av lokalsektorn är tjänsteutövande verksamhet och företag, dvs ej tillverkningsindustri och bostäder, ligger den totala elenergianvändningen [30,31] i Sverige i genomsnitt på knappt 120 kWh/m<sup>2</sup>,år exklusive varmvatten. Fördelningen ser grovt sett ut på följande sätt:

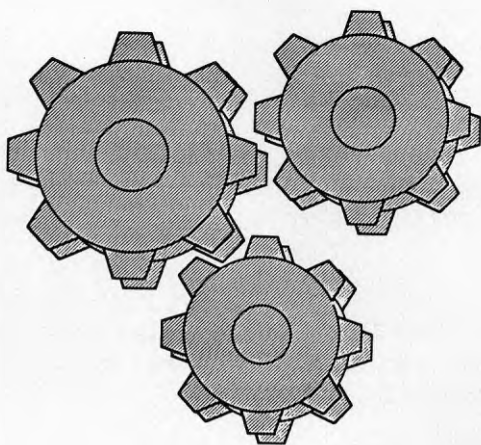
- Belysning 30 %
- Kontorsutrustning 20 %
- VVS-installationer 30 %
- Övrigt 20 %

**Stora variationer förkommer dock – varje byggnad är unik!**

Inomhusklimatet är oftast gott. Det är sällan några problem med att uppfylla kraven på CO<sub>2</sub>-halt, max 800 ppm. Dock bör det påpekas att denna endast är ett **grovt** kvalitetsmått.

Belysningsstyrkan uppfyller i de flesta fall Ljuskulturs "krav" med en medelbelysningsstyrka på 300 lux och 500 lux på arbetsytan när arbetsbelysningen används. Detta är dock endast ett **grovt** mått på belysningens kvalitet.

Under 1980-talet skedde en omfördelning från fjärrvärme till el. Vid eleffektivisering sker en omfördelning i omvänd ordning. Att lyckas kräver därför en **helhetssyn** och ett **systemtekniskt angreppssätt!**



**Figur 8.10** Helhetsyn är ett måste

Att beräkna omfördelningen mellan el/fjärrvärme vid en eleffektivisering är normalt mycket komplicerat för dessa typer av byggnader, då byggnaden med dess installationer och interna värmelaster från solinstrålning, personer, kontorsutrustning och belysning samverkar. Man är därför hänvisad till bedömningar och/eller datorsimuleringar. Vad en eleffektivisering för en speciell byggnad medför, är således generellt mycket svårt att uttala sig om i detta avseende.

Erfarenheterna under projektet gång har medfört att också mätningarna har kunnat effektiviseras efter hand. Periodiciteten som återkommer vecka efter vecka och som är typiska för denna typ av byggnader, gör det möjligt att kartlägga en fastighets belastningsprofil (effektprofil) och dess större delposter, med hjälp av momentan- och korttidsmätningar, under en period av 2 - 3 veckor.

Genom att kombinera sådana mätningar med en inventering av större belastningsobjekt, analys av driftstrategier osv kan därmed ofta ca 85 - 95 % av fastighetens totala belastning detekteras med tillräcklig noggrannhet.

### 8.3 Insatsområden

Med ett utnyttjande av all den kunskap, som kommit fram under de senare år, om byggnaders elanvändning samt de resultat som redovisats tidigare i rapporten, kan följande **huvudsakliga insatsområden** fastläggas.

- Belysning
- Kontorsutrustning
- Luftbehandling
- Styr- och övervakning

#### □ BELYSNING

Det är av mycket väsentlig betydelse att vi först av allt håller nere **interna värmelaster** i form av belysning, kontorsmaskiner mm för att kunna hålla nere storleken på luftflödet samt kylbehovet.

Framförallt på belysnings sidan finns mycket att göra såväl i form av direkta eleffektiviseringsåtgärder som underhållsåtgärder samt åtgärder vad avser belysningsplanering mm. Dessa åtgärder bidrar i hög grad också till att **förbättra arbetsmiljön**, något som naturligtvis också skall "gottskrivas" åtgärden.

När det gäller **belysningsområdet** är de väsentliga insatsområdena följande:

- ☛ Effektivare ljuskällor
- ☛ Effektivare drift av ljuskällor
- ☛ Effektivare armaturer
- ☛ Effektivare belysningsplanering
- ☛ Sektionering och drifttidsbegränsning
- ☛ Välskött underhåll

Vad gäller ljuskällor och armaturer har mycket hänt under senare år, som givit oss **ett bättre ljusutbyte dvs mer ljus med mindre el**.



Under de tre senaste åren har det även hänt mycket inom området "**Drift av ljuskällor**". **Högfrekvensbelysning** [Lysrörsdrift med 35–40 kHz] har exempelvis gjort sitt inträde på marknaden. Så sent som våren 1990, invigdes landets första anläggning av detta slag inom Vattenfalls huvudkontor i Råcksta, Vällingby [22].

Om man väljer **högfrekvensbelysning** erhåller man ett flertal positiva effekter:

- ☞ Lägre effektbehov och elanvändning
- ☞ Lägre intern värmebelastning ⇒ minskat kylbehov
- ☞ Flimmerfritt ljus ⇒ minskade huvudvärksbesvär
- ☞ Automatisk bortkoppling av felaktiga lysrör  
⇒ minskad brandrisk
- ☞ Längre livslängd för lysrör och låg ljudnivå
- ☞ Högre effektfaktor ⇒ lägre reaktiv effekt

#### □ KONTORSTRUSTNING

När det gäller **kontorsutrustning** består den till allt större del av datorer med kringutrustningar. Det finns beräkningar som visar att om fem år kräver denna del av kontorsutrustningen el motsvarande halva produktionen från en kärnkraftsreaktor. Genomsnittsproduktionen för en reaktor är 5.500 MWh/år, varför ca 2.750 MWh el per år skulle användas enbart för datorer etc enligt dessa prognoser.

Studier i USA har visat att detta tyvärr kan bli verklighet. I en kontorsbyggnad på 90.000 m<sup>2</sup> har man via mätningar konstaterat att kontorshusets vanliga funktioner kräver 150 kWh/m<sup>2</sup>,år. Det som överraskade forskargruppen var att användningen av datorer kräver lika mycket energi, dvs **ytterligare** 150 kWh/m<sup>2</sup>,år. För att inte uppfylla ovan nämnda utsago för Sverige kan vi på ett mycket enkelt sätt bidra.

- ☞ Stäng av utrustningen då den inte används

Åtgärder på detta område kräver alltså inte någon investering, enbart ändrat beteende. Genom enbart informationsinsatser kan man komma mycket långt.

#### □ LUFTBEHANDLING

När det gäller insatsområden för eleffektivisering inom ventilationsområdet är följande poster intressanta att **kritiskt** granska:

- ☞ Luftflödets storlek och variation över tid
- ☞ Drifftiden och dess förläggning i tid
- ☞ Tryckuppsättningen (Aggregat  $\Rightarrow$  don, aggregatstorlek)
- ☞ Fläktverkningsgrad (Fläkthjul mm)
- ☞ Transmissionsverkningsgrad (Remdrift, direktdrift)
- ☞ Motorverkningsgrad (Motortyp, belastning)

Vad beträffar **luftflödets storlek**, är det av väsentlig betydelse att börja med att reducera de interna värmelasterna och anpassa flödena efter behovet – beakta dock alltid god luftkvalité.

**Drifftiden** kan påverkas genom att drifttidsstyra anläggningen efter verksamhetens art [24]. Man måste dock alltid beakta erforderlig tid för utvädring **före** och **efter** arbetstidens början och slut. Eleffektivisering får självklart inte ske till priset av ett försämrat inomhusklimat.

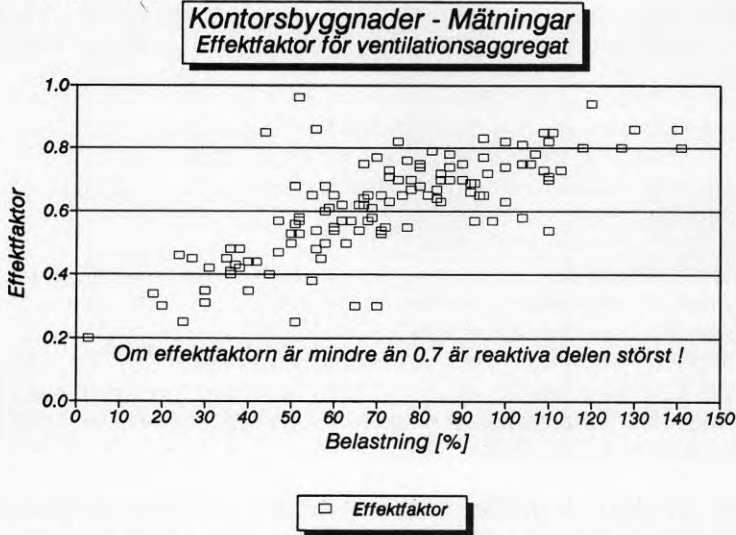
En av de väsentligaste faktorerna är att hålla nere **tryckuppsättningen** i systemet. Detta kräver ofta större **utrymmen för aggregat** och kanaler, en reduktion av lufthastigheterna, val av rätt don, att man undviker plötsliga areaförändringar i aggregat och kanalsystem, använder **ledskenor** och **diffusorer** [2,5]. Det är väsentligt att i ökad utsträckning beakta fläktaggregatets systemeffekt [7].

En hög **fläktverkningsgrad** måste föreskrivas, vilket oftast innebär att radialfläktar med **bakåtböjda** skovlar sk B-hjul bör väljas – där så är lämpligt. Det är väsentligt att värdet på fläktverkningsgraden verkligen föreskrivs i handlingarna – att endast hänvisa till VVS AMA är **inte** tillräckligt!

Även om en hög fläktverkningsgrad föreskrivits måste även stora krav ställas på **verkningsgraden för transmission fläkt/motor**. Här kommer frågan om direktdrift eller remväxeldrift in. Direktdrift ger självklart högsta transmissionsverkningsgrad men kan **ibland** vara svår att hitta på marknaden för vissa aggregat. Ställ dock krav – marknaden brukar anpassa sig till behoven! Vad beträffar remväxeldrift måste man beakta att när remspänningen minskar så minskar också verkningsgraden, vilket ger en ökad elanvändning. Att byta fläkttremmar och kontrollera remspänningen är således inte endast en viktig DoU-åtgärd utan även en eleffektiviseringsåtgärd!

För att få en hög **motorverkningsgrad**, skall inte större motorstorlek än nödvändigt väljas samt en motor med hög verkningsgrad. Det finns en hel del eleffektiva motorer på marknaden idag. Tyvärr är det inte ovanligt att entreprenören tar ut större storlek än vad som föreskrivits, då prisskillnaden ofta är liten. Detta är dock helt fel ur eleffektiviseringssynpunkt och kostnadssynpunkt på längre sikt.

**Figur 8.11** som visar **effekt faktorn** för ett antal uppmätta aggregat visar hur det är ställt med dagens installationer. Med denna bild visas att man också måste beakta det reaktiva energi- och effektuttaget, vilket kan komma att debiteras även lågspänningsabonnenter i framtiden. Även lysrör bidrar till att reaktiva energi- och effektuttaget ökar och då framförallt flertalet kompaktlysrör som ger mycket låg effekt faktor. Att faskompensera minskar förvisso den rörliga energikostnaden men angriper **inte** det bakomliggande problemet utan endast symptomet.



**Figur 8.11** Uppmätt belastning och effekt faktor för 127 st fläktmotorer

Som framgår av bilden ligger ca 65 % av motorerna på en effekt faktor under 0.70. Detta innebär att den reaktiva effekten för dessa motorer är större än den aktiva. Medelbelastningen ligger på ca 70 %.

#### □ STYR- OCH REGLERSYSTEM

En av de mer grundläggande frågorna är dock det övergripande **systemvalet**. Detta är också något som **måste anpassas** efter de unika förutsättningarna **för varje projekt**. Detta tillsammans med bra möjligheter att styr- och reglera systemet skapar förutsättning för effektiv energianvändning av både värme och el.

## 9 REFERENSER

- [1] Abel, E. Use of Electricity in Commercial Buildings. Electricity. End-Use and New Generation Technologies, and Their Planning Implications. Editors Johansson, T B, Bodlund, B and Williams, R H. Lund University Press 1989
- [2] Crone & Koch Rådgivande ingenjörfirma k/s. Mulige elbesparelser ved ventilation. Fysisk Laboratorium III, Danmarks Tekniske Højskole, Rapport november 1987
- [3] Göransson P och Qvist B. Elanvändning i ett kontorshus. Mätning och analys, kv Gammen, Stockholm. Byggforskningsrådet Rapport R62:1990, Stockholm
- [4] Holtz Michael. Electrical energy savings in office buildings. Byggeforskningsrådet Document D17:1990, Stockholm
- [5] Jagemar, L. Energiekonomi. Val av fläktar och kanalutformning för luftbehandlingssystem i servicelokaler och industrier. Avdelningen för Installationsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Dokument D10:1991, Göteborg
- [6] Jagemar, L. Key-values for design of HVAC systems in commercial buildings. Paper presented at the International Symposium Energy Efficient Buildings, Stuttgart March 9 - 11, 1993
- [7] Jansson G. Glöm inte systemeffekten, Fläkt nr 70, Fläkt AB, Stockholm 1984
- [8] Johansson J-O och Uppström R. Eleffektivisering av kontorsfastigheten Västra Nordstaden 25, Göteborg [1993-03-10]
- [9] Kamjou P och Jung R. Mätning och analys. Kv Rosteriet, Stockholm. Byggeforskningsrådet Rapport R57:1991, Stockholm
- [10] Nilson A och Bergh U. Eleffektivisering av kontorsfastigheten Lorensberg 45:16 [fd Kastellholm 16], Göteborg [1992-03-30]
- [11] Nilson A, Bergh U och Walter A. Energiteknisk standard i nybyggda lokaler. Sammanfattande PM 1990-05-15. Vattenfall, Stockholm
- [12] Nilson A, Bergh U och Uppström R. Eleffektivisering av kontorsfastigheten Rubinen, Göteborg [1992-10-29]
- [13] Nilson A, Bergh U och Uppström R. Eleffektivisering av kontorsfastigheten Svanen, Göteborg [1992-09-15]
- [14] Nilson A, Bergh U och Uppström R. Eleffektivisering av kontorsfastigheten Jakob Större, Stockholm [1992-11-11]

- [15] Nilson, A och Hjalmarsson Ch. Kv Rosteriet, Stockholm. En jämförelse av uppmätt och simulerad el- och värmeenergianvändning i ett kontorshus. Stockholm [1992-01-22]
- [16] Nilson A och Hjalmarsson Ch. Eleffektivisering av kontorsfastigheten Svaneholm 9, Göteborg - DOE2-simuleringar, Göteborg [1992-03-30]
- [17] Nilson A, Hjalmarsson C och Uppström R. Eleffektivisering av kontorsfastigheten Traktören, Göteborg [1992-10-23]
- [18] Nilson A, Hjalmarsson C och Uppström R. Eleffektivisering av kontorsfastigheten Inom Vallgraven 40:14 Rosenlund, Göteborg [1993-06-11]
- [19] Nilson A, Johansson J-O, Hjalmarsson Ch och Uppström R. Eleffektivisering av kontorsfastigheten Spelbomskan 12, Stockholm [1992-01-10]
- [20] Nilson A, Olsson B och Uppström R. Eleffektivisering av kontorsfastigheten IBM Lilla Bommen kv Guldet, Göteborg [1993-03-10]
- [21] Nilson, A, och Uppström R. Energimätning i nybyggda kommersiella lokaler lokaler. Göteborg [1993-02-26]
- [22] Nilson A och Uppström R. Råckstaprojektet. El- och värmeeffektivisering för Vattenfalls kontor, Stockholm - Uppföljningsmätningar. Bengt Dahlgren AB, Göteborg (internrapport)
- [23] Nordling B. Mätning och analys av elanvändning i kontors- och laborationsbyggnad vid Statens Provningsanstalt. Rapport SP-AR 1990:25, Energiteknik, Borås 1990
- [24] Olufsen, P. Elforbrug til mekanisk ventilation. Måling og analyse af elforbrug til ventilation i kontorbygninger. SBI-rapport 228, Statens Byggeforskningsinstitut 1993.
- [25] Sundbom L, Nilson A, Munther K. Energisparpotentialen i lokaler. Energieffektivisering av fem kontorsbyggnader genom energiteknisk upprustning. Byggeforskningsrådet Rapport R27:1987, Stockholm
- [26] Beräkningsförutsättningar för ELKON-projektet. Upprättade av tekniska kommittén 1991-08-16
- [27] Byggeforskningsrådet, Energianvändningen kan halveras i kontorsbyggnader. Skrift G22:1987, Stockholm
- [28] DOE2 BASICS. Simulation Research Group, Centre for Building Science, Applied Science Division, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, CA 94720 [Augusti 1991]

- [29] Elhushållning på 1990-talet. Betänkande av elhushållningsdelegationen. ELIN-rapporten. SOU 1987:68. ISBN 91-38-10081-9
- [30] Från krog till kontor. Slutrapport för lokalsektorn inom Uppdrag 2000. Rapport U1991/50, Vattenfall, Stockholm
- [31] Lokalerna och energihushållningen. Rapport från STIL-studien inom Uppdrag 2000. Rapport U 1991/70, Vattenfall, Stockholm
- [32] Nordiska Ventilationsgruppen. Klimatproblem i byggnader. Publikation H12, Arbets- och skyddsstyrelsen [1986].
- [33] Riktlinjer och rekommendationer för belysning inomhus. Ljuskultur, Stockholm
- [34] SESAM – värme. Manual till programsystem SESAM version 3.75 maj-93. Utvecklat av Bengt Dahlgren AB, Göteborg.
- [35] Svenska Inneklimatinstitutet. Klassindelade luftdistributionssystem – Projektering och upphandling – Anvisningsserien A2. Stockholm 1991
- [36] Svenska Inneklimatinstitutet. Klassindelade luftdistributionssystem – Riktlinjer och specifikationer – Riktlinjeserien R2. Stockholm 1991







**R56:1993**

ISBN 91-540-5600-4  
Bygghälsö, Stockholm

Art.nr: 6813056  
Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer

Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
171 88 Solna

Cirkapris: 127 kr inkl moms