



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R59:1986**

# **Stockholmsprojektet**

**Effekt- och energisimuleringar  
med datorprogrammen BRIS  
och DEROB**

**Engelbrekt Isfält  
Hans Johnsson**

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *Per*

*K/12*

**Byggeforskningsrådet**

R59:1986

STOCKHOLMSPROJEKTET

Effekt- och energisimuleringar  
med datorprogrammen BRIS och DEROB

Engelbrekt Isfält  
Hans Johnsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820923-6  
från Statens råd för byggnadsforskning till Stockholms  
stad, Stockholm.

## REFERAT

Projektet ingår som ett delprojekt i Stockholmsprojektet. I Stockholmsprojektet prövas och utvecklas bygg- och energiteknik i syfte att nå låga energi- och effektbehov i flerbostadshus. Detta projekt redovisar energi- och effektbehov för de fem experimenthusen som ingår i Stockholmsprojektet. Energi- och effektbehoven är baserade på teoretiska datorsimuleringar, i vilka de olika byggnadernas basdata och principer för VVS-system har matats in.

Rapporten redovisar hur de olika byggnaderna är uppbyggda och vilka system som är installerade. Experimentbyggnaderna är färdigbyggda och kommer att mätas och utvärderas fram till 1988. De analyser som görs av mätdata kommer bl a att utgå från de teoretiska energi- och effektbehov som redovisas i denna rapport. De energiåtgångstal som redovisas i rapporten för de olika byggnaderna varierar mellan 78 och 124 kWh/m<sup>2</sup>, ly, år. Dessa tal avser köpt energi för uppvärmning, ventilation, tappvarmvatten och el.

I övrigt omfattar energibalanserna transmission, läckage- och avloppsförluster samt passivt tillförd energi och personvärme.

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

R59:1986

ISBN 91-540-4583-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1986

## FÖRORD

Stockholms stad genomför i samarbete med byggföretag, Tekniska högskolan och byggforskningsrådet ett experimentbyggnadsprojekt benämnt "STOCKHOLMSPROJEKTET". Projektet, som omfattar fem experimentbyggnader, påbörjades 1982. Uppläggning och genomförande av projektet har huvudsakligen sin grund i förslag till byggnader där utformning, byggnadsteknik och installationer samverkar med låga behov av köpt energi som resultat.

Föreliggande simuleringsresultat kommer att ställas mot de mätresultat som samlas in från delprojekten. De teoretiska simuleringarna av energi- och effektbehov kommer således att utnyttjas i det analysarbete som görs i projektets utvärderingsavsnitt. Dessutom har simuleringarna genomförts med två datorprogram, vilket möjliggör en säkrare bedömning av de teoretiska resultatens trovärdighet.

Inom respektive delprojekt har datorsimuleringar gjorts i ett tidigare skede som underlag för systemlösningar och projektering. Dessa skall dock inte sammanblandas med föreliggande resultat, som enbart genomförts som ett led i utvärderingsarbetet.

Föreliggande datorsimuleringar har genomförts av RLI-byggdata AB (BRIS-programmet) och VBB (DEROB-programmet). Arbetet har samordnats i en arbetsgrupp bestående av L O Andersson och Engelbrekt Isfält, RLI-byggdata, Hans Johnsson, VBB, Göran Werner, KTH samt undertecknad.

I Stockholmsprojektet finansieras alternativprojektering, mätning och utvärdering till stora delar av Statens råd för byggnadsforskning, som även ger experimentbyggnads-lån till byggföretagen. Ansvarig för mätning och utvärdering av mätresultaten är prof Arne Elmroth, KTH. Staden och KTH svarar gemensamt för en övergripande projektledning och kompletterande utvärdering. Projektet avslutas under 1988.

Stockholm december 1985.  
Planeringsberedningens kansli

Mats Thorén



## INNEHÅLL

1	SAMMANFATTNING	4
2	OBJEKTBESKRIVNINGAR	13
2.1	Inledning	13
2.2	Beskrivning av de fem experimentbyggnaderna	16
2.3	Simuleringsmodeller	32
2.3.1	Objektvisa simuleringsmodeller med BRIS	
2.3.2	Objektvisa simuleringsmodeller med DEROB	36
3	DATORSIMULERINGAR	41
3.1	Allmän bakgrund	41
3.2	Simuleringar med BRIS	41
3.3.	Simuleringar med DEROB	99

## 1 SAMMANFATTNING

Stockholms stad har under senare år ökat sin aktiva medverkan i forsknings- och utvecklingsarbete inom energiområdet. Syftet är att stärka stadens kompetens och bidra till en lägre energiförbrukning i bostäder och lokaler. Den 7 december 1981 antog kommunfullmäktige "Energiprogram för Stockholm, riktlinjer för forskning och utvecklingsarbete" som ligger till grund för stadens insatser och samarbete med Statens råd för byggnadsforskning (BFR).

Den största satsningen inom detta energiprogram avser experiment med energisnåla nya flerbostadshus - det s k STOCKHOLMSPROJEKTET. I denna rapport redovisas energi- och effektbalanssimuleringar för fem delprojekt (byggnader).

Simuleringarna har genomförts med de två datorsimuleringsprogrammen BRIS OCH DEROB.

En grundläggande hypotes för hela projektet är att behovet av köpt energi i nybyggda flerbostadshus kan halveras i jämförelse med den standardproduktion som byggs enligt SBN 80. I absoluta tal innebär detta att behovet av köpt energi för uppvärmning, tappvarmvattenberedning och hushållsel ej överstiger 75 - 100 kWh/m<sup>2</sup>,ly,år.

Det låga behovet av köpt energi kan uppnås på flera sätt. Byggnadsutformning, byggnadstekniska lösningar och installationssystem kan kombineras på olika sätt. Vilka åtgärder och lösningar som väljs i ett byggnadsprojekt är dock ytterst avhängigt andra kriterier än rent tekniska som leder till låga energibehov. Det är därför nödvändigt att de åtgärder och tekniska lösningar projektet omfattar prövas och utvecklas i flera byggnader som byggs av olika byggare med sina egna metoder och ideal. Det blir därmed möjligt att se och utvärdera sambanden mellan byggnaden och installerade system, samt hur dessa samband påverkar byggnadens energibalans.

Den teknik som prövas och utvecklas i projektet har knutits till fem experimentbyggnader. Dessa benämns med sina respektive kvartersnamn:

kv Sjuksköterskan  
Kv Konsolen  
kv Kejsaren  
kv Bodbetjänten  
kv Höstvetet

De principer som gällt beträffande forskning och utveckling i projekten för att markanvisning skulle ges till de olika byggföretagen har för respektive byggnad varit:



## Kv Sjuksköterskan



"Byggnaden skall vara konventionellt utformad men med högre krav på isolering och täthet i jämförelse med dagens norm. K-värden i väggar och bjälklag sänks från 0,30/0,20 till 0,17/0,12 W/m<sup>2</sup>, °C. Den ofrivilliga ventilationen bör ej överstiga 0,1 luftomsättning per timme. Speciell hänsyn skall ägnas byggnadens kvalitet. De högt ställda kraven på isolering och täthet kräver noggrann kontroll och uppföljning, liksom särskild utbildning av och information till inblandade parter, inklusive de boende. Projektet skall kvalitetsstyras."

## Kv Konsolen



"Byggnaden skall ges speciella egenskaper lämpade för passivt solvärmeutnyttjande. Solenergin utnyttjas som energikälla och energitekniska lösningar väljs som gör det möjligt att på bästa sätt tillgodogöra sig denna energi samtidigt som ett komfortabelt inomhusklimat erbjuds. Den passiva solvärmeteknikens tillämpning är i princip beroende av husets ytterväggskonstruktion och stomme (tunga element), fönsterkonstruktioner och fönsterarea i olika väderstreck samt system för värmedistribution."

## Kv Kejsaren



"Principerna för passivt solvärmeutnyttjande, som redovisats för "Kv Konsolen", gäller även för detta delprojekt. I detta fall kompletteras det passiva värmesystemet med viss mekanik och utrustning (sol-fångare) till ett s k "hybridsystem", d v s ett mellan-ting mellan rent passiva system och rent aktiva system. Detta system utnyttjar endast luft som värmebärare."

## Kv Bodbetjänten



" Lokaler och bostäder bildar en sammanhängande huskropp som omgärdar en glasgård vänd mot söder. Tillgänglig energi i glasgården utnyttjas för uppvärmning. Värmeöverskottet i lokaldelen utnyttjas för uppvärmning i bostadsdelen. Byggnaden utrustas med hålbjälklag för distribution av ventilationsluft från kontor till bostäder i ett slutet system. Detta system medger dels en värmeöverföring från kontor till bostäder, dels en korttidslagring av värme i bjälklagen från dag till natt. Systemet kan även utnyttjas för kylning sommartid."

Kv Höstvetet



" Två huskroppar placeras så att de mellan sig får en gård. Gården skall inglasas och inredas som en vinterträdgård med plats för gemensamma verksamheter. Den sammansatta byggnaden ges en gynnsam formfaktor med mindre ytterväggsyta per lägenhet. Gården fungerar som en värmebuffert och skall utnyttjas som solvärmemottagare. Den överskottsenergi som alstras sommartid lagras med hjälp av värmepump i ett s k borrhållslager i berget under byggnaden. Byggnadens värmesystem är baserat på luft som värmebärare."

#### Datorsimuleringar

Varför krävs detaljerade simuleringsprogram för analys av energibehovet i byggnader?

Vid beräkning av byggnaders energibehov för uppvärmning använder man sedan gammalt s k graddagar, som utgör ett mått på den genomsnittliga skillnaden mellan utetemperaturen under eldningssäsongen och rumstemperaturen vars nivå i Sverige normalt väljs till 17 °C. I detta ligger antagandet att värmetillskott från sol och inre värmekällor höjer temperaturen till en något mera komfortabel nivå.

I dagens lågenergihus finns tidvis en risk för att temperaturen höjs till en nivå som ligger högre än vad som anses vara komfortabelt.

Inre och yttre värmetillskott tillsammans med värmeåter-

vinningsanordningar som inte kan kopplas ur (projekteringen sker ofta med tanke på dimensionerade vinterförhållanden) lämnar fönstervädning som den enda möjligheten att sänka övertemperaturen inomhus. Även om radiatorerna stängs av kan rörsystemet avge mera värme än vad som erfordras.

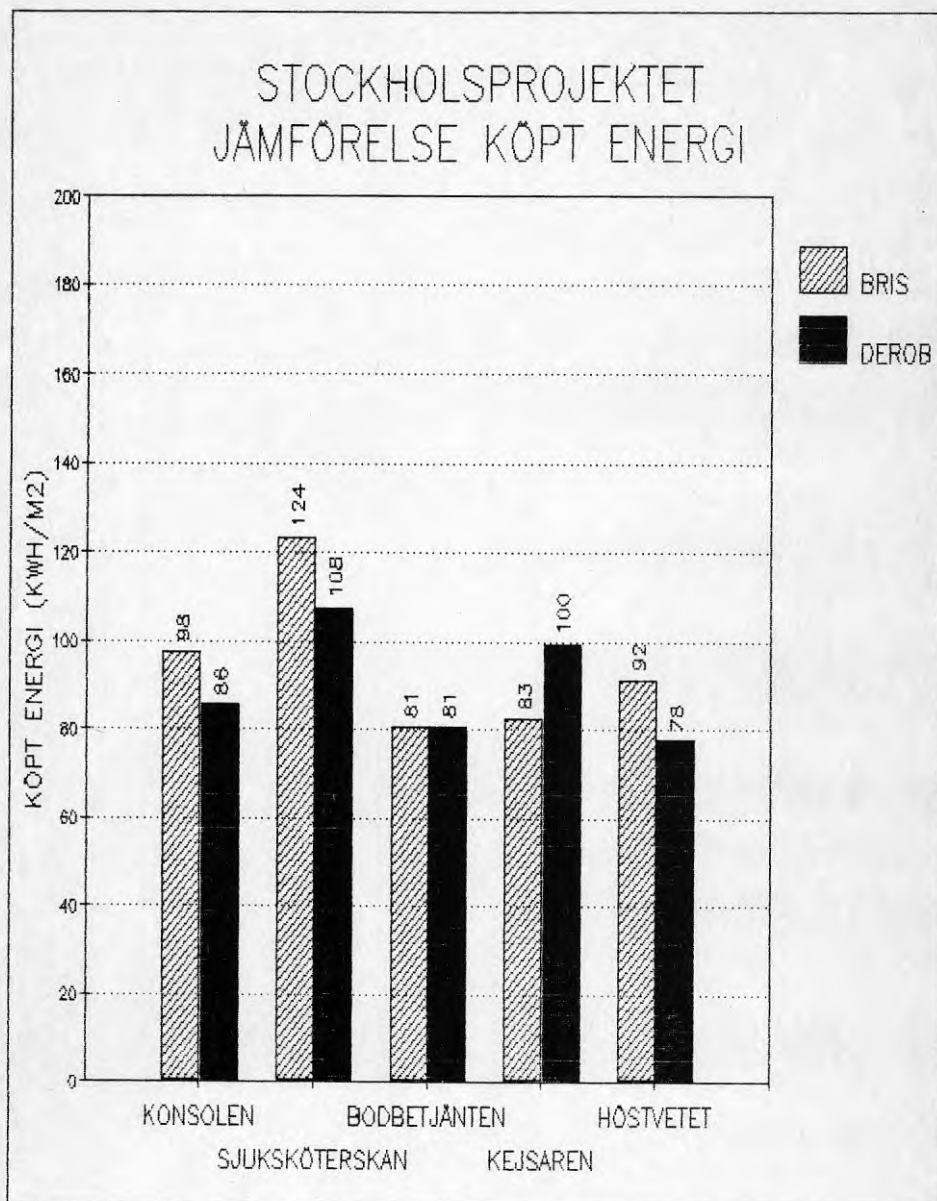
Beräkningar av energibehovet försvåras därför av att man inte känner rumstemperaturen.

Temperaturstegringen från en viss mängd tillförd energi beror på den tillgängliga värmekapaciteten i byggnaden. Detta betyder i sin tur att mera energi vädras bort i byggnader med liten tillgänglig värmekapacitet än i byggnader med större. Vi kan därför inte beräkna energibehovet med endast isolering och täthet som utgångspunkter, utan måste också veta hur snabbt byggnaden reagerar på växlingar i klimat och inre värmekällor.

En konsekvens av värmeåtervinning som försvårar enklare beräkningar är att värmeförlusterna inte längre är proportionella mot temperaturskillnaden inne-ute.

Tilluftstemperaturen kan bli tillräckligt hög genom värmeväxling ner till en viss utetemperaturnivå. Först när denna nivå underskrids måste värme tillsättas och energibehovet som funktion av temperaturskillnaden inne-ute följer då en annan kurva (med större lutning).

## Sammanfattande resultat av datorsimuleringar



### Kommentarer till sammanfattande resultat

Orsaker till skillnaderna i beräknad köpt energiförbrukning är i huvudsak enligt följande:

#### Konsolen

BRIS har förutsatt konstanta rörförluster under eldnings-säsongen (10 W/lm fasad) samt solskydd under perioden 1/3 - 31/10.

Se vidare under förutsättningar (BRIS och DEROB).

#### Sjuksköterskan

Differensen hänför sig till 7 kWh/m<sup>2</sup> för fläktenergi i BRIS-kalkyl. I övrigt lika Konsolen.

#### Bodbetjänten

BRIS redovisar energiförbrukning för kontor + bostadsdel.

DEROB redovisar energiförbrukning för enbart bostäder. Överskottsenergi från kontoren har dock via värmepump tillförts bostäderna.

#### Kejsaren

Skillnaden hänför sig till indata för hushållsel och tappvarmvatten (9 resp 8 kWh/m<sup>2</sup>).

#### Höstvetet

Jämför Konsolen.



## 2 OBJEKTSBESKRIVNINGAR

### 2.1 Inledning

Stockholms stad har under senare år ökat sin aktiva medverkan i forsknings- och utvecklingsarbete inom energiområdet. Syftet är att stärka stadens kompetens och bidra till en lägre energiförbrukning i bostäder och lokaler. Den 7 december 1981 antog kommunfullmäktige "Energiprogram för Stockholm, riktlinjer för forskning och utvecklingsarbete" som ligger till grund för stadens insatser och samarbete med Statens råd för byggnadsforskning (BFR).

I det löpande arbetet med nya projekt för bebyggelse i Stockholm, främst på Södra stationsområdet och i Hansta, har idéer och förslag på byggnaders uppvärmning och ventilation förts fram. Många av dessa är intressanta men har tidigare ej prövats i full skala. Därför har staden funnit det angeläget att dessa nu prövas i särskilda experimentbyggnadsprojekt innan de eventuellt kan bli aktuella att tillämpa i stora byggnadsprojekt. Denna prövning sker nu inom ramen för energiprogrammet i samarbete med BFR och Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) i det så kallade STOCKHOLMSPROJEKTET.

Staden har för detta ändamål anvisat tomter i övrigt exploaterade områden:

- kv Höstvetet till JM Byggnads- och Fastighets AB
- kv Bodbetjänten till Armerad Betong Vägförbättring AB
- kv Konsolen till Ohlsson & Skarne AB
- kv Sjuksköterskan till Svenska Riksbyggen
- kv Kejsaren till Stockholmshem AB

De tre sistnämnda projekten är färdigbyggda och bebodda sedan ett år tillbaka, kv Bodbetjänten var under inflyttning sommaren/hösten 1985 och kv Höstvetet var klart för inflyttning i början av 1986. Efter inflyttning sker mätning och utvärdering under en tvåårsperiod i respektive projekt. STOCKHOLMSPROJEKTET som helhet kommer således ej att vara slutrapporterat förrän under 1988.

STOCKHOLMSPROJEKTET avser att utveckla och utvärdera grundläggande förutsättningar för ett sänkt behov av köpt energi i nya flerbostadshus. Det målet kan nås genom att dels bygga hus som i sig är energisnåla, d v s har ett lågt totalbehov av tillförd energi, dels genom att välja byggnadsutformning och installationer som möjliggör ett effektivt utnyttjande av tillförd energi, värmeåtervinning, värmelagring och dylikt. I några av projekten prövas relativt enkla åtgärder för energibesparing i hus som i stora drag ges en konventionell utformning, i andra prövas ny bygg- och installationsteknik, inglasade gårdar, borrhållslager m m. Det väsentliga i STOCKHOLMSPROJEKTET är att pröva olika sätt att nå låga behov av köpt energi, inte att utveckla det absolut bästa "lågenergihuset". Resultaten från detta projekt kommer senare att tillämpas under

varierande förutsättningar - tät innerstad, förtätning i ytterstaden, nyexploatering - varför den breda ansatsen och möjligheten att jämföra olika "strategier" är grundläggande för hela projektet. Energibalanser och energiåtgångsanalyser kompletteras med utvärdering av boendemiljö, komfortförhållanden, ekonomi och resultatens tillämpbarhet.

En grundläggande hypotes för hela projektet är att behovet av köpt energi i nybyggda flerbostadshus kan halveras i jämförelse med den standardproduktion som byggs enligt SBN 80. I absoluta tal innebär detta att behovet av köpt energi för uppvärmning, tappvarmvattenberedning och hushållsel ej överstiger 75 - 100 kWh/m<sup>2</sup>,ly,år.

Det låga behovet av köpt energi kan uppnås på flera sätt. Byggnadsutformning, byggnadstekniska lösningar och installationssystem kan kombineras på olika sätt. Vilka åtgärder och lösningar som väljs i ett byggnadsprojekt är dock ytterst avhängigt andra kriterier än rent tekniska, som leder till låga energibehov. Det är därför nödvändigt att de åtgärder och tekniska lösningar projektet omfattar prövas och utvecklas i flera byggnader som byggs av olika byggare med sina egna metoder och ideal. Det blir därmed möjligt att se och utvärdera sambanden mellan byggnaden och installerade system, samt hur dessa samband påverkar byggnadens energibalans.

Den teknik som prövas och utvecklas i projektet har knutits till fem experimentbyggnader. Dessa benämns med sina respektive kvartersnamn:

kv Sjuksköterskan  
kv Konsolen  
kv Kejsaren  
kv Bodbetjänten  
kv Höstvetet

De principer som gällt beträffande forskning och utveckling i projekten för att markanvisning skulle ges till de olika byggföretagen har för respektive byggnad varit:

#### Kv Sjuksköterskan

"Byggnaden skall vara konventionellt utformad men med högre krav på isolering och täthet i jämförelse med dagens norm. K-värden i väggar och bjälklag sänks från 0,30/0,20 till 0,17/0,12 W/m<sup>2</sup>, °C. Den ofrivilliga ventilationen bör ej överstiga 0,1 luftomsättning per timme. Speciell hänsyn skall ägnas byggnadens kvalitet. De högt ställda kraven på isolering och täthet kräver noggrann kontroll och uppföljning, liksom särskild utbildning av och information till inblandade parter, " inklusive de boende. Projektet skall kvalitetsstyras."

#### Kv Konsolen

"Byggnaden skall ges speciella egenskaper lämpade för passivt solvärmeutnyttjande. Solenergin utnyttjas som energikälla och energitekniska lösningar väljs som gör det möjligt att på bästa sätt tillgodogöra sig denna

energi samtidigt som ett komfortabelt inomhusklimat erbjuds. Den passiva solvärmeteknikens tillämpning är i princip beroende av husets ytterväggskonstruktion och stomme (tunga element), fönsterkonstruktioner och fönsterarea i olika väderstreck samt system för värmedistribution."

#### Kv Kejsaren

" Principerna för passivt solvärmeutnyttjande, som redovisats för "Kv Konsolen", gäller även för detta delprojekt. I detta fall kompletteras det passiva värmesystemet med viss mekanik och utrustning (solfångare) till ett s k "hybridsystem", d v s ett mellanlägg mellan rent passiva system och rent aktiva system. Detta system utnyttjar endast luft som värmebärare."

#### Kv Bodbetjänten

" Lokaler och bostäder bildar en sammanhängande huskropp som omgärdar en glasgård vänd mot söder. Tillgänglig energi i glasgården utnyttjas för uppvärmning. Värmeöverskottet i lokaldelen utnyttjas för uppvärmning i bostadsdelen. Byggnaden utrustas med hålbjälklag för distribution av ventilationsluft från kontor till bostäder i ett slutet system. Detta system medger dels en värmeöverföring från kontor till bostäder, dels en korttidslagring av värme i bjälklagen från dag till natt. Systemet kan även utnyttjas för kylning sommartid."

Kontorsdelen kan tjänstgöra som bullerskärm för bostäderna, vilken kan göra byggnaden lämplig i bullerutsatt miljö.

#### Kv Höstvetet

" Två huskroppar placeras så att de mellan sig får en gård. Gården skall inglasas och inredas som en vinterträdgård med plats för gemensamma verksamheter. Den sammansatta byggnaden ges en gynnsam formfaktor med mindre ytterväggsyta per lägenhet. Gården fungerar som en värmebuffert och skall utnyttjas som solvärmemottagare. Den överskottsenergi som alstras sommartid lagras med hjälp av värmepump i ett s k borrhålslager i berget under byggnaden. Byggnadens värmesystem är baserat på luft som värmebärare."

Mot bakgrund av ovan redovisade hypoteser och utgångspunkter har program för de fem experimentbyggnaderna utarbetats. Av matrisen nedan framgår vilken teknik som prövas och utvärderas i respektive byggnad. I några fall tillämpas tekniken i fler byggnader än vad matrisen visar. Kryssen i matrisen markerar hur de speciella forsknings- och utvärderingsinsatserna fördelar sig inom projektet.

Byggnad/ Teknik system	Sjuk- sköterskan	Konsolen	Kejsaren	Bod- betjänten	Höst- vetet
Solfångare			X		
Solvägg		X			
Tungstomme		X			
Kombieffekt				X	
Luftvärme			X		X
Utökad isol	X				
Glasgård				X	X
Borrhål- slag					X
Kval styrn	X				

Matris: Utvärdering av teknik/system i fem byggnader

## 2.2 Beskrivning av de fem experimentbyggnaderna<sup>1)</sup>

### 2.2.1 Sjuksköterskan



Fig 1 kv Sjuksköterskan, Bällstavägen 242, Bromma

1) Textunderlag och bildmaterial är hämtat från respektive företagsrapporter och informationsmaterial, examensarbeten utförda på KTH samt mätprogram utarbetade av enheten för energihushållning i byggnader på KTH (EHUB) och K-Konsult.

Byggnaden, som ligger vid Bällstavägen i Bromma, består av två hissförsedda sknuthus med fyra lägenheter per plan. De bägge knuthusen förbinds av en tvåvånings loftgångsförsedd huskropp med suterrängvåning. Totalt innehåller byggnaden 38 lägenheter och en lägenhetsbarnstuga.

Byggnaden har getts en konventionell utformning som väl överensstämmer med intilliggande byggnadsstil. Speciell uppmärksamhet har dock ägnats åt isolering och kvalitet. Värmeisoleringen motsvarar de normer som i dag gäller för direktelvärmda småhus och som förväntas bli norm även för flerbostadshus.

Följande k-värden ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ) är projekterade:

Ytterväggar	k = 0,17
Källarytterväggar	k = 0,40 (medelvärde)
Vindsbjälklag	k = 0,12
Golv på mark i bostadsutrymme	k = 0,20
Källarbjälklag	k = 0,50

Med kvalitetsstyrning menar byggherren (AB Stockholmsbyggen) planering och förebyggande åtgärder som bidrar till att reducera fel och misstag under byggnadsskedet, att rätt utnyttja de egenskaper tillgängliga resurser (material, personal m m) besitter samt att förbättra möjligheterna till en effektiv förvaltning. Följande moment ingår bl a i kvalitetsstyrningen:

- o förbättrade bygghandlingar
- o information och utbildning av arbetsledare under byggskedet
- o ökad byggkontroll och uppföljning
- o information och handledning till brukarna
- o bättre skötselinstruktioner

Husets bärande stomme utgörs av bärande innerväggar av betong samt betongbjälklag. Gavelväggarna är uppbyggda av betong, mineralull, lättklinkerblock och puts. Fasaderna är uppreglade med i vissa fall lättklinkerblock och puts på utsidan och i andra fall med träpanel. Byggnaden är platsbyggd vilket gjort det möjligt för entreprenören att utveckla vissa byggnadsarbeten i enlighet med den eftersträlvade kvalitetsstyrningen.

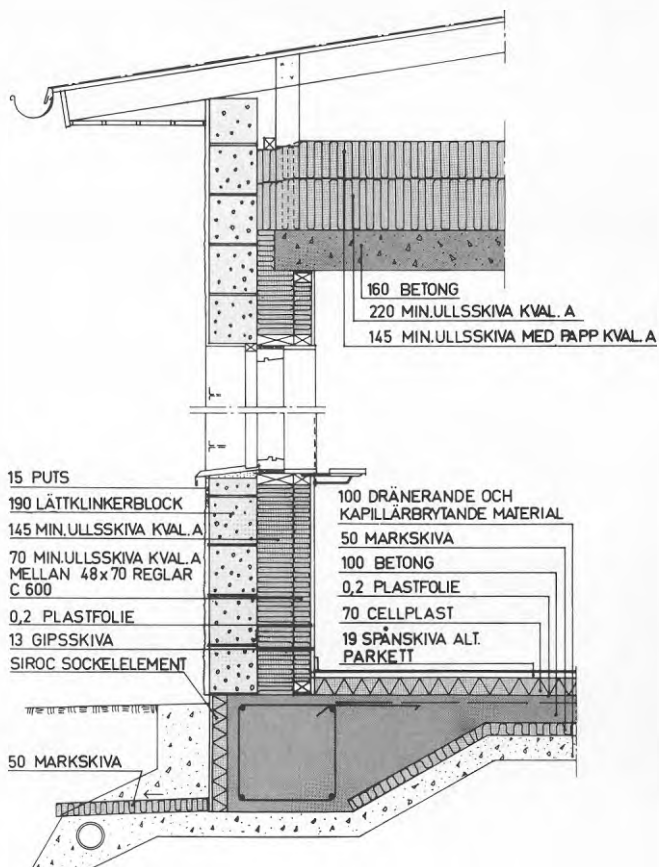


Fig 2 kv Sjuksköterskan, sektion genom fasad  
(Källa: Riksbyggen Konsult)

Fönster mot sydliga väderstreck görs stora, mot nordliga väderstreck görs de mindre. Fönstren har isolerglas med gasfyllning och selektivt

ytskikt. Detta ger ett k-värde på ca 1,3 W/m<sup>2</sup> °C. Fasta fönster monteras i rum mot loftgång för att öka husets täthet.

Yttertaket utgörs av uppstolpade platsbyggda trätakstolar, 23 mm råspont samt tre lager papp. Yttertaket har sadeltaksform med 90° taklutning. Vindsbjälklaget har isolerats med 500 mm lösull.

Värmesystemet är utfört som ett två-rörs lågtemperatursystem med radiatorer. Högsta framledningstemperatur är  $55^{\circ}\text{C}$ . Systemet är gemensamt för radiatorer och luftvärmare. Tappvarmvattnet, som mäts separat för varje lägenhet har en temperatur på  $45^{\circ}\text{C}$ .

Ventilationsanläggningen är utförd med fläktstyrda från- och tilluftsflöden och värmeåtervinning.

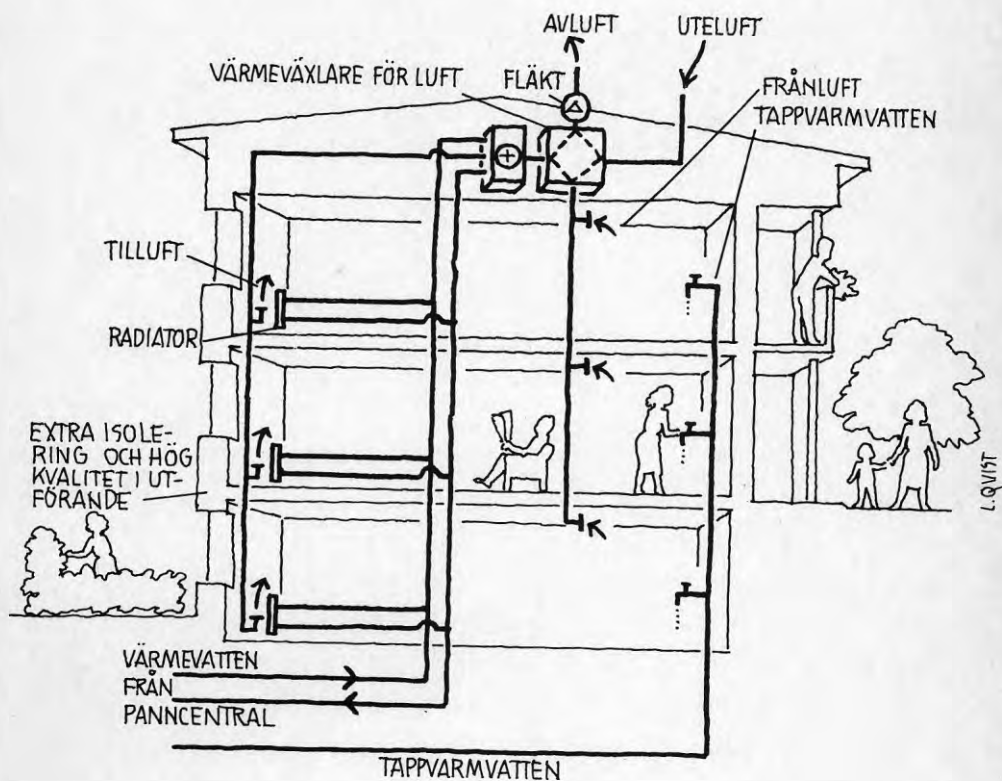


Fig 3 kv Sjuksköterskan, principschema

## 2.2.2 Konsolen



Fig 4 kv Konsolen, Astrakangatan 42, Hässelby

Kv Konsolen, Astrakangatan 42 i Hässelby, innehåller två hus, fyra våningar höga med totalt 57 lägenheter. Konsolen kännetecknas i stor utsträckning av beprövade byggmetoder och installationer. Byggnaden uppförs med elementbyggd betongstomme. Fasaderna byggs av förtillverkade betongsandwichelement. Vissa fasadavschnitt har ytterskiva med tegelinläggningar utförda på fabrik, vilket prövas för första gången. Taket utförs som traditionellt sadeltak med uppstolpade trätakstolar. Vindsbjälklaget är isolerat med 400 mm lösull.

Följande k-värden ( $W/m^2\text{°C}$ ) har enligt beräkningar på KTH (examensarbete) projekterats:

ytterväggar	$k = 0,28$
vindsbjälklag	$k = 0,15$
golv på mark	$k = 0,21$

De åtgärder som särskilt studeras och utvärderas i FoU-projektet är:

- solfångande fasader
- tung stomme

Dessutom sker viss utvärdering av värmeåtervinning med frånluftvärmepump.



## Solvägg

De solfångande fasadelementen i betong byggs som konventionella sandwichkonstruktioner. Väggen innehåller vertikala luftkanaler där tilluften till byggnaden förvärms. När den kalla uteluften passerar i kanalerna förvärms den av solvärme från utsidan och delvis även av transmissionsvärme från insidan. Tilluften kommer in via kanaler bakom radiatorer, där den vid behov kan värmas ytterligare. För att det inte skall bli för varmt i lägenheterna under sommaren kan kanalerna stängas manuellt med ett spjäll i varje lägenhet. Tilluften tas då in direkt via springventiler ovan fönstren.

Luftflödet genom väggelementet erhålls av det undertryck som skapas av frånluftsfläkten. Byggsystemet avses medföra så lufttät byggnad att den helt dominerande mängden tilluft tillförs lägenheterna via tilluftsdonen, vilket är en förutsättning för att systemet skall fungera väl.

Tilluftssystemet blir därigenom sk passivt och bedöms ha samma livslängd som ytterväggen. Cirka 85 procent av lägenheterna har försetts med solvägg. För den resterande delen anses solväggen inte vara meningsfull på grund av byggnadsorientering eller solavskärmning. Det har förväntats att solväggens energibidrag skall motsvara en reduktion av värmebehovet med cirka tio procent i de aktuella lägenheterna.

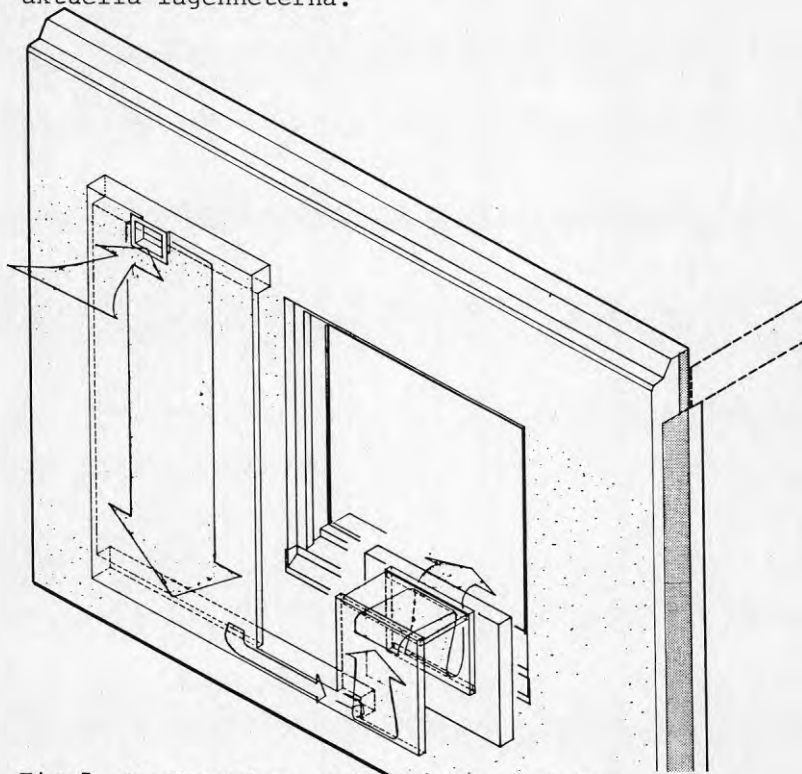


Fig 5 Kv Konsolen, principskiss solvägg  
(Källa: Ohlsson & Skarne)

### Tung stomme

Tung byggnadsstomme utjämnar dygnsbehovet av energi genom att denna kan lagras i främst innerväggar och bjälklag. För att ytterligare förbättra lagringsmöjligheterna i detta projekt är även ytterväggarna utförda med tunga betongkonstruktioner.

Under vissa delar av dygnet kan därför överskottsenergi från sol, personer, hushållsel etc lagras i stommen för att senare utnyttjas till husets uppvärmning. Temperaturdämpningen och trögheten i stommen innebär att effektbehovet kan begränsas. Vid dimensioneringen av värmeanläggningen har hänsyn tagits till detta genom att installerad effekt avsevärt reducerats i jämförelse med praxis. Tidskonstanten har beräknats till 160 timmar i stället för 80, vilket är normalt vid konventionell dimensionering. Hur mycket energi som kan sparas beror på flera faktorer: byggt teknik, materialval, reglerteknik m m.

I Konsolen har ett byggnadssystem utvecklats som enligt entreprenören ger mycket täta hus. Fasaderna utförs i betongelement upp till 8 m längd vilket gör att få fogar finns i fasaden. Fogarna är utförda som trestegsfogar för att uppnå god täthet mot vatten och vind.

Värmeåtervinning sker med hjälp av en frånluftsvärme-pump. Värmen används till beredning av tappvarmvatten och radiatorvärme.

Lägenheterna uppvärms med hjälp av ett vattenburet värmesystem med radiatorer och den förvärmade till-luften från solväggen.

Balkonkonstruktionen på Konsolen är mycket bra från köldbryggssynpunkt. Den utgörs av en prefabricerad stålkonstruktion uppbyggt av en vinkeljärnsarm som bultats fast i vindsbjälklaget. Några nämnvärda köldbryggor uppträder därför ej i samband med balkongerna på de olika våningsplanen.

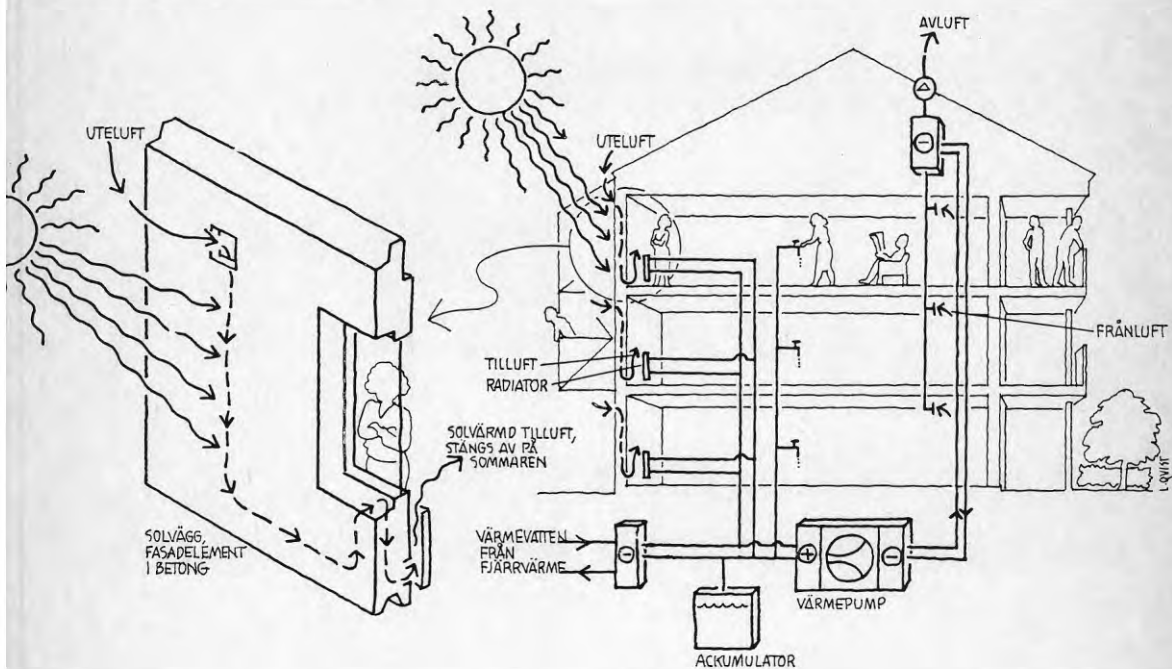


Fig 6 Konsolen, systemskiss

### 2.2.3 Kejsaren

Kv Kejsaren på Södermalm, Stockholm, byggs i karaktäristisk innerstadsmiljö. Byggnaden är sex våningar hög och uppförs på samma plats som en tidigare byggnad. Den innehåller tio lägenheter på fyra rum och kök, totalt ca 1 000 m<sup>2</sup> bostadsyta, butikslokal på 200 m<sup>2</sup> samt garage och källare.

Den översta våningens två balkonger har glasats in. Fasaden mellan dessa balkonger har getts ett mönster som bidrar till att inglasningen ej blir så framträdande samt att byggnaderna intill knyts samman på ett fint sätt.



Fig 7 Kv Kejsaren, Högerbergsgatan 32, Stockholm

Huset byggdes enligt SBN 80 med konventionell byggnadsteknik.

Installationssystemet är av en avancerad och relativt oprövad karaktär.

Lägenheterna värms med luftburen värme i ett lågtemperatursystem.

Solfångaren är en del av taket och skall klara ungefär en tredjedel av energibehovet. Solvärmes distribueras i ett luftburet system och lagras över dygnet i betongbjälklagen där luftkanaler gjutits in.

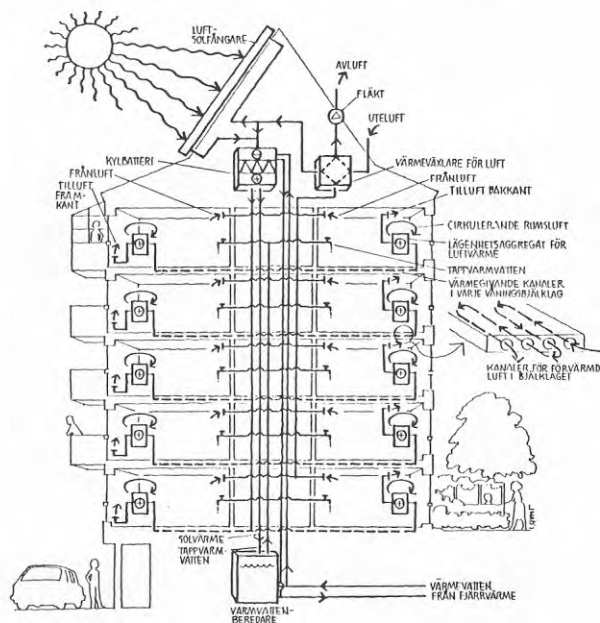


Fig 8 Kv Kejsaren, Principskiss

Byggnaden bärs upp av en betongstomme med platsgjutna bärande väggar och bjälklag. Utfackningsväggar mot gata och gård består av lättbetongblock som putsats. Yttertaket är ett plåttäckt sadeltak med en lutning av 55°, vilket medger den mest gynnsamma lutningen för solfångarna. Vindsbjälklaget är isolerat med mineralullsskivor.

Följande k-värden är beräknade i examensarbete från EHUB:

ytterväggar	$k = 0,26 \text{ W/m}^2\text{°C}$
vindsbjälklag	$k = 0,16 \text{ "}$
källargolv	$k = 0,25 \text{ "}$
källarväggar	$k = 0,27$

#### Solfångare

Solfångarytan är ca 100 m<sup>2</sup>, uppdelad på 15 moduler (1 x 6 m). Modulerna parallellkopplas bredvid varandra och ger intryck av att vara en enda sammanhängande solfångare. Hela solfångarpaketet byggs direkt på taket. Luft passerar solfångarna i en luftspalt uppbyggd mellan två plåtar under ett täckande glasskikt. Den plana plåten närmast glaset, absorbatoren, har en selektiv beläggning. Solfångarna är på undersidan isolerade mot vindsutrymmet.

#### Luftvärme

Uteluft tas in genom yttertaket och förvärms av lägenheternas frånluft i en luftvärmexlare. Luften passerar sedan genom solfångaren innan den når ett kylbatteri. Där hämtas värme, som ej behövs för uppvärmning, till tappvarmvattenberedning. Om behovet av värme till lägenheterna skulle vara större än vad solfångaren kan producera, kopplas fjärrvärme in.

Vid uppvärmning av lägenheterna tillförs luft med övertemperatur lägenheterna. Den avgivna värmen balanserar värmeförlusterna och ger önskad rumstemperatur. Luftflödet styrs med hjälp av ett microdatorbaserat styrsystem.

I varje lägenhet finns ventilationsaggregat installerade. I dessa blandas tilluft (0,5 oms/h) med filtrerad återluft, varefter den värms och distribueras i lägenheten. Totalt distribueras ett tempererat luftflöde på ca 1,3 oms/h för att täcka lägenhetens värmeförluster. Lufttemperaturen kan regleras i varje lägenhet.

Två metoder provas för tillförsel av den varma luften. I fem av husets tio lägenheter förs luften in via don placerade under fönstren mot gatan (framkant). I de övriga fem leds luften in via don placerade i rummets bakkant vid taknivå.

Tilluftstemperaturen i lägenheterna är max 45°C.

## 2.2.4 Bodbetjänten



Fig 9 Kv Bodbetjänten, Kryddgränd 4, Gubbängen

Kv Bodbetjänten i Gubbängen, söder om Stockholm, avser en byggnad på 7 300 m<sup>2</sup>. Dessa fördelar sig på 41 lägenheter, 2 700 m<sup>2</sup> kontor, 600 m<sup>2</sup> glasgård och övriga ytor. Byggnaden ligger intill befintlig bebyggelse men är uppförd på tidigare helt obebyggt mark. Dess utformning är unik och avviker markant från traditionell byggnadsstil i området.

Byggnaden består av ett trevåningshus med kontor och bostäder. Hälften av bostäderna ligger mot söder med entré från en korridor utmed kontorsdelen. Den andra hälften utgörs av lägenheter mot ost och väst med entréer från loftgång mot en inglasad gård.

Byggnaden består av en prefabricerad stomme av betong. Bjälklagen är av typ hålbjälklag. Innegården är överglasad med vertikala glaspartier, som delvis är öppningsbara. Den horisontella delen över gården täcks delvis av ett fläktrum med fläktar och värmepump.

Konstruktionsdata:

Bottenplatta:	Plastgjuten bottenplatta 50 mm cellplastisolering
Stomme:	Perfabstomme av betong Hålbjälklag
Ytterväggar:	Fasadtegel 145 mm mineralull Prefabricerad betongvägg

Loftgångsvägg:	Gipsvägg 25 mm mineralull
Yttertak:	Uppstolpat trätak 240 mm mineralull Plåtbeklädnad
Fönster:	Yttervägg: 3-glas Mot gård: 2-glas Glaspartier: 2-glas

Byggnadens klimatskal är dimensionerat enligt gällande normer, vilket leder till k-värden mellan 0,15 och 0,30 (W/m<sup>2</sup>°C) för olika byggnadsdelar.

Byggnaden är så orienterad att kontorsdelen vetter mot norr. Detta reducerar andelen överskottsvärme sommartid. I stället kan den infallande solstrålningen på ett bättre sätt komma bostäderna tillgodo.

Kontorsdelen ventilationssystem utförs som ett TERMODECK-SYSTEM, d v s tilluften får först passera det prefabricerade hålbjälklaget innan det tillförs kontoren. Frånluften tillföres bostadsgården som på detta sätt blir tempererad även under kall väderlek. El-radiatorer är installerade i kontorsdelen som kallraskydd.

Bostäderna har frånluftssystem med tilluft via intags-galler monterade bakom vattenkonvektorer. Energin i frånluften överföres via värmepump till vattenackumulatörer i bottenvåningen. Tillgänglig energi i bostadsgården överföres via cirkulationsluft.

Akkumulator och varmvattenberedare laddas under större delen av året enbart av värmepumpen. Räcker ej värmepumpen kopplas en elpanna in.

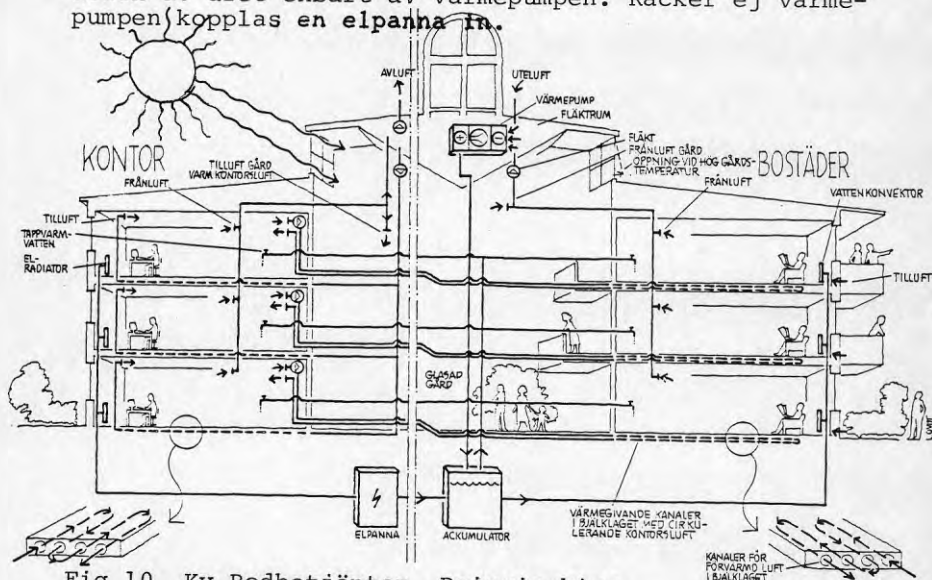


Fig 10 Kv Bodbetjänten, Principskiss

### Kombinationseffekt

Den installerade effekten och energiförbrukningen är reducerad genom en kombination av åtgärder:

- överföring av kontorets frånluft till bostadsgården
- överföring av överskottsvärme från kontorsdelen till bostäderna via luftcirkulation i hålbjälklag
- glasgård som solfångare och värmebuffert
- tilluft vintertid till kontoren via uppstolpat yttertak
- begränsad ytterväggsyta (god s k formfaktor)

### Glasgårdar

I byggnaden finns två inglasade gårdar, en i vardera bostads- och kontorsdelen. Dessa värms av solinstrålning och värme från intilliggande bostäder och kontor. Temperaturvariationerna mellan byggnadens olika delar utjämnas via glasgårdarna och hålbjälklaget.

Temperaturen i glasgårdarna ligger alltid över noll. På vintern går temperaturen ner till lägst  $+5^{\circ}\text{C}$  nattetid, dagtid kommer den upp till  $+15 - 20^{\circ}\text{C}$ . Sommartid måste gårdarna i regel kylas genom naturlig ventilation. Temperaturen blir då som mest några grader över utetemperatur.

#### 2.2.5 Höstvetet

Kv Höstvetet i Hagsätra söder om Stockholm består av ett loftgångshus med 71 lägenheter kring en överglasad gård. Den totala lägenhetsytan är  $5\,920\text{ m}^2$  och den inglasade gården  $650\text{ m}^2$ . Gården, som ej värms upp, bidrar med ett ovanligt miljötillskott för flerbostadshus i Sverige. Dessutom fungerar den som en stor solfångare, där den insamlade solvärmens lagras från sommaren till vintern i ett borrhållslager i berget under byggnaden. Den lagrade värmen överförs vintertid till lägenheterna via en värmepump som värmer tappvarmvattnet vilket i sin tur förser separata varmluftsaggregat i varje lägenhet med värme.

Byggnaden har loftgångar vända mot gården som överglasas med tvåskiktsglas. Den yttre klimatskärmen är isolerad enligt krav som förväntas komma i nästa byggnorm, d v s värmegenomgångstalen (k-värden) för väggar, tak och golv är  $0,17$ ,  $0,12$  respektive  $0,20\text{ W/m}^2\text{C}$ . Väggarna mot gården har värmegenomgångstal på  $0,30\text{ W/m}^2\text{C}$ . Fönstren i ytterväggarna mot det fria har k-värde 2 och mot gården  $3\text{ W/m}^2\text{C}$ .





Fig 11 Kv Höstvetet, Gällerstagrand 7 - 15, Hagsätra

#### Luftvärme

Ett för flerbostadshus relativt oprövat värme- och ventilationssystem projekteras. Systemet innebär att värme och ventilationsanläggningen kombineras. Ventilationsluften tas via den inglasade gården och utnyttjas som värmebärare. Vid behov förvärms tilluften.

I lägenheterna finns separata varmluftsaggregat. Dessa får sin värme från tappvarmvattnets cirkulationsledning.

Aggregatet innehåller ett värmebatteri, en filterdel och en fläkt. Från aggregatet förs den uppvärmda luften till tilluftsdon infällda i golvet under fönstren. Frånluften från de enskilda lägenheterna tas ut via spiskåpan i kök och ur våtutrymmen och sammanförs till en gemensam frånluftsvärmepump på vinden.

Genom kopplingen till tappvarmvattensystemet elimineras alltså behovet av separata rör för uppvärmning.

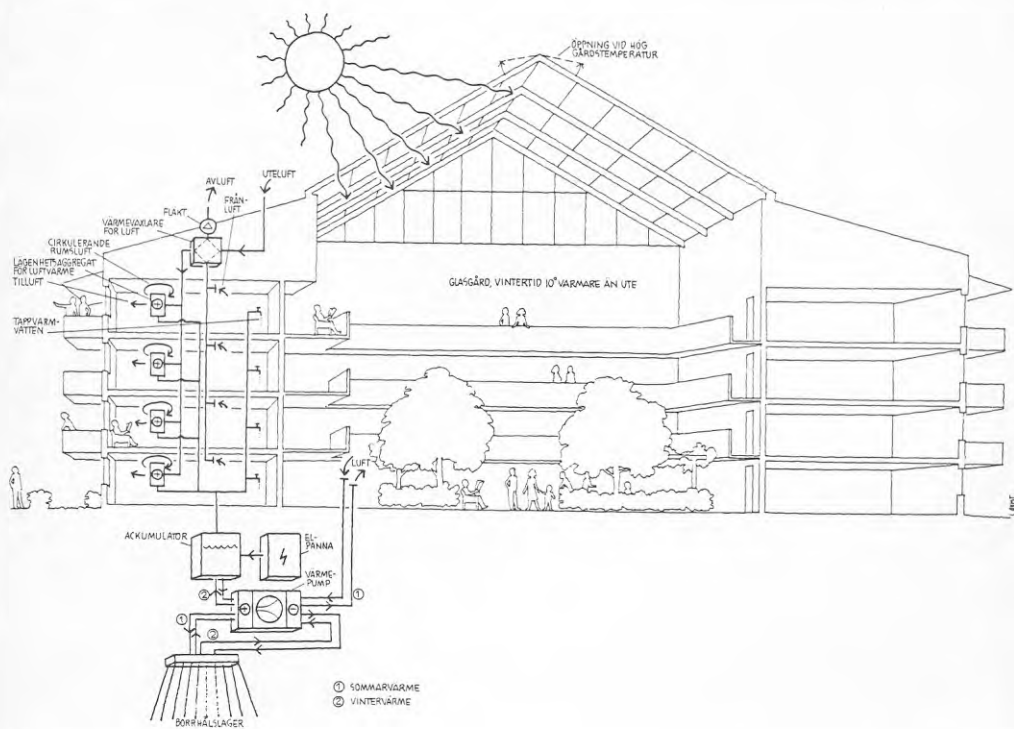


Fig 12 Kv Höstvetet, systemskiss.

### Borrhålslager

Förenklat kan ett borrhålslager beskrivas som en jättelik värmeväxlare. Under den varma årstiden laddas berget med cirkulerande varmvatten och under uppvärmningsperioden hämtas värme tillbaka med cirkulerande vatten kallare än berget.

Det värmelagrande mediet är således själva berget och värmetransporten inom lagret sker genom värmeledning. Värmetillförsel och värmeuttag till/från lagret sker via de i lagret anlagda ledningsbanorna genom vilka vatten cirkuleras. Det optimala avståndet mellan ledningsbanorna är i genomsnitt ca 4 m.

Borrhålslagret för huset i Hagsätra skall användas för säsongslagring av överskottsvärme från loftgården och

frånluftsvärme från bostäderna. Det kommer att arbeta i intervallet  $4 - 14^{\circ}\text{C}$  och består av 25 st 80 m djupa hål på i genomsnitt 4 m inbördes avstånd.

#### Inglasad gård

Den glasade gården kan betraktas som en stor och genomskinlig solfångare. Miljömässigt skapar den ett buffertklimat som spontant ger en temperatur ca  $10^{\circ}\text{C}$  över omgivningstemperaturen. Den solvärme som under sommarperioden absorberas i gården skulle, om inte speciella åtgärder vidtagits, ge upphov till besvärande höga temperaturer. I Höstvetet kyls därför gården med en värmepump samtidigt som överskottsvärmen lagras till uppvärmningssäsongen.

När gårdstemperaturen stiger över  $+20^{\circ}\text{C}$  kyls luften med värmepumpen. Då denna inte räcker till för att hålla gårdstemperaturen under  $+24^{\circ}\text{C}$  vädras gården genom öppning av stora takluckor. När gårdsluften ligger under  $+20^{\circ}\text{C}$  hämtar värmepumpen energin enbart ur uteluften. Förutom den goda energihushållning som den passiva solmottagningen medför blir också transmissionsförluster genom väggarna mot gårdarna betydligt mindre än mot det fria. Fasaderna mot en inglasad gård kan byggnadstekniskt utformas enklare då det inte förekommer någon regn- och vindpåverkan. Fasadkostnaderna blir därmed även lägre.

## 2.3 Simuleringsmodeller

### 2.3.1 objektvisa simuleringsmodeller med BRIS

Inmatningsstrukturen i BRIS är flexibel och logiskt uppbyggd. Detta är nödvändigt för att möjliggöra en spridd användning av programmet. Denna egenskap skiljer ett professionellt program från ett mera "hemgjort" som kanske bara kan användas av programförfattaren. I indata bygger man upp en modell av beräkningsobjektet med hjälp av följande begrepp som BRIS känner igen:

ALLMÄNNA DATA  
 RUM  
 VÄGGAR  
 FASADER  
 FÖNSTER  
 VÄRMARE  
 BELYSNINGSKÄLLOR  
 OPERATIVTEMPERATURER  
 TIDSBEROENDE DATA  
 LUFTBEHANDLING

För vart och ett av dessa begrepp finns en blankett som visar mönstret för hur olika uppgifter ges i indata. Uppsättningen av blanketter är inte fix. Man väljer det antal som behövs. Den inbördes ordningen är också valfri. Om man exempelvis har glömt att beskriva en vägg ger programmet en upplysning om detta och väggen kan tillfogas i slutet av indatafilen. Kontrollen av indata är mycket omfattande och programmet hittar och lokaliserar de flesta tänkbara fel. I detta avsnitt ges några kommentarer till hur de olika byggnaderna inom STOCKHOLMSPROJEKTET har definierats med hjälp av de begrepp som nämnts ovan.

#### Kv Konsolen

Ett plan i vardera huskroppen definieras som två rum med en gemensam vägg, se geometrier. Solväggarna utgör en del av ytterväggen, 15,2 m<sup>2</sup> i SO (rum 1) och 20,9 m<sup>2</sup> i SV (rum 2). Solväggen behandlas som ett ventilerat skikt som ligger innanför ytterväggens yttre betongskikt. Tilluften till rummen tas från solväggarna. Värmeeffekterna är minimerade till värden som motsvarar rörens värmeavgivning och söks när rumsluftens temperatur går ner till 20°C. Vid 25°C tillgrips vädring.

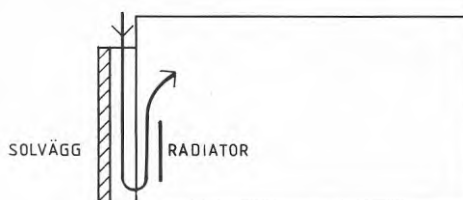


Fig 13.

Ett plan i vardera huskroppen har genomräknats, se geometrier. Tilluften passerar en värmväxlare med verkningsgraden 65 %. Efter värmväxlaren tillsätts värme så att tilluftstemperaturen under hela eldnings-säsongen hålls på 20°C. Rumsluftens temperatur förhindras att överskrida 25°C genom vädring. När värmebehov föreligger söks radiatoreffekten.

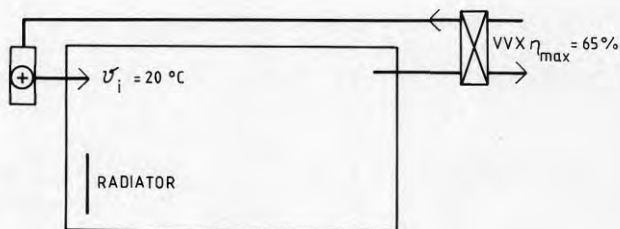


Fig 14

#### Kv Bodbetjänten

Ett mellanplan i kontor och bostäder samt gården behandlas här samtidigt eftersom de olika delarna är integrerade i systemet. Ventilationsluften till kontoret tillförs via hålbjälklag som i sin tur försörjs från gården. Vid behov sänks temperaturen genom inblandning av uteluft.

Bostäderna ventileras med uteluft via friskluftsventiler.

Luft från kontorsrummen matas in i bostädernas hålbjälklag i ett slutet system.

I såväl kontor som bostäder finns värmeeffekter insatta för att se till att lufttemperaturen aldrig underskrider 20°C. Under eldnings-säsongen antas att radiatorsystemets rörledningar i bostäderna avger 10 W per löpmeter fasad, vilket utgör värmeeffektens lägsta gräns.

Gården ventileras med frånluft från korsdelen. Temperaturen i gårdsutrymmet tillåts variera mellan +6 och +25°C. En värmepump tar maximalt 25 kW från gårds-luften. Luftflödet är 2,3 oms/h kl 07 - 18. Vid vädring uppgår flödet till högst 5,6 oms/h kl 0 - 24. Vid kallare väderlek upphör vädringen. När lufttemperaturen på gården går ner till +6°C minskas den uttagna effekten via värmepumpen.

Vid stigande gårdstemperatur ökar först effektuttaget via

värmepumpen. Vid 25°C anpassas vädringen med uteluft så att denna gräns inte överskrids.

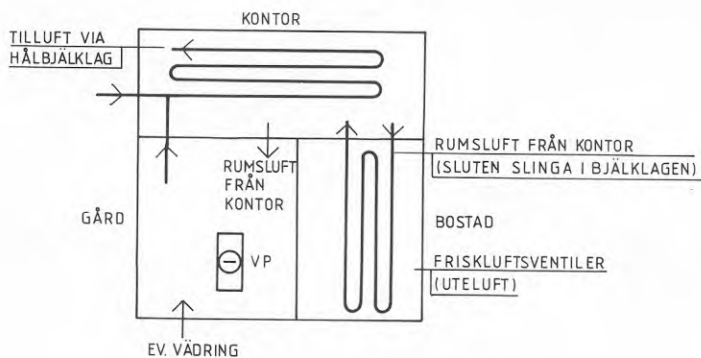


Fig 15.

### Kv Kejsaren

Inblåsning av tilluft sker via hålbjälklag och kan eftervärmas i rummet. Värme ur frånluften återvinns i en värmeväxlare med max verkningsgrad 60 %. Den i värmeväxlaren förvärmade tilluften kan därefter välja två vägar, antingen genom solfångaren när denna ger ett energitillskott, eller direkt vidare i systemet. När solfångaren ger mera värme än vad som behövs för uppvärmning, utnyttjas överskottet via ett kylbatteri för varmvattenberedning. Efter eventuell värmning fortsätter tilluften in i bjälklaget. För att beskriva detta system krävs en del konstgrepp. Tilluftens temperatur efter värmeväxlaren "fångas upp" och förs vidare i systemet genom att ett fiktivt rum införs. Detta rum har en försumbar värmekapacitet och inget värmeutbyte med omgivningen. Solfångaren simuleras som två mycket grunda rum, det ena med glas på framsidan och en tunn, svart vägg på baksidan. Denna vägg gränsar till nästa rum som är isolerat på baksidan och som ventileras med tilluften när solen ger värme. Värmeövergångstalen har valts så att verkningsgraden överensstämmer med mätvärden.

Även varmvattenberedaren beskrivs som ett rum vars värmekapacitet motsvarar vattnet. Tappningen behandlas som läckluft med samma temperatur som det ingående vattnets. Innan luften går vidare in i bjälklaget kan den behöva värmas, vilket kontrolleras i ytterligare ett fiktivt rum utan värmeutbyte med omgivningen och med mycket låg värmekapacitet.

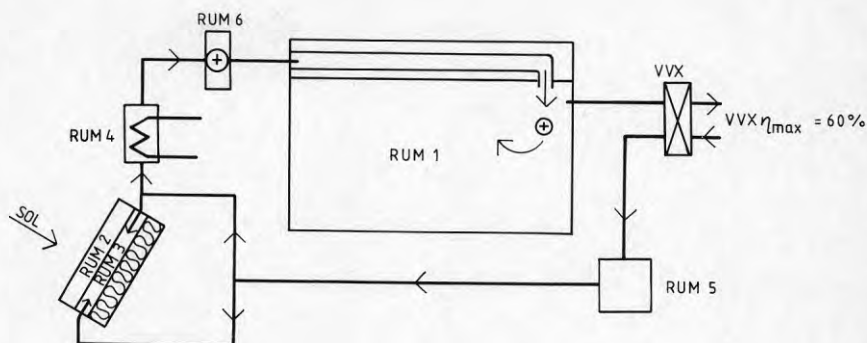


Fig 16.

Kv Höstvetet

Gården och ett mellanplan i var och en av huskropparna 2 - 6 behandlas samtidigt. Enligt de förutsättningar som gällde när beräkningarna gjordes ställs som enda villkor på lufttemperaturen i gården att den inte får underskrida  $+5^{\circ}\text{C}$ , vilket förhindras genom att värme tillförs.

I rummen tillåts temperaturen variera mellan 20 och  $26^{\circ}\text{C}$ . Den undre gränsen bevakas av värmesystemet vars lägsta effekt motsvarar rörens värmeavgivning. När den övre gränsen nås forceras luftflödet, dock till högst 0,5 oms/h.

Varje hus har en värmväxlare mellan till- och frånluft med maximal verkningsgrad 60 %.

## 2.3.2 Objektvisa simuleringsmodeller med DEROB

## Konsolen - Systemskiss

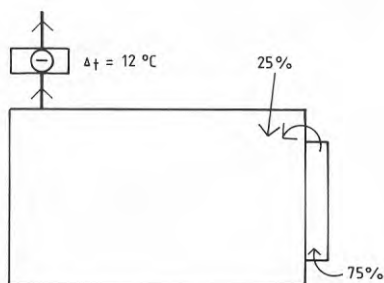


Fig 17.

Av tilluften passerar 75 % luftsolfångare. Resten, 25 %, är uteluft. Avluften passerar förångaren på en värmepump. Denna beskrivs dock ej i DEROB. Beräkningarna har gjorts för två systemtekniskt identiska hus.

## Sjuksköterskan - Systemskiss

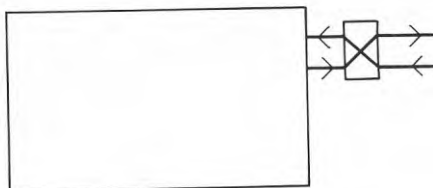


Fig 18.

Till- och frånluft passerar en värmeväxlare med 65 % temperaturverkningsgrad. Värmeväxlare finns i DEROB som speciell systemkomponent. I vissa program måste värmeväxlarens funktion sumuleras med hjälp av återluft.



## Bodbetjänten - Systemskiss

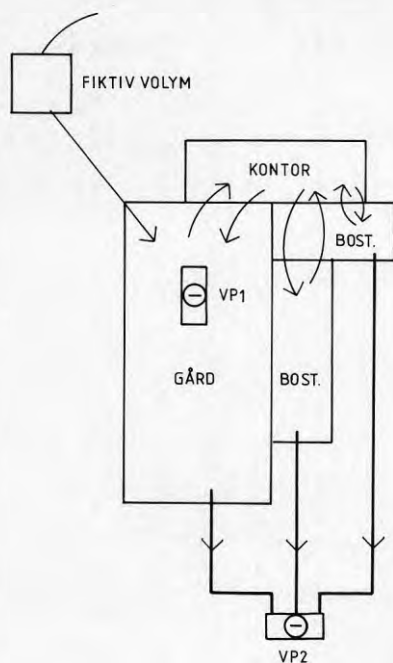


Fig 19.

För gården har beräkningarna avsett hela storleken. Beträffande kontor och gård har beräkningarna avsett ett plan. För att modellen skall stämma ventilations-tekniskt måste en fiktiv beräkningsvolym läggas in. Dess uppgift är att motsvara frånluften från de våningsplan av kontoret som inte är med i beräkningarna. En kyleffekt på gården motsvarar VP1 förångare. Hållbjälklagen och cirkulationsluften finns också med.

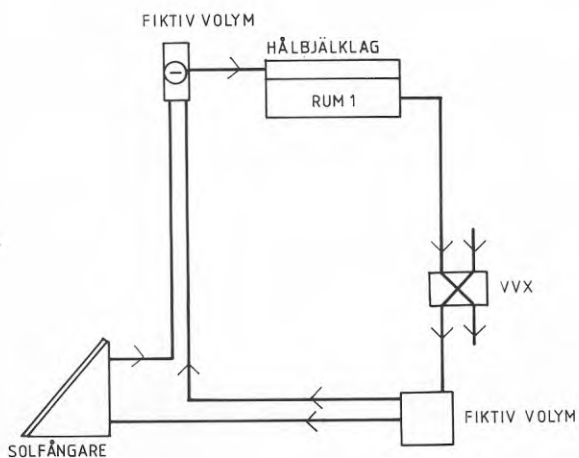


Fig 20.

Frånluften värmer tilluften i första steget med en konventionell värmeväxlare. Den fiktiva volymen som tilluften nu förs till används för att kontrollera om luften är varmare eller kallare än luften i solfångaren. Är den kallare får luften passera solfångaren. Nästa fiktiva volym används för att simulera varmvattenberedning och eftervärmning. Efter denna volym går luften till hålbjälk laget och rummet.

## Höstvetet - Systemskiss

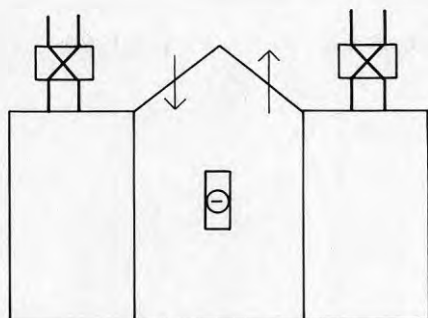


Fig 21.

Ventilation av varje byggnadskropp utom gården sker via värmeväxlare. Gården kyls med en kyleffekt som motsvarar värmepumpens förångare. Under sommaren forceras ventilationen i gården.



### 3. DATORSIMULERINGAR

#### 3.1. Allmän bakgrund

Varför krävs detaljerade simuleringsprogram för analys av energibehovet i byggnader?

Vid beräkning av byggnaders energibehov för uppvärmning använder man sedan gammalt s.k. graddagar, som utgör ett mått på den genomsnittliga skillnaden mellan utetemperaturen under eldningssäsongen och rumtemperaturen vars nivå i Sverige normalt väljs till 17° C. I detta ligger antagandet att värmetillskott från sol och inre värmekällor höjer temperaturen till en något mera komfortabel nivå.

I dagens lågenergihus finns tidvis en risk för att temperaturen höjs till en nivå som ligger högre än vad som anses vara komfortabelt.

Inre och yttre värmetillskott tillsammans med värmeåtervinningsanordningar som inte kan kopplas ur (projekteringen sker ofta med tanke på dimensionerade vinterförhållanden) lämnar fönstervädring som den enda möjligheten att sänka övertemperaturen inomhus. Även om radiatorerna stängs av kan rörsystemet avge mera värme än vad som erfordras.

Beräkningar av energibehovet försvåras därför av att man inte känner rumstemperaturen.

Temperaturstegringen från en viss mängd tillförd energi beror på den tillgängliga värmekapaciteten i byggnaden. Detta betyder i sin tur att mera energi vädras bort i byggnader med liten tillgänglig värmekapacitet än i byggnader med större.

Vi kan därför inte beräkna energibehovet med endast isolering och täthet som utgångspunkter, utan måste också veta hur snabbt byggnaden reagerar på växlingar i klimat och inre värmekällor.

En konsekvens av värmeåtervinnig som försvårar enklare beräkningar är att värmeförlusterna inte längre är proportionella mot temperaturskillnaden inne-ute.

Tilluftstemperaturen kan bli tillräckligt hög genom värmväxling ner till en viss utetemperaturnivå. Först när denna nivå underskrids måste värme tillsättas och energibehovet som funktion av temperaturskillnaden inne-ute följer då en annan kurva (med större lutning).

#### 3.2 SIMULERINGAR MED BRIS.

##### 3.2.1 Allmän beskrivning.

Historik.

Arbetet med BRIS-programmet började vid Institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik vid KTH i Stockholm för ca 25 år sedan. Beräkningsunderlaget sammanställdes av docent Gösta Brown, och avsikten var i första hand att skapa ett verktyg för forskningsändamål. Problem med orimligt höga rumstemperaturer i "moderna" byggnader påkallade behovet av ett beräkningsverktyg även för projektering av ventilations och kylanläggningar.

På den tiden var datatekniken ny, men Sverige låg långt framme internationellt sett.

Programmerare var lätt räknade, men de som fanns var mycket entusiastiska och kunniga inom matematik och numeriska beräkningsmetoder. Detta medförde att det mycket detaljerade beräkningsunderlaget kunde utnyttjas utan förenklingar av teoretiskt besvärliga avsnitt.

Vid jämförelser mellan olika datorprogram och mellan mätningar och program har det senare visat sig att vissa till synes oskyldiga approximationer av exempelvis värmeöverföringen vid rumsytorna kan ge upphov till grova fel, speciellt vid beräkning av kyleffektbehov (överdimensionering med en faktor 2 eller mera har förekommit). Beräkningar med BRIS har under åren jämförts med mätvärden varvid en mycket god överensstämmelse kunnat konstateras, se Lex Brown (1971). Svårigheterna har därvid främst bestått i att utföra mätningarna med den detaljeringsgrad och noggrannhet som jämförelser med beräkningsresultaten erfordrar. BRIS har också använts vid projekteringen av ett stort antal större byggnader i landet från 1960-talet och framåt. Härigenom har avsevärda besparingar främst i fråga om installationer för kylning gjorts. Begreppet riktad operativ temperatur kommer från BRIS där det infördes långt innan det togs upp i klimatnormen.

Byggnadsstyrelsens krav på begränsning av för höga rumstemperaturer sommartid,  $p_{27}$ , har utarbetats med hjälp av programmet.

### 3.2.2 Klimatdata

Väderleken varierar ständigt i olika perioder som ofta är kortare än byggnadens insvängningstid. Rums klimat och effektbehov vid ett visst tillfälle är därför starkt beroende av vädret under en rad föregående dygn, ibland upp till flera veckor.

För att kunna ta hänsyn till både längre och kortare transienter i byggnaden vid beräkning av energibehovet väljer man klimatdata för ett testår (referensår).

Kriterierna för urvalet av testår varierar i olika länder och ger helt olika resultat. Hur urvalet än går till kan man aldrig finna ett år som är "typiskt" för klimatet annat än i urvalskriteriernas mening.

Teståret blir bara ett exempel på hur väderleken kan variera.

### 3.2.3 Värmeflödet genom vägg-, golv- och takytorna

Fig 3.1 visar hur rumstemperaturen och olika effekter varierar under ett dygn. Exemplet avser en mellanvåning mot SSO i kv Rågaxet med klimatdata från den 15/5 -71. Tidigare har dimensioneringen skett enligt regeln kylbehovet=värmertilskotten från sol, och inre aktiviteter. Den post i värmebalansen som ofta är helt dominerande, värme flödet genom väggar, tak och golv, har överhuvud taget ej beaktats innan den blev möjligt att studera med hjälp av BRIS.

### 3.2.4 Beräkningarnas och resultatens omfattning.

BRIS utvecklas fortlöpande, och det omfattande beräkningsarbetet blir ett allt mindre problem i och med att datorerna blir större och snabbare.

Detta framgår inte minst av de körningar som gjorts inom detta projekt. Även om antalet variabler här uppgår till flera hundra och beräkningsperioden omfattar ett helt år, timme för timme, har tidsåtgången för själva beräkningen varit mindre än en timme per fall (nattkörning vid QZ-Cyber).

En sådan körning resulterar i flera miljoner beräknade värden. Det gäller därför att begränsa rapporteringen utan att gå miste om allt för mycket av den information som är nödvändig för efterbearbetningar och kontroll av att allt fungerar som det är tänkt.

Det är i och för sig möjligt att nöja sig med en redovisning av hela perioden på bara några sidor, men då har man för närvarande ingen möjlighet att analysera resultaten på det sätt som är önskvärt i detta projekt. Planer finns på att spara hela resultatet och utveckla speciella program för utvärdering, kurvritning, mm. Hittills måste detta arbete göras manuellt. För att vara möjliga att hantera på detta sätt har utskrifterna för varje projekt begränsats till knappt 1000 sidor.

### 3.2.5 Gemensamma beräkningsförutsättningar.

Beräkningarna omfattar den s.k. eldningssäsongen med klimatdata för Stockholm 1971 enligt följande schema:

1/9 - 15/9	med solskydd utan värme (ger startvärden)
16/9 - 31/10	med solskydd med värme
1/11 - 31/12	utan solskydd med värme
1/1 - 28/2	dito
1/3 - 15/5	med solskydd med värme tillgänglig

I de fall då vattenburen värme förekommer antas rörledningarna avge 10 W per löpmeter fasad, en effekt som läggs in som en lägsta gräns för värmeeffekten.

Energiredovisning veckovis och månadsvis har begärts. För den 15/9, 31/12, 28/2, 15/5 samt för den kalla perioden 1 - 7/1 har mer detaljerade utskrifter tagits ut. Mitt i varje rum på höjden 1.5 m över golvet har en operativtemperatur (medelvärde för sex riktningar) beräknats. I utskriften redovisas den procentuella fördelningen av operativ-temperaturen för den aktuella perioden.

För att begränsa antalet variabler har symmetri utnyttjats så långt som möjligt. I samtliga projekt har därför endast mellanvåningar behandlats med BRIS. Värmeförluster genom yttertak och källare har adderats efteråt. I de fall då ytterväggarna är lätta har hela våningsplanet betraktats som ett rum. Den värmekapacitet som finns i innerväggarna kan läggas i ett betongskikt på ytterväggarnas insida utan att man gör för mycket våld på fysiken. I fall med tunga ytterväggar är detta inte möjligt, och mindre rumsenheter måste behandlas.

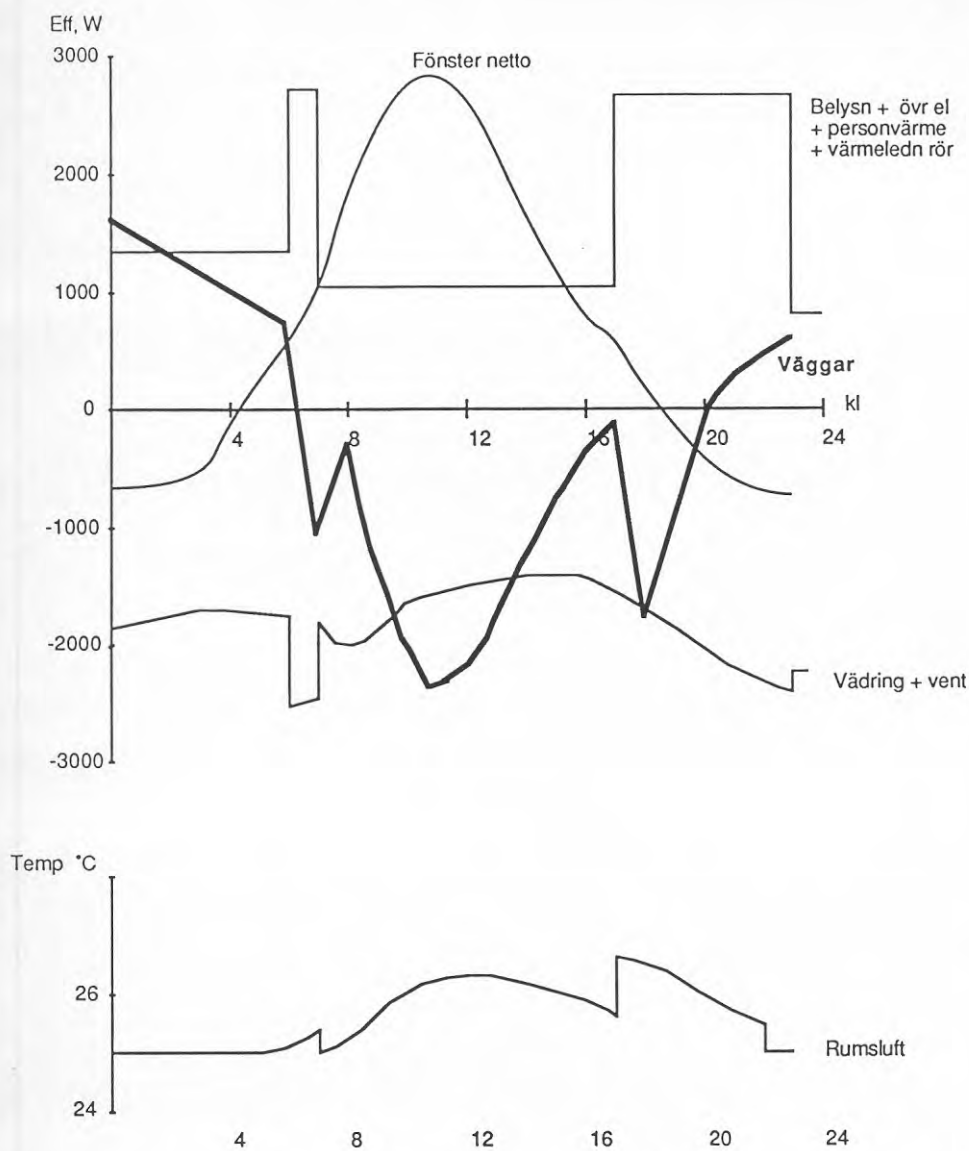


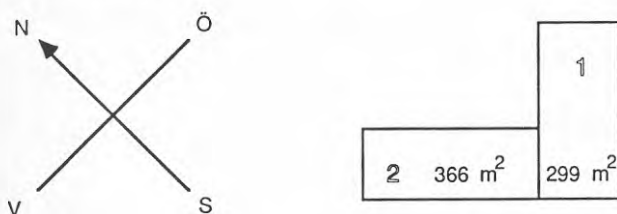
Fig. 3.1 Kv. Rågaxet mellanvåning SSO 256 m<sup>2</sup>. Timvisa energiflöden och rumsluftens temperatur den 15/5 - 71. Utetemperaturens dygnsmedelvärde = 12.6 °C.



Posten "väggar" varierar under dygnet från ca -2500 till ca 1600W. Vid en beräkning utan hänsyn till värmelagringen skulle dessa effekter ha bokförts som kyl- resp. värmebehov. Medelvärdet är ungefär -320 W, eller -7.64 kWh för hela dygnet. Temperaturen i stommen stiger ungefär 0.2 K från dygnets början till dess slut, vilket betyder att närmare 7 kWh, dvs en helt dominerande del, lagras upp (för att åter kunna avges vid ett senare tillfälle).

### 3.2.6. Förutsättningar kv Konsolen

#### 3.2.6.1 Geometrier



En mellanvåning i vardera huskropparna 1 och 2 motsvarande 9 lägenheter inkl sekundärytor i form av trapphus, schakt, etc, har beräknats.

#### 2.2 ÖVRIGA PRIMÄRDATA

	HUS	1	2
RUMSLUFT vinter sommar		>= +20° C, vädring vid $t_{rum} > 25° C$	
TILLUFT via "solvägg"		flöde = 0.57 oms/h	75% via solvägg 25% via springventil
OFRIVILLIG VENT		n = 0.1 oms/h	
LÄGSTA RADIATOR EFFEKT (10 W/lm fasad)		680	810
INTERNA EFFEKTER personer + tappvarmvatten, W	07-17 17-07	300 800	375 1000
belysning + hushållsel, W	23-06 06-07 07-17 17-23	800 2400 800 2400	1000 3000 1000 3000
VÄGGAR, YTTER		utv. 0.06 betong 0.14 cellplast inv. 0.08 betong	
FÖNSTER AREA FÖNSTER 3 GLAS		17% av ytterväggsyta $k = 2.0 W / m^2 \cdot C$	
TAPPVARMVATTEN		10 kWh / lägenhet dygn	

### 3.2.6.3 Beräkningsresultat kv Konsolen

#### Energibalansen

Total energibalans för året för båda huskropparna framgår av Fig 3.2. Den bygger dels på resultat direkt från BRIS, dels uppskattningar av energibehov för värmning av tappvarmvatten, inverkan av värmepump samt korrektioner för förluster genom yttertak och källare. De sistnämnda förlusterna har fördelats på 4 st våningsplan. Värdena gäller per m<sup>2</sup> av byggnadens golvyta.

Köpt energi uppgår till 98 kWh / m<sup>2</sup>, år, av totalt 163 kWh / m<sup>2</sup>.

Total energibalans månadsvis för hus 1+hus 2 visas i Fig 3.3. Sommartid används värmepumpen för värmning av tappvatten. El används för belysning och hushållsmaskiner. Under vintern ger värmepumpen något mera energi än vad som åtgår till radiatorsystemet, vilket utnyttjas för varmvattenberedning (dock marginellt).

I Fig 3.4 redovisas för ett mellanplan i vardera husen netto energibalans, från rummet sett, för hela eldnings säsongen. Man kan notera att värmebehovet endast till ca 50% täcks av radiatorsystemet, medan sol, personer och belysning täcker resten.

Fig 3.5 visar på samma sätt energibalansen för årets kallaste dygn (den 6/1). Här täcker värmesystemet ca 70% av värmeförlusterna. För den störta förlusten svarar ventilations- och läckluften.

I Fig 3.6 och 3.7 visas för hus 1 resp hus 2 netto-värmebalansens procentuella fördelning månadsvis under eldnings säsongen. Solväggen börjar få märkbar betydelse först under maj månad.

#### Inomhusklimat

Operativtemperaturens procentuella fördelning månadsvis har uppritats i Fig 3.8.

Under månaderna okt - april ligger temperaturen under 22° C, dock vanligen kring 20° C.

Under sept, okt, mars, april och maj bidrar solskydden till att hålla temperaturen nere.

I maj månad börjar temperaturen ändå att stiga till besvärande höga nivåer. Till detta bidrar värmeavgivningen från värmeledningsrören och tilluften från solväggen. Månaden borde inte räknas in i eldnings säsongen för denna byggnad (enligt de allmänna förutsättningarna har dock "eldnings säsongen " omfattat perioden 15 sept - 15 maj.).

### 3.2.6.4 Jämförelse mellan energi- och effektbehov beräknade med BRIS resp. med gängse metoder.

#### k-värden

Ytterväggarna består av 6 cm betong + 14 cm cellplast + 8 cm betong.

$$k_{yv} = (0.25 + 0.14/1.5 + 0.14/0.04)^{-1} = 0.260 \text{ W/m}^2, \text{K}$$

#### Fönster

$$k_{fö} = 2.0 \text{ W/m}^2, \text{K} \text{ (tre glas)}$$

Sammanlagd ytterväggsyta för hus 1 och hus 2 beräknad för våningshöjden 2.5 m:

$$A_{yv} = 325.5 \text{ m}^2$$

Sammanlagd fönsterarea:

$$A_f = 71.1 \text{ m}^2$$

Sammanlagd rumsvolym:

$$V = 1594.5 \text{ m}^3$$

Luftväxling 0.67 (vent + läck)

Summa förluster:	ytterväggar	$0.260 * 325.5 =$	84.6
	fönster	$2.0 * 71.1 =$	142.2
	vent nV/3	$1/3 * 0.67 * 1594.5 =$	<u>356.1</u>
			583 W/K

Dimensionerande effekt ( $17^\circ \text{ C}$  inne,  $-18^\circ \text{ C}$  ute)

$$P_{\max} = 583 (17 + 18) 10^{-3} = 20.4 \text{ kW}$$

#### Energibehov

Antalet graddagar under 1971 i Stockholm (teståret) var 3565. Det årliga energibehovet för den mellanvåning som behandlats med BRIS blir alltså

$$E = 3565 * 24/1000 * 583 = 49881 \text{ kWh för hus 1 + hus 2 (nettoenergiebehov)}$$

Graddagarna är baserade på rumstemperaturen  $17^\circ \text{ C}$ .

I bostäder uppförda före SBN 75 ger värmetilskott från sol genom fönster, belysning, personer mm. tillsammans en temperaturhöjning på några grader och beräkningsmetoden ger en bra uppskattning av energibehovet för uppvärmning.

I nyare bebyggelse svarar gratisvärmetilskotten för en större andel av energitillförseln.

Beräkningarna med BRIS ger för perioden 15/9 -15/5 ett nettoenergiebehov på 58.349 kWh/år, varav endast hälften kommer från värmesystemet (se Fig. 3.4). Rumstemperaturen vid simuleringarna har satts till lägst  $20^\circ \text{ C}$  (ofta blir temperaturen högre).

Om vi sänker rumstemperaturen från  $20$  till  $17^\circ \text{ C}$  borde energibehovet minska med ca 15 %, eller till ungefär 49.600 kWh/år. Detta värde överensstämmer väl med det på graddagar baserade.

Då emellertid gratisvärmetilskotten står för hälften av energitillförseln kan vi inte längre betrakta dem som en reserv. De blir beroende av byggnadens utformning och användning måste beräknas var för sig. Eldningssäsongens längd blir därmed osäker och graddagsbegreppet inte längre användbart.

#### Effektbehov

Den största värmeeffekten under teståret, uppträder den 6/1, årets kallaste dygn.

Medeltemperaturen är då  $-15.1^{\circ}\text{C}$  och rumstemperaturen  $+20^{\circ}\text{C}$ .

Mellanvåningens tidskonstat är ca 150 timmar, så detta förhållande är inte självklart.

Sammanträffandet förklaras av att dagen råkar infalla under en längre kall period. Denna har inte med dimensionerande utetemperatur att göra även om temperaturskillnaden inne-ute den 6/1 är 35 K, är densamma som vid dimensionering med DUT5, som gäller byggnader med tidskonstanten 80 timmar. Dimensionerande utetemperaturer för högre tidskonstanter är under utarbetande.

BRIS ger följande dygnseffekter i W : (hus 1 + hus 2)

	W	%	W/m <sup>2</sup>
Värme	13754	71.3	20.7
Belysn	2850	14.8	4.3
Pers	1329	6.9	2.0
Sol	<u>1358</u>	<u>7.0</u>	<u>2.0</u>
	19291	100.0	29.0

Den maxeffekt, 19.3 kW, som behövs enligt BRIS avviker från den enligt gällande dimensioneringsregler beräknade 20.4 kW med  $-5.4\%$ . Jämförelsen är dock meningslös eftersom dimensioneringsreglerna inte gäller för denna byggnad. Inte heller vid simuleringarna är väderleksförhållandena dimensionerande. Genom att byggnaden används behöver endast drygt 70% av effektbehovet täckas av värmesystemet.

### 3.2.6.5 Solväggen

Årskörningar har gjorts med och utan solväggar. Deras inverkan på energibehovet kan fås genom en direkt jämförelse mellan dessa körningar. Se Tab 3.1. Ventilationsluften värms vid passagen genom solväggarna och posten "vent" i utskriften ändras. Posten "värme" bör ändras med samma värde eftersom rumstemperaturen är densamma ( $20^{\circ}\text{C}$ ) i båda fallen. (Ändringar blir inte exakt lika då hela systemet påverkas något av den förändrade tillufttemperaturen).

Solväggens reduktion av ventilationsvärmebehovet framgår av Fig 3.9 och temperatur- höjningen (månadsmedelvärden) av Fig 3.10.

Totalt under året minskas energibehovet med ca 2000 kWh eller 3 kWh/m<sup>2</sup> lägenhetsyta.

Det borde kunna vara av intresse att undersöka om solväggarna kan förbättras och göras större till en rimlig kostnad.

TAB 3.1. JÄMFÖRANDE ENERGIFÖRBRUKNING (med och utan "solvägg") kWh

	RUM 1			RUM 2			t <sub>ut</sub>
	med(m)	utan(u)	u/m	med(m)	utan(u)	u/m	
1/11 - 31/12	3705	3867	1.044	4439	4648	1.047	+1.0
1/1 - 28/2	4388	4548	1.036	5199	5419	1.042	-1.2

### 3.2.6.6 Kommentarer

Enligt Fig 3.6 och 3.7 är värmeförlusterna genom ytterväggarna endast 15% av totalförlusterna. En förbättrad isolering har alltså en marginell effekt på energiförbrukningen. Fönstrens nettoförluster (transmission-sol) är av samma storleksordning som väggförlusterna. Mest energi behövs för värmning av ventilations-läckluft samt tappvarmvatten. En väl fungerande värmepump torde reducera dessa dominerande poster till ca 1/3. Det teoretiska behovet av köpt energi för uppvärmning och tappvarmvatten blir därmed endast ca 60 kWh/m<sup>2</sup> och år, se Fig 3.2. För belysning och hushållsel tillkommer 38 kWh/m<sup>2</sup>, år köpt energi.

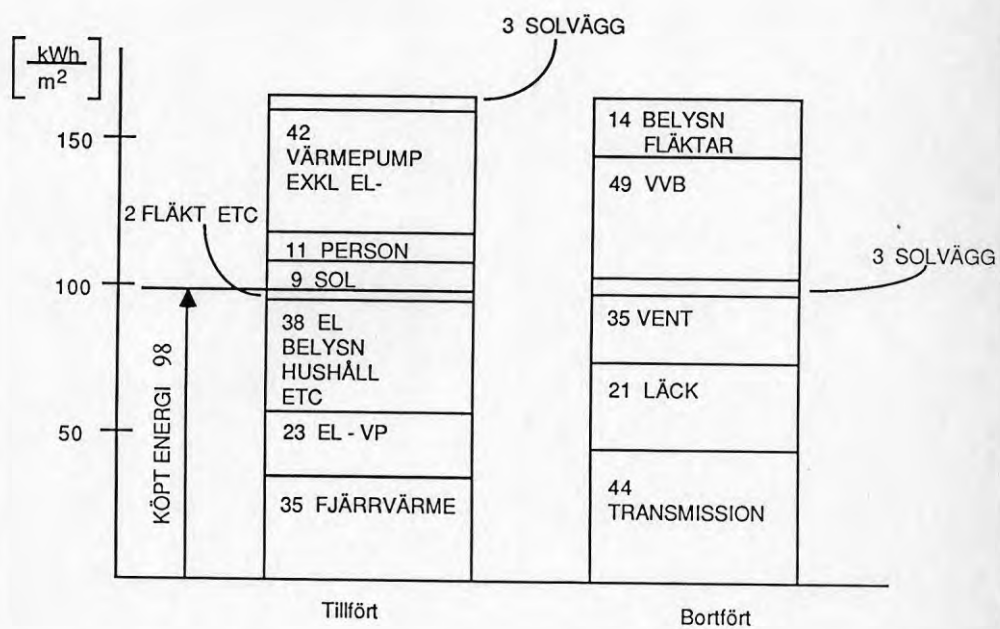


Fig 3.2.  
TOTAL ENERGI BALANS 1/1 - 31/12 Kv Konsolen

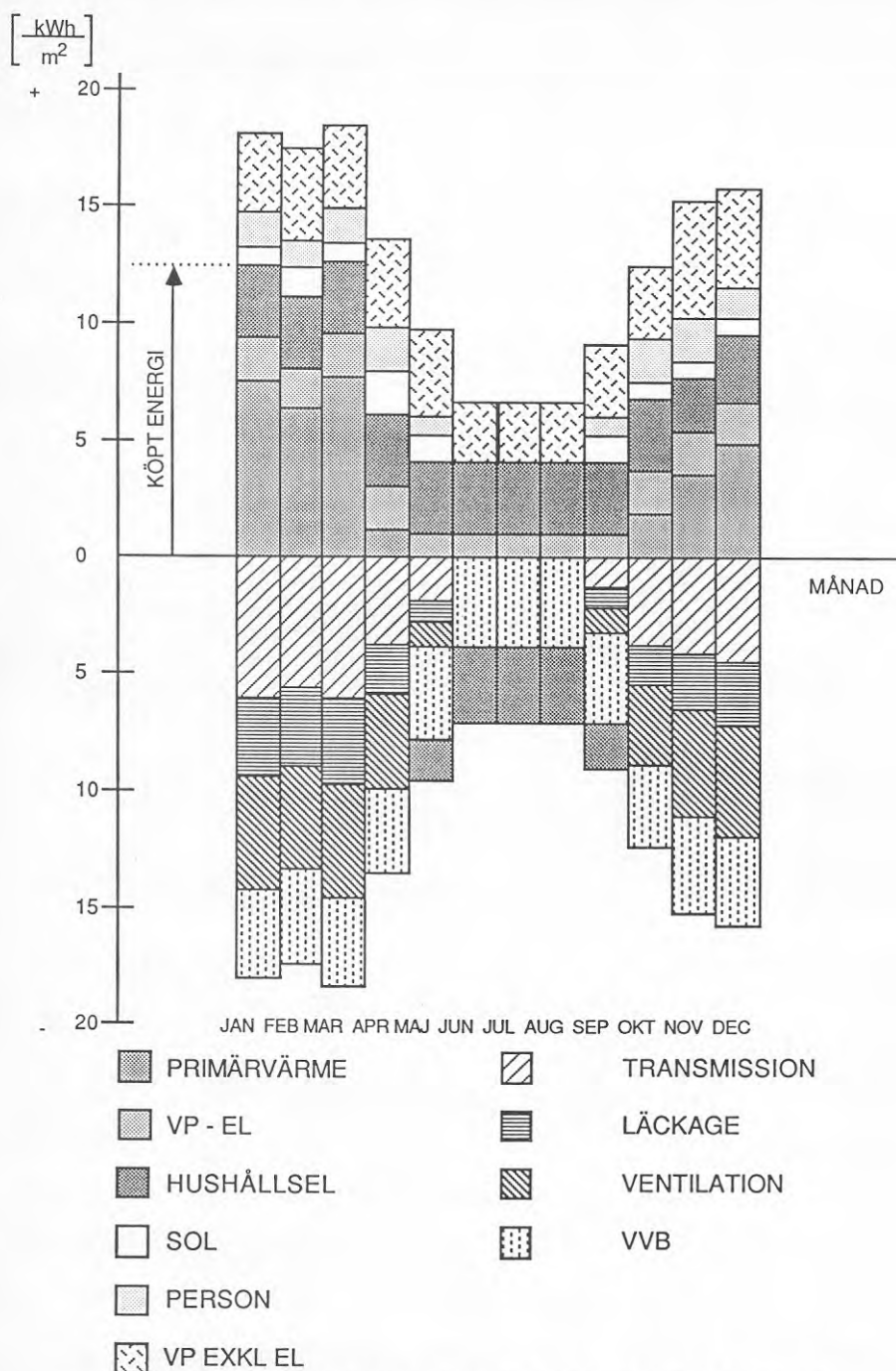


Fig 3.3 TOTAL ENERGIBALANS, MÅNADSVIS Kv. Konsolen



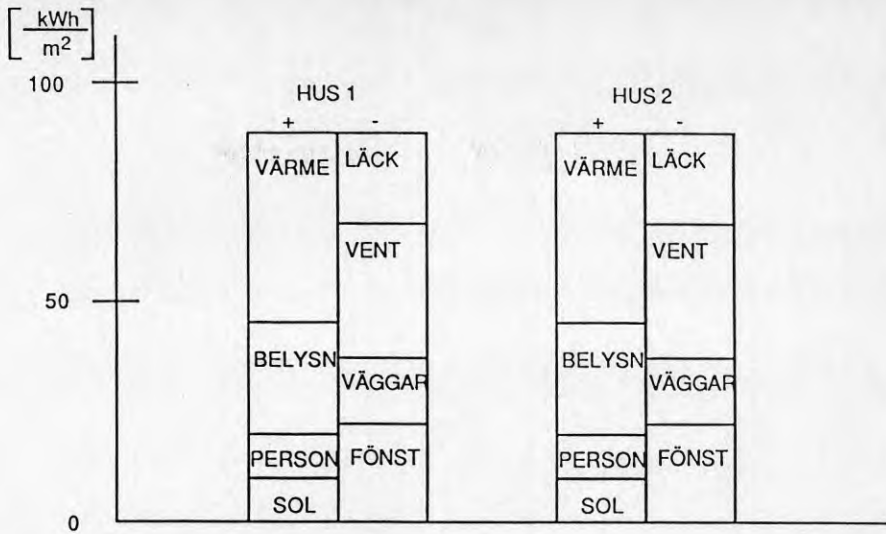


Fig 3.4 NETTOBALANS (mellanplan) Kv Konsolen  
 Tidsperiod 16/9 - 15/5  
 $t_{\text{ute}} = +2.4^{\circ}\text{C}$

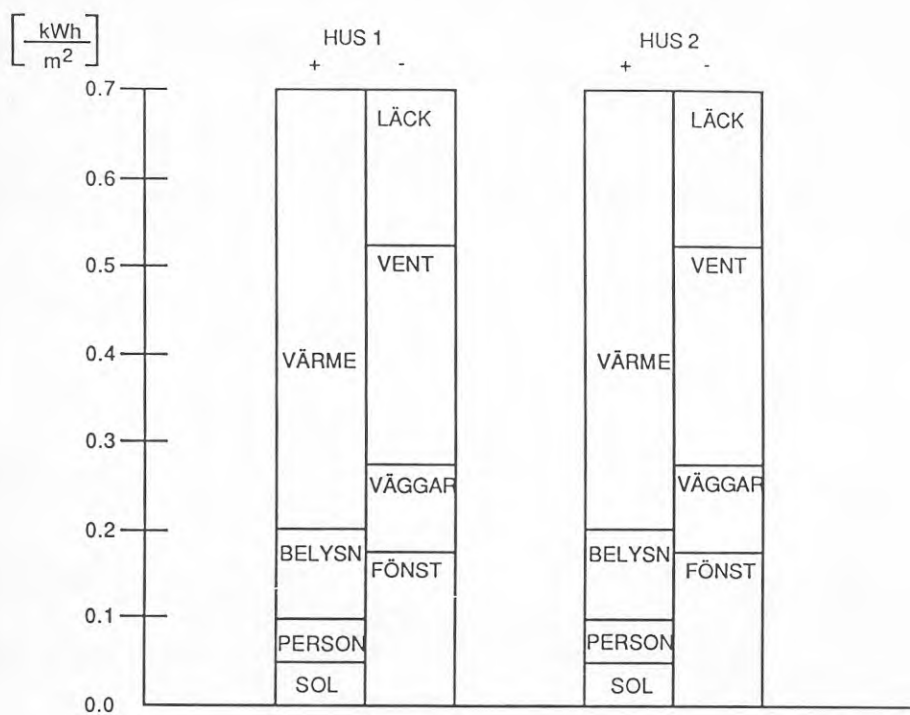


Fig 3.5 6/1  $t_{ute} = -15.1^{\circ}C$  Kv Konsolen

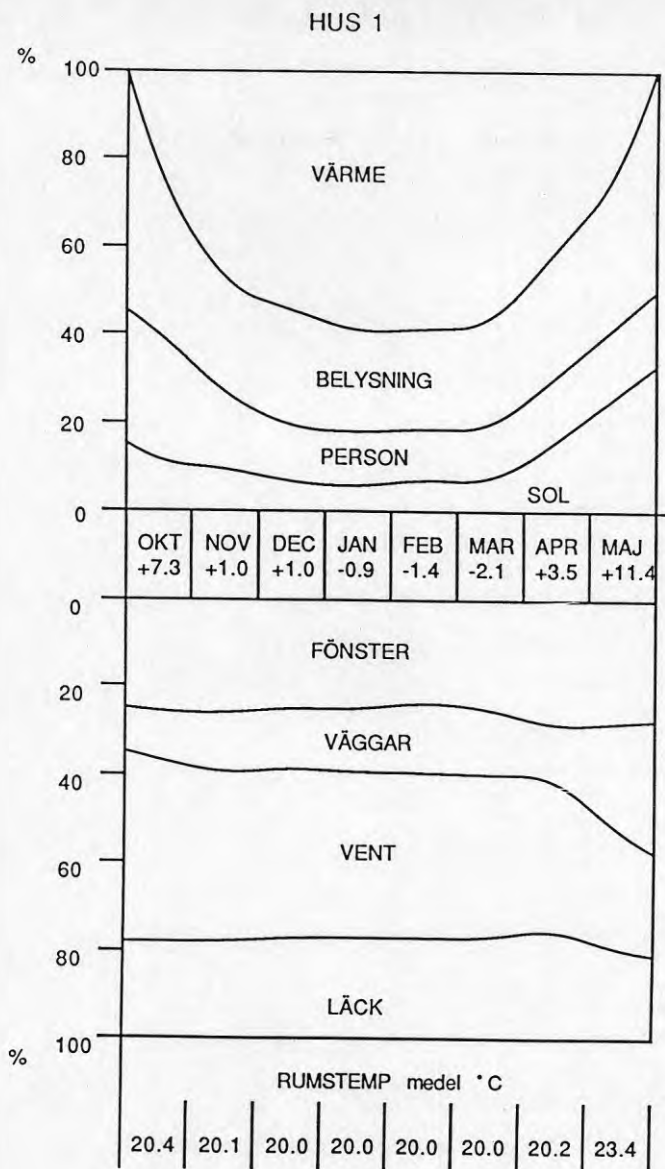


Fig 3.6 NETTO ENERGIBALANS, %-FÖRDELNING UNDER ELDNINGSSÄSONGEN. Kv Konsolen

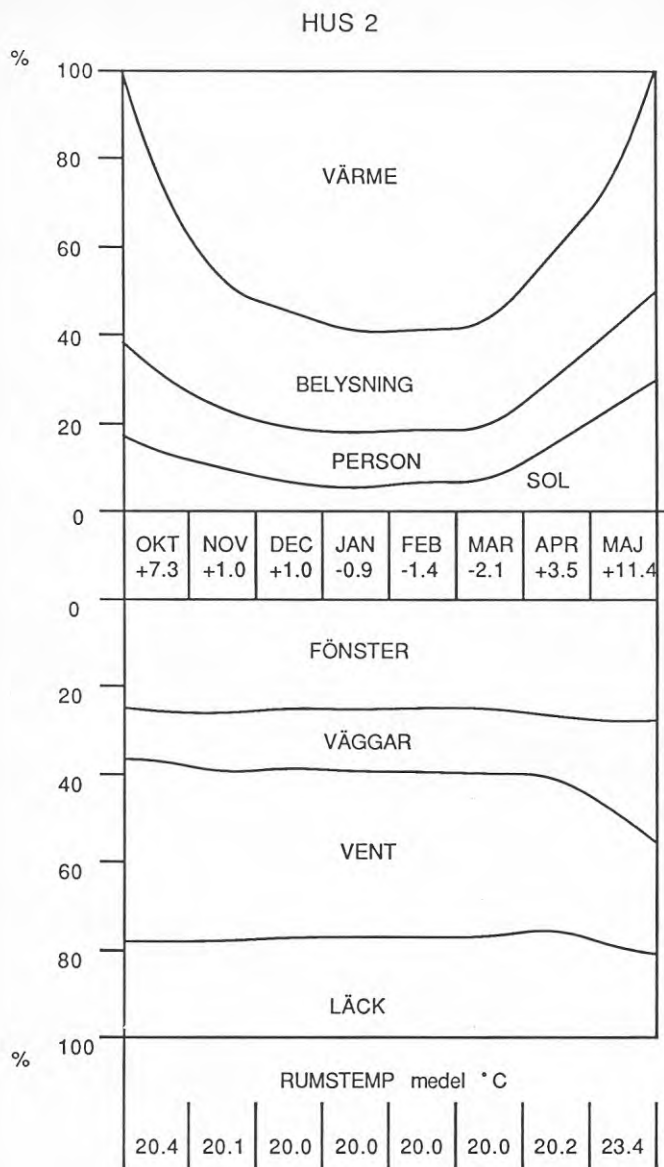


Fig 3.7 NETTO ENERGIBALANS, %-FÖRDELNING UNDER ELDNINGSSÄSONGEN. Kv Konsolen

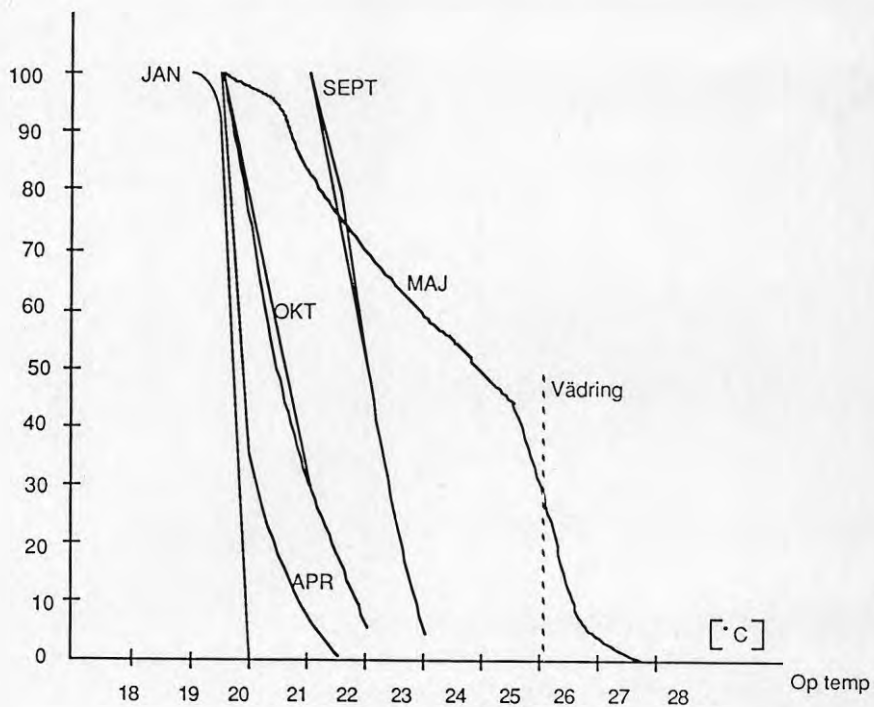


Fig. 3.8 % FÖRDELNING AV OPERTIV TEMPERATUR UNDER  
ELDNINGSSÄSONGEN 16/9 - 15/5 Kv Konsolen

# INVERKAN AV SOLVÄGG Kv Konsolen

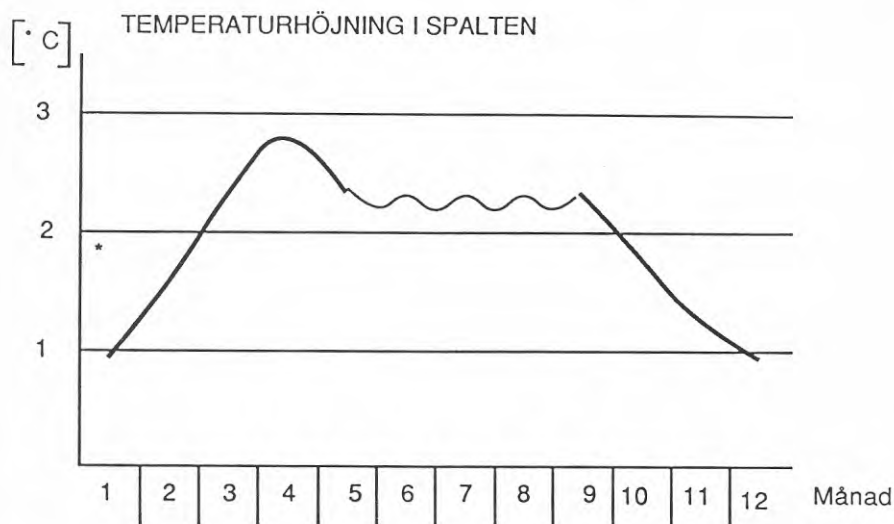


Fig 3.10 \* 6/1  $t_{ute} = -15^{\circ}C$

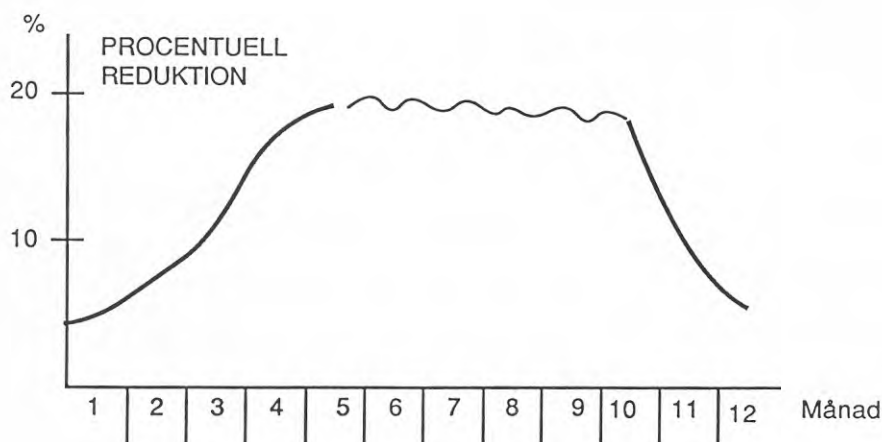
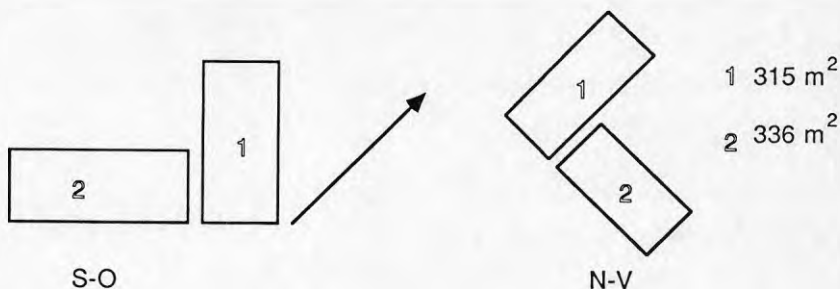


Fig 3.9 REDUKTION AV VENTILATIONSFÖRLUSTER NÄR SOLVÄGG ANVÄNDES.

### 3.2.7 Kv Sjuksköterskan

#### 3.2.7.1 Geometrier



Mellanvåningen i två huskoppar 1 och 2 belägna huvusakligen i syd-östlig riktning resp nord-västlig riktning har beskrivits.

#### 3.2.7.2 Övriga primärdata

	HUS	1	2
RUMSLUFT vinter sommar		>= +20° C, vädring vid $t_{rum} > 25° C$	
TILLUFT - temp		+ 20° C, värmväxlare $y = 0.65$	
TILLUFT - flöde		0.5 oms/h	
OFRIVILLIG VENT		0.2 oms/h	
LÄGSTA RADIATOR EFFEKT, W		750	900
INTERNA EFFEKTER			
personer + tappvarmvatten, W	07-17	250	350
	17-07	700	900
belysning + hushållsel, W	23-06	700	900
	06-07	2200	2600
	07-17	700	900
	17-23	2200	2600
VÄGGAR, YTTER		utv. 0.19 betong 0.12 isolering inv. 0.15 betong	
FÖNSTER AREA, % av ytterväggsyta		13	12
3 GLAS		$k = 1.2 W / m^2 \cdot ^\circ C$	
SOLSKYDD		persienn mellan glas, fällda 1/3 - 31/10	
TAPPVARMVATTEN		10 kWh / lägenhet dygn	

### 3.2.7.3 Beräkningresultat kv Sjuksköterskan

#### Energibalansen

Total energibalans för året för hus 1 och 2 (syd-ost) framgår av Fig 3.11. Här ingår förutom resultat från BRIS också korrigeringar för värmeförluster genom yttertak och källare, fördelade på 3,4 våningsplan, tappvarmvatten mm.

Behovet av köpt energi ligger något högre än för de övriga projekten. Detta beror på att den förväntade energibesparingen genom extra kraftig isolering till stor del äts upp av ökad vädring på grund av övertemperaturen inomhus.

Total energibalans månadsvis framgår av Fig 3.12. Under eldningssäsongen fördelar förlusterna transmission, läckage, ventilation och varmvattenberedning tämligen lika. Under sommaren föreligger ett relativt stort behov för varmvattenberedning.

Netto energibalans för vart och ett av husen 1 och 2 för hela eldningssäsongen framgår av Fig 3.13, och årets kallaste dygn av Fig 3.14. Ur rummens synpunkt är ventilationsförlusten då = 0 eftersom tilluftstemperaturen = rumsluftens temperatur ( $20^{\circ}\text{C}$ )<sup>1</sup>. I bruttobalansen ingår givetvis energi för värmning av ventilationsluften till denna temperatur. Läckaget blir däremot en dominerande förlustpost. Värmen täcker här ca 40% av energiförlusterna (den 6/1).

Netto energibalansen i % månad för månad visas i Fig 3.15 och 3.16 för hus 1 resp hus 2.

Den kraftiga ökningen av ventilationsförlusterna under vår och höst beror på ökad vädring på grund av övertemperaturen inomhus, se nästa avsnitt.

#### Inomhusklimat

Operativtemperaturens procentuella fördelning för varje månad under eldningssäsongen framgår av Fig 3.17 (hus 1) och Fig 3.18 (hus 2). Under dec-mars håller sig temperaturen inom acceptabla gränser (i mars tack vare solskydden). Under resten av eldningssäsongen blir temperaturen onödigt (nov, april) eller oroväckande hög (sept, okt, maj). Den främsta orsaken är att tilluftstemperaturen enligt förutsättningarna valts till  $20^{\circ}\text{C}$  under hela perioden. Även rörförlusterna bidrar. Under september och oktober kan operativtemperaturen genom vädring hållas lägre än  $25^{\circ}\text{C}$ , medan detta blir omöjligt under maj månad.

#### 3.2.7.4 Skillnader i hus 1 och 2 pga orientering i olika väderstreck

På grund av att fönstren i denna byggnad är relativt små och att solskydd, utom de mörkaste vintermånaderna, ger olika orientering helt obetydlig skillnad i energibehovet för uppvärmning (< 1%).

#### 3.2.7.5 Maximalt effektbehov för uppvärmning.

Det största värmebehovet föreligger i planet ovanför källaren.

För husen i N-V har en specialstudie visat att den största värmeeffekten inträffar kl 8 den 1/6, se Tab 3.2.

---

<sup>1</sup>) I bruttobalansen ingår givetvis energi för värmning av ventilationsluften till denna temperatur.



TAB 3.2 Maxeffekter, W/m<sup>2</sup>.

	Hus 1	Hus 2
Radiatoreffekt	9	8
Luftbehandling	6	6
Summa	15	14

### 3.2.7.6 Kommentarer

Byggnaderna i kv Sjuksköterskan har extremt låga k-värden hos ytterväggar, tak och fönster, värmning av tilluften till 20° C tillsammans med ett konventionellt radiatorsystem med rör- ledningar som avger värme.

Värmeavgivningen från radiatorerna torde därför under en stor del av eldningssäsongen vara av relativt marginell betydelse.

Härigenom uppstår svårigheter med reglering av rumstemperaturen. Även om radiatorerna helt stängs av kvarstår viss värmeavgivning från rörsystemet.

Enligt beräkningsförutsättningarna kvarhålls tilluftstemperaturen på 20° C.

Av avsnitt 3.4 framgår också tydligt att övertemperaturer då ofta uppträder.

Detta torde kunna kompenseras genom en sänkning av tilluftstemperaturen.

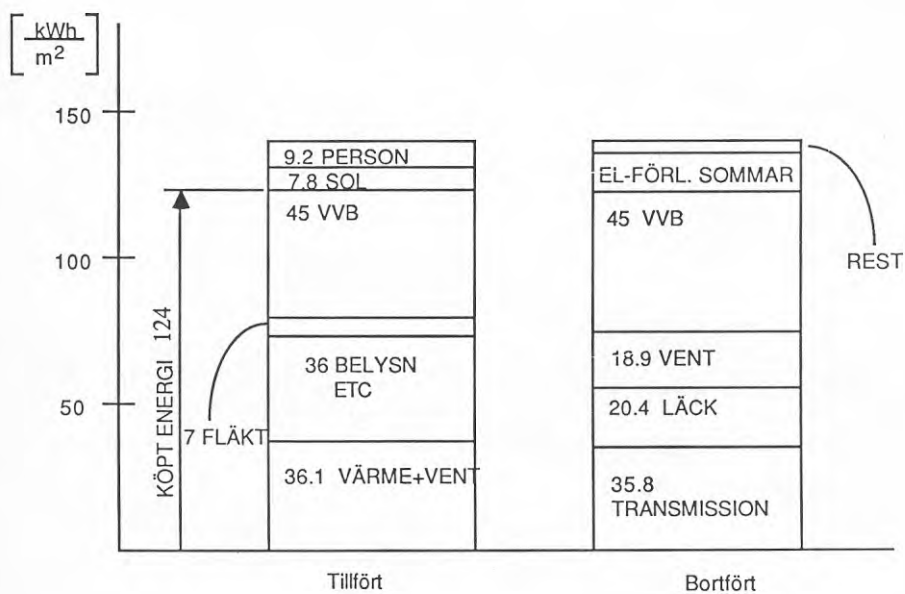


Fig 3.11  
TOTAL ENERGIBALANS 1/1 - 31/12 Kv Sjuksköterskan

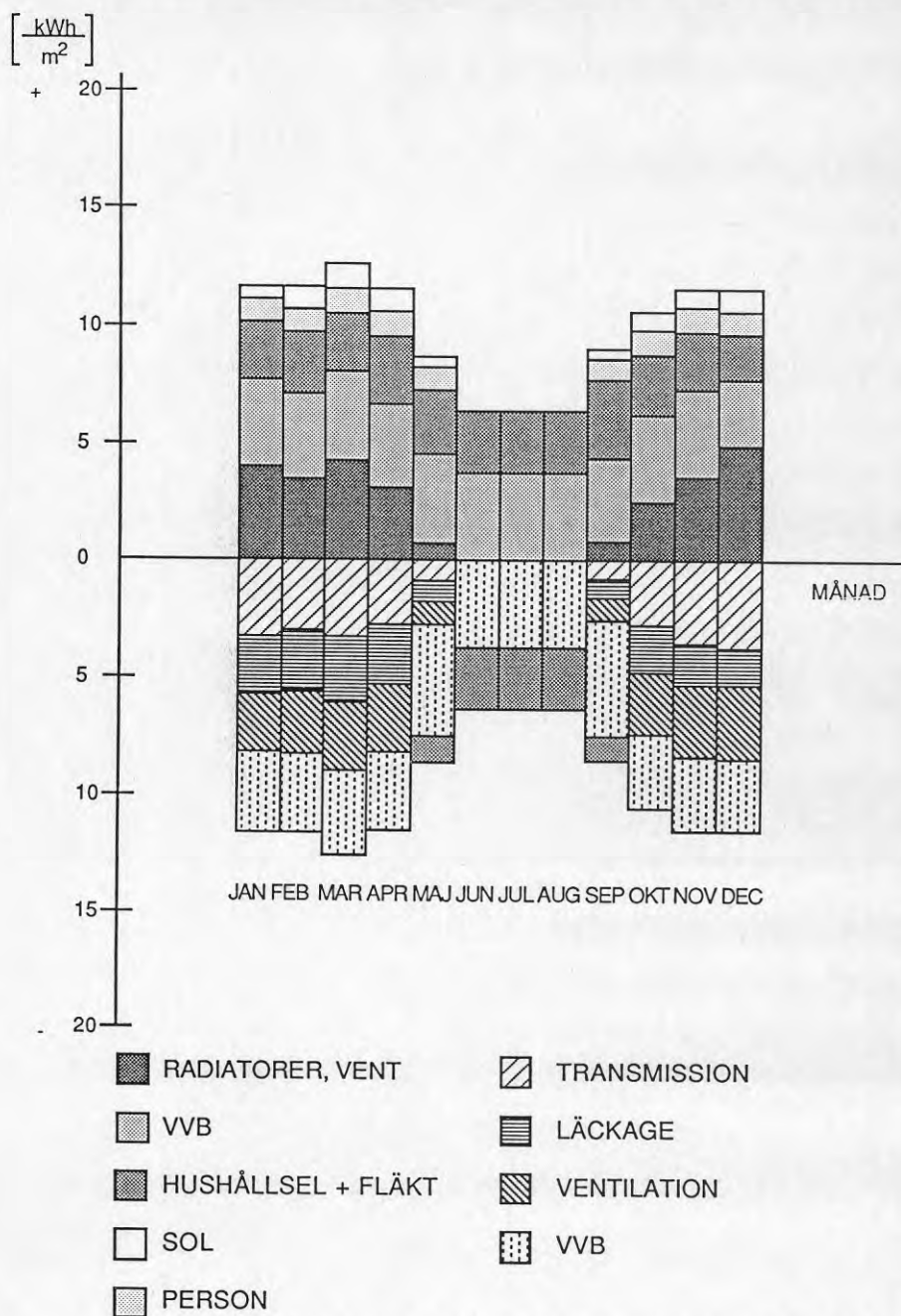


Fig 3.12 TOTAL ENERGIBALANS, MÅNADSVIS kv. Sjuksköterskan

NETTO ENERGIBALANS (mellanvåning S-O)  
 förutsättning: Tilluftstemp = +20° C  
 energi för uppvärmning av tilluft ingår ej.

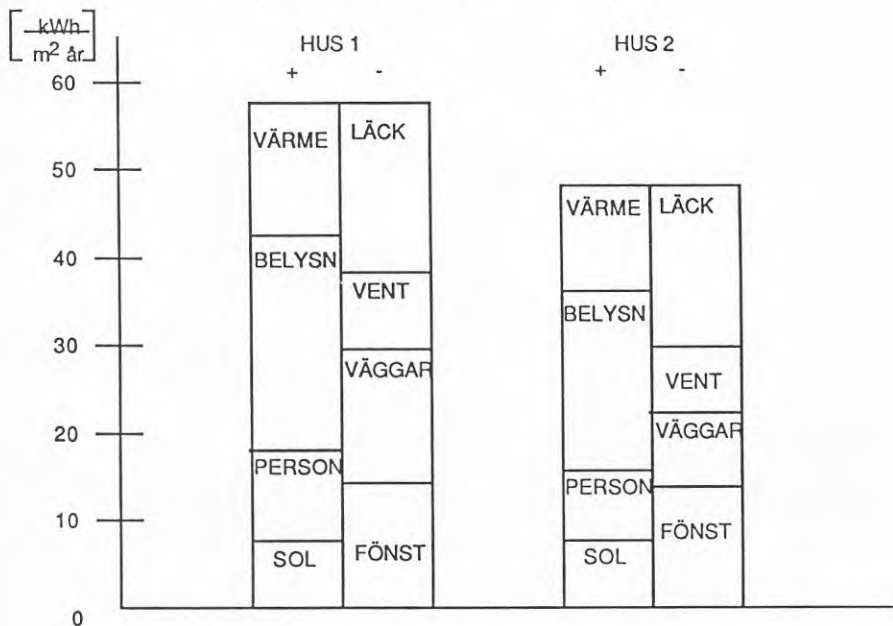


Fig 3.13 NETTOBALANS (mellanplan) kv. Sjuksköterskan  
 Tidsperiod 16/9 - 15/5  
 $t_{\text{üte}} = +2.4^{\circ} \text{C}$

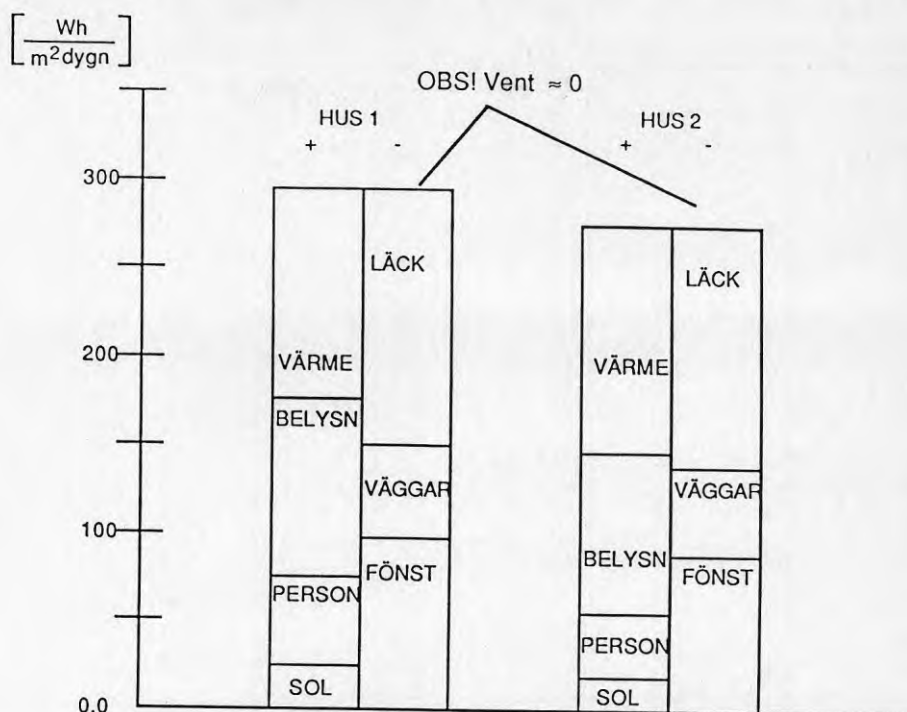


Fig 3.14 6/1  $t_{\text{ute}} = -15.1^{\circ}\text{C}$ . kv. Sjuksköterskan

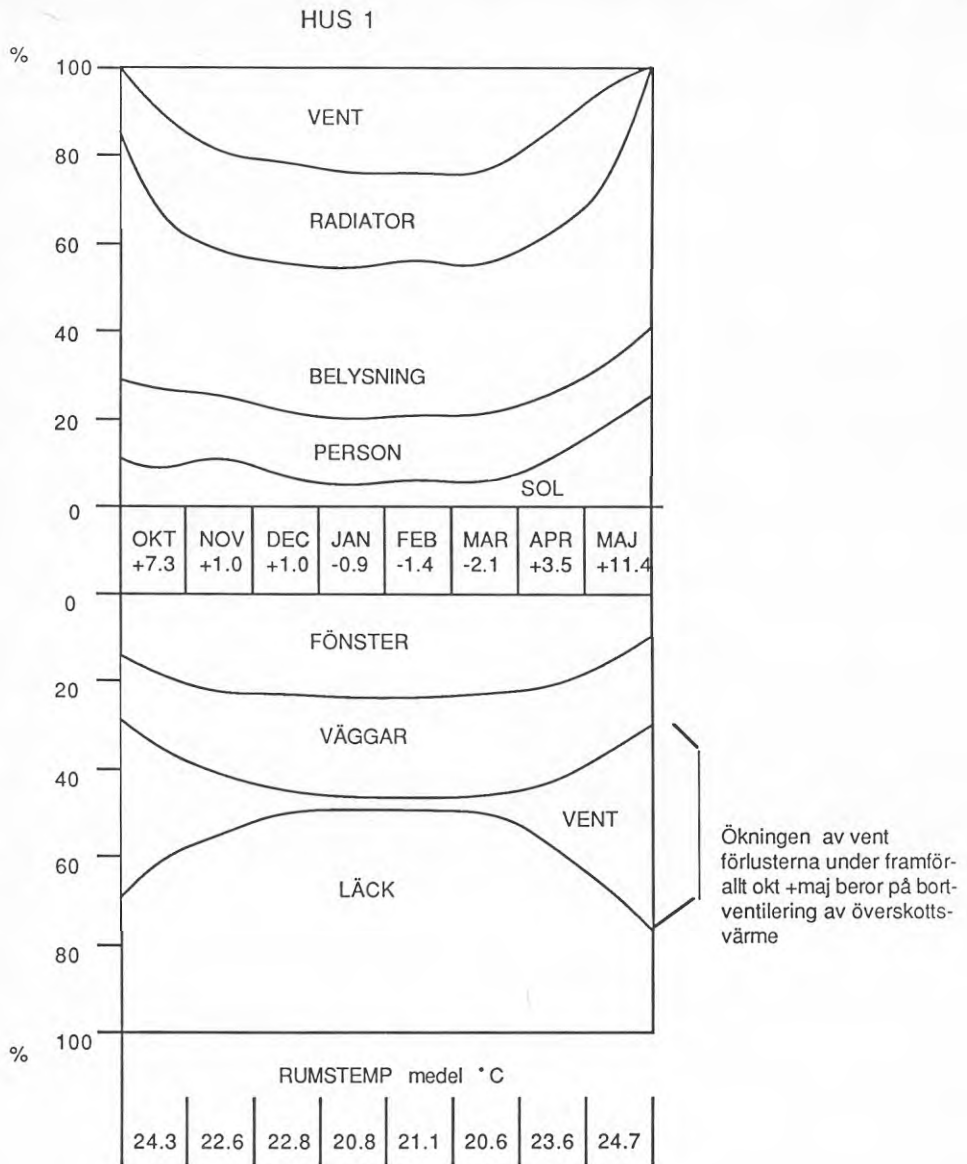


Fig 3.15 NETTO ENERGIBALANS, %-FÖRDELNING.  
kv. Sjuksköterskan

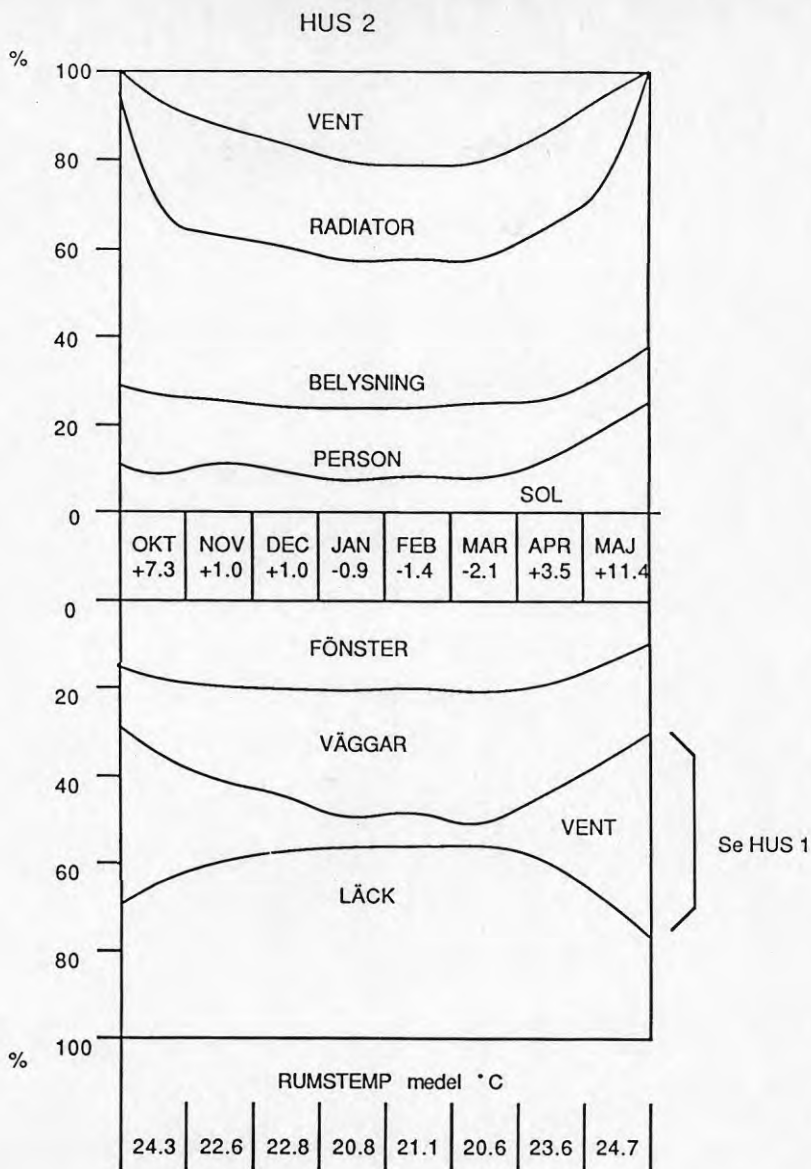


Fig 3.16 NETTO ENERGIBALANS, %-FÖRDELNING.  
kv. Sjuksköterskan

## HUS 1

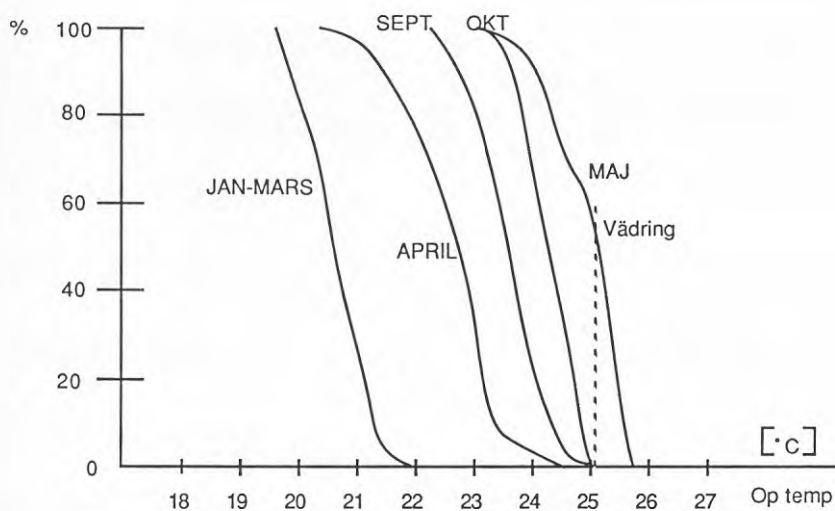


Fig 3.17 % FÖRDELNING AV OPERTIV TEMPERATUR UNDER ELDNINGSSÄSONGEN 16/9 - 15/5 kv. Sjuksköterskan



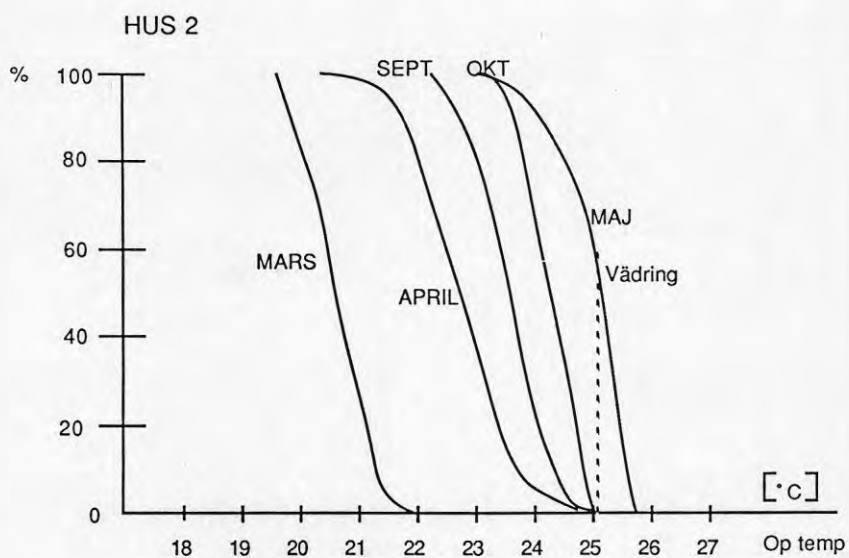
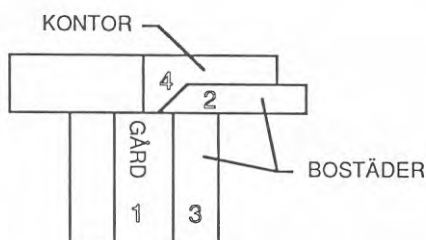


Fig 3.18 % FÖRDELNING AV OPERTIV TEMPERATUR UNDER ELDNINGSSÄSONGEN 16/9 - 15/5 kv. Sjuksköterskan

## 3.2.8 Kv Bodbetjänten

## 3.2.8.1 Geometrier

	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
1	632	8855
2	250	675
3	324	875
4	375	1012



En mellanvåning i vardera huskropparna 2 till 4 har beräknats,likaså gården 1.

## 3.2.8.2 Övriga primärdata

	1	2	3	4
RUMSLUFT vinter sommar	>= +20° C, vädring vid $t_{rum} > 25° C$			
TILLUFT				
flöde [kg/h]	24000*	385	598	4000
[kl]	(07-18)	(00-24)	(00-24)	(7-18)
temp [° C]		utetemp	utetemp	+20°
OFRIVILLIG VENT [oms/h]	0.1	0.1	0.1	--
LÄGSTA RADIATOR EFFEKT	--	250	360	400
INTERNA EFFEKTER [W]				
personer + tappvarmvatten	--	160 (07-17)	300	2000 (08-17)
	--	500 (17-07)	850	
belysning + hushållsel	2000	500 (23-06)	850	7500 (08-17)
	(00-24)	1650 (06-07)	2600	
		500 (07-17)	850	
		1650 (17-23)	2600	
CIRKULATIONS LUFT		800 (08-17)	1200	
kontor-bostäder via termodeck [kg/h]				
KYLEFFEKT gård [kW]	25	--	--	--
(stopp vid gårdstemp +6° C)				
VÄGGAR, ytter	0.125 m tegel, 0.17 m isolering, 0.10 m betong			
, inre mot gård	0.125 m tegel, 0.10 m isolering, 0.03 m gips			

\*Frånluft kontor

FÖNSTER (m <sup>2</sup> )	358	28	35	36
glasantal	2	3	3	3
k-värde [W/m <sup>2</sup> °C]	3	2	2	2
SOLSKYDD	--	persienn mellan glas, fällda 1/3 - 31/10		
TAK, GÅRD	0.2 m isolering			

### 3.2.8.3 Beräkningsresultat, kv. Bodbetjänten

#### Energibalansen

Total energibalans för alla huskropparna framgår av Fig 3.19. Förutom resultatet från databeräkningen ingår även korrigeringar för värmeförluster genom golvbjälklag + yttertak, tappvarmvatten samt för värmepump. Total yta för kontor + bostäder vid beräkningarna 5700 m<sup>2</sup>. Summa köpt energi är här kalkylerad till 80.5 kWh/m<sup>2</sup> år. Energin från el-pannan är uppdelad på ca 45% för uppvärmning av bostäder och ca 55% tappvarmvatten bostäder. Läckage + transmission ligger något under flertalet av de andra byggnaderna, beroende på de reducerande ytterväggarna samt systemuppbyggnaden vilket ger en varm gård under kontorstid.

Total energibalans månadsvis framgår av Fig 3.20. Värmepump + belysning täcker under eldnings säsongen ca 60% av värmebehovet.

Netto energibalans för glasgården i % månad för månad under eldnings säsongen framgår av Fig 3.21. Av figuren framgår tydligt betydelsen av tillförsel av frånluft från kontoret under dec-jan. Under resterande månader får soltillskotten en allt större betydelse för värmebalansen. Lägg märke till att värmepumpen står för ca 60% av "förlusterna" även under de kallaste månaderna.

Netto energibalans för rum 3 (bostäder) framgår av Fig 3.22. Solinläckningen har här liten betydelse på grund av framförallt solskydd och glasgård.

#### 3.2.8.4 Max energibehov (dygnsvis) samt erforderlig abonnerad el-effekt.

Under det kallaste dygnet (6/1) med en medeltemp av -15.2° C åtgår ca 2600 kWh. Tillskott från värmepump ca 1200 kWh, varav från gård ca 400 kWh. Återstår 1400 kWh vilket motsvarar  $1400/24 = 60$  kW medeleffekt. Installerad effekt i el-pannan är 105 kW motsvarande  $105000/5700 = 18.4$  W/m<sup>2</sup>.

#### 3.2.8.5 Inomhusklimat

Operativtemperaturens procentuella fördelning för varje månad under eldnings säsongen framgår av Fig 3.23-3.26.

Fig 3.23 visar temp- fördelningen i glasgård. Under alla månader ligger temperaturen över + 12°C under 25% av tiden, motsvarande 40 tim. kontorstid. Vädring av gården börjar bli aktuell under maj månad.

Fig 3.24 visar temp fördelningen i glasgården den 6/1 vid en medeltemp =  $-15.1^{\circ}\text{C}$ . Av figuren framgår att luftens temperatur under kontorstid ligger på ca  $+13 - 14^{\circ}\text{C}$ . Under natten sjunker temperaturen till ca  $+5 - 6^{\circ}\text{C}$ . Max kyleffekt 25 kW.

Fig 3.25 visar temp fördelningen i bostäderna, rum 3. Under perioden okt - apr ligger temperaturen väl samlad kring  $20^{\circ}\text{C}$ , för att under maj börja stiga så att fönster vädring blir nödvändig.

Fig 3.26 visar temp fördelningen i kontoret. Även här tenderar rumstemperaturerna att stiga i maj. Vid beräkningarna har ej nattkylning använts, vilket i praktiken reducerar temperaturen avsevärt.

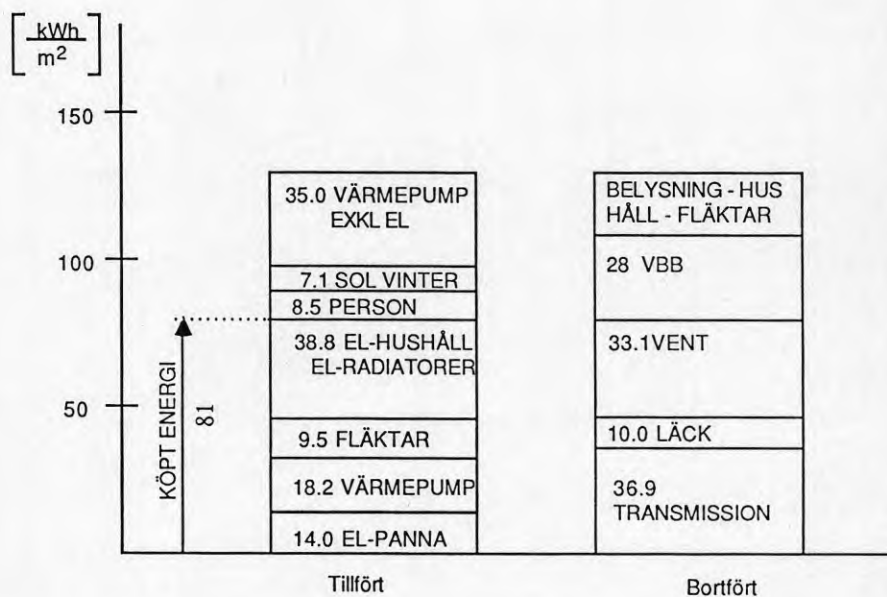


Fig 3.19  
 TOTAL ENERGIBALANS 1/1 - 31/12 kv. Bodbetjänten  
 (390 kWh/lägenhet tillföres bostäder från kontor och undercentral)

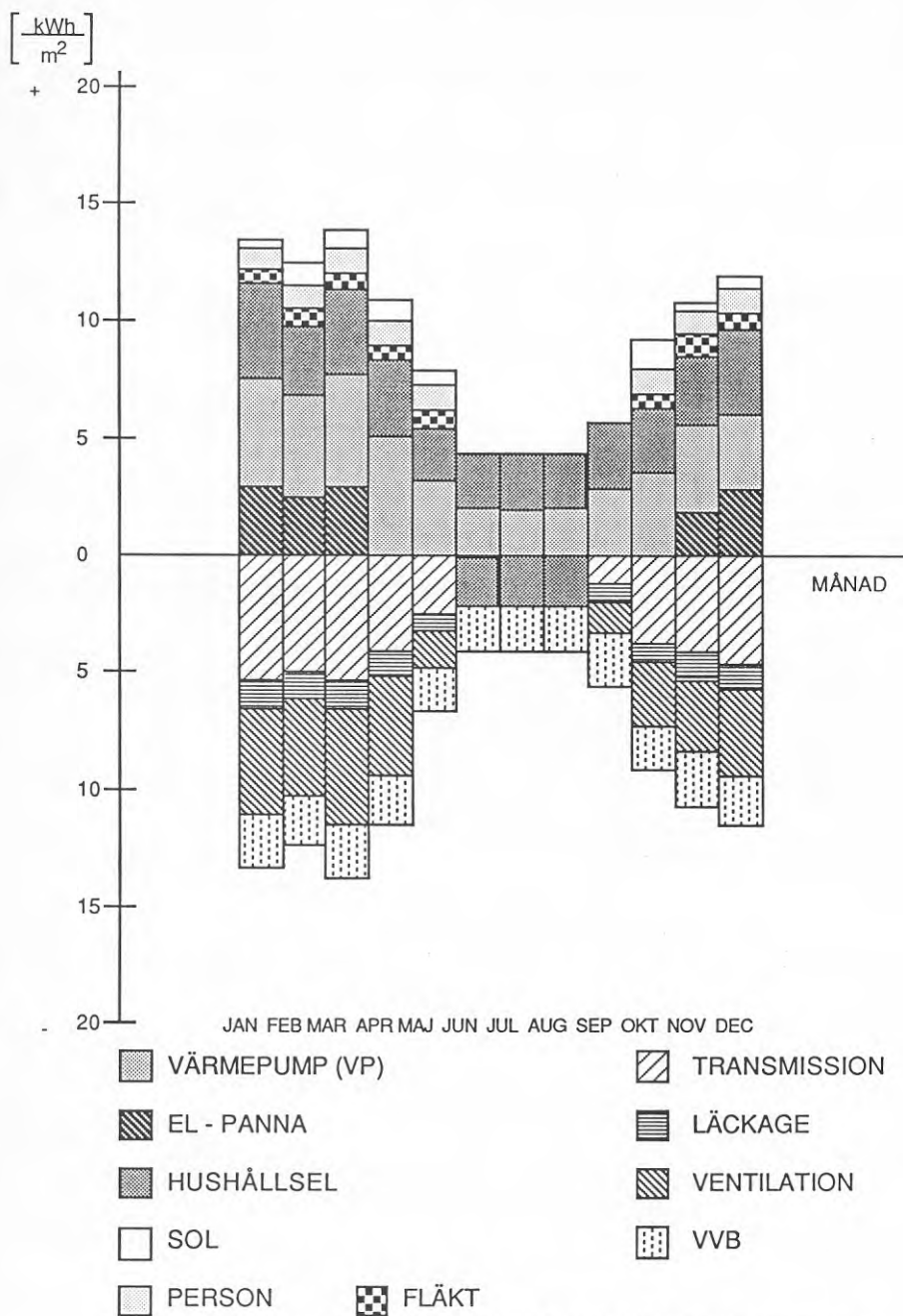


Fig 3.20 TOTAL ENERGIBALANS, MÅNADSVIS kv. Bodbetjänten

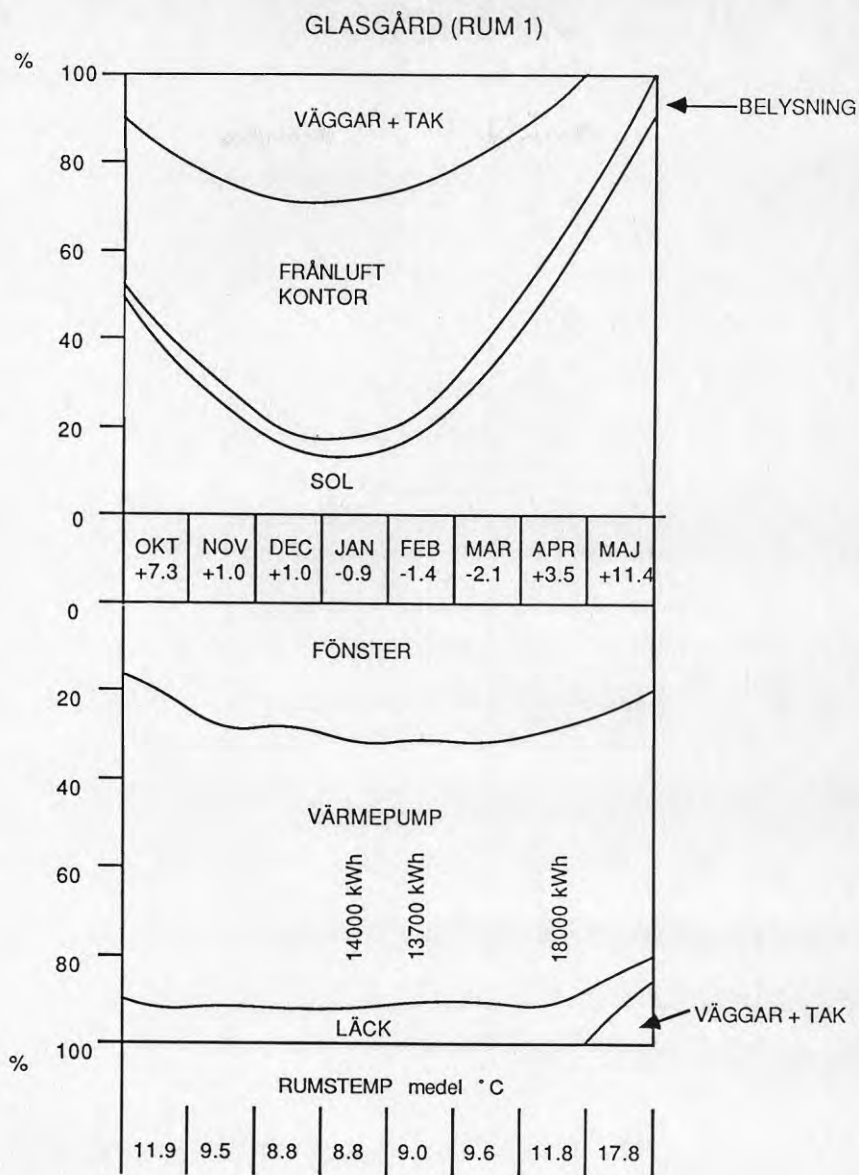


Fig 3.21 NETTO ENERGIBALANS, %-FÖRDELNING.  
kv. Bodbetjänten

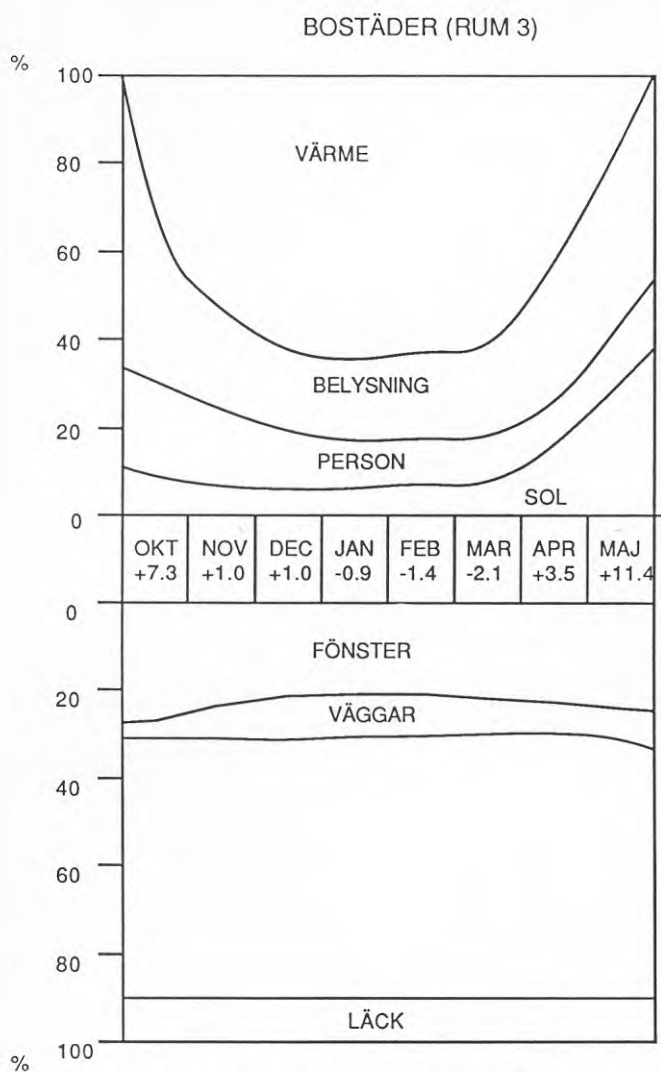


Fig 3.22 NETTO ENERGIBALANS, %-FÖRDELNING  
kv. Bodbetjänten.



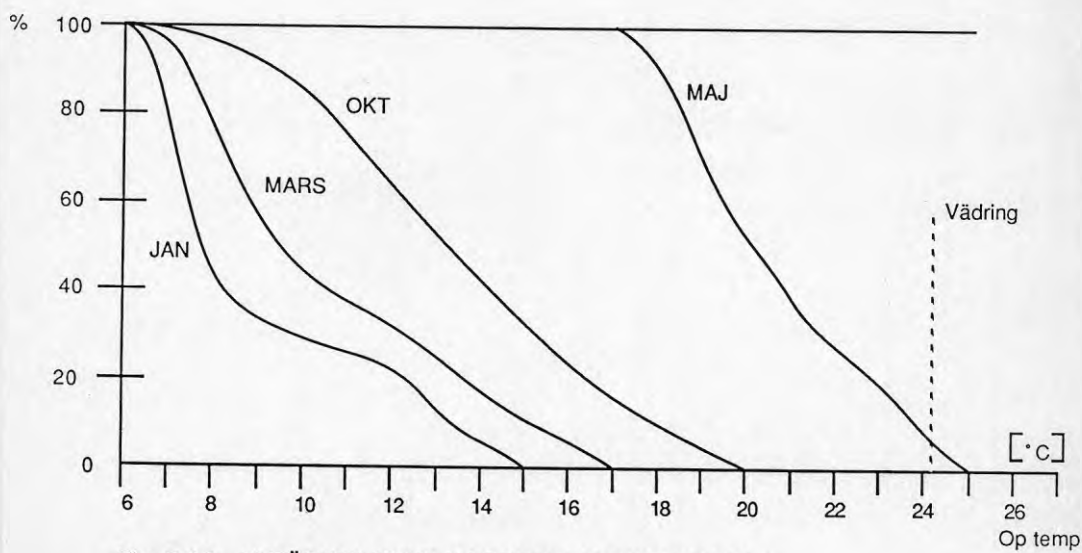


Fig 3.23 % FÖRDELNING AV OPERTIV TEMPERATUR,  
Glasgård kv. Bodbetjänten

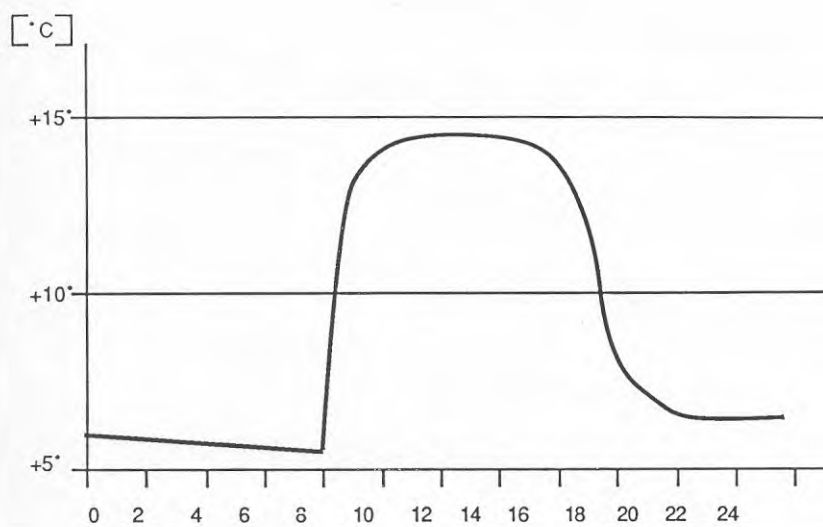


Fig 3.24 LUFTTEMP GÅRD DEN 6/1 1971.  $t_{\text{medel}} = -15.2^{\circ}\text{C}$   
 - Tilluft gård = 24000 kg/h ( $\approx 22.5^{\circ}\text{C}$ )  
   (frånluft kontor)                   (08-18)  
 - Kyleffekt max 25 kW (08-18)  
 kv. Bodbetjänten

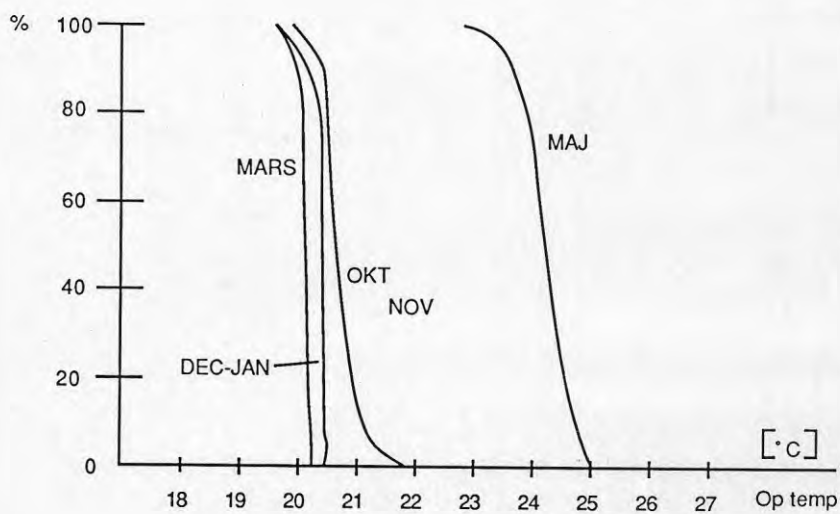


Fig 3.25 % FÖRDELNING AV OPERTIV TEMPERATUR -BOSTAD NR 3.  
kv. Bodbetjänten

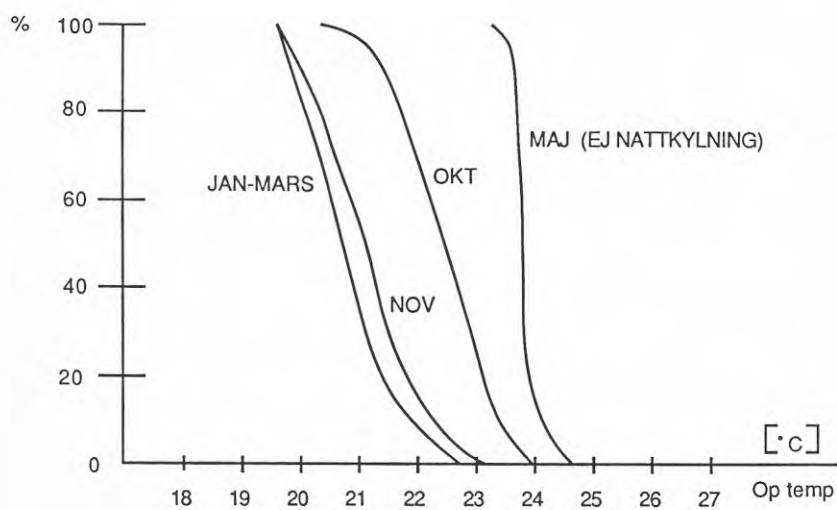


Fig 3.26 % FÖRDELNING AV OPERTIV TEMPERATUR -KONTOR kv. Bodbetjänten

## 3.2.9. Kv Kejsaren

## 3.2.9.1 Geometrier

En mellanvåning enligt figuren har beräknats.



## 3.2.9.2 Övriga primärdata

RUMSLUFT vinter sommar	≥ +20° C	
TILLUFT via bjälklag	flöde = 0.60 oms/h, temp = 18 - 25 ° C	
OFRIVILLIG VENT	n = 0.2 oms/h	
LÄGSTA RADIATOR EFFEKT	--	
INTERNA EFFEKTER		
personer + tappvarmvatten	(07-17)	80 W
	(17-07)	240 W
belysning + hushållsel	23-06	200 W
	06-07	600 W
	07-17	200 W
	17-23	600 W
VÄGGAR, YTTER	0.454 m betong K = 0.31	
FÖNSTER, area 3 glas	5.6 m <sup>2</sup> N, 3.5 m <sup>2</sup> S; 34% av ytterväggsyta K = 2.0 W / m <sup>2</sup> e	
SOLSKYDD	Persienn mellan glas, fällda 1/3 - 31/10	

## 3.2.9.3 Beräkningsresultat

## Energibalansen

Total energibalans för året i kWh/ m<sup>2</sup> visas i Fig 3.27. Värden från BRIS har, liksom vid redovisningen av de övriga projekten, korrigerats med hänsyn till yttertak och källargolv. Den totala energiomsättningen är närmare 160 kWh/ m<sup>2</sup> år men reduceras med hjälp av värmeväxlaren och solfångarsystemet med ca 30 kWh vardera. Personvärme och solvärme genom fönstren ger tillsammans en ytterligare reduktion med ca 16 kWh/år. Det återstående behovet av köpt energi hamnar då på drygt 83 kWh/ m<sup>2</sup> år.

Bland förlusterna redovisas 45.1 kWh för luftbehandling. Denna täcks dock till stor del av värmeväxlaren och solvärmesystemet (38.6 kWh eller ca 86%). Man kan notera att poster som belysning + hushållsel och varmvattenberedning skiljer sig något jämfört med värdena för t ex Konsolen. Skillnaderna förklaras av att lägenhetsytorna är olika.

Total energibalans månadsvis framgår av Fig 3.28. Sommartid täcks energibehovet för varmvattenberedning helt av solvärmesystemet.

Solvärme via hålbjälklaget börjar ge märkbara bidrag under april månad.

Under perioden maj - sept redovisas endast köpt elenergi samt energi för värmning av tappvarmvatten som helt täcks av solenergi.

Fig 3.29 ges netto energibalansen för den mellanväning som genomräknats med BRIS. I genomsnitt under eldningssäsongen svarar eftervärmningen av tilluften för 20.9 av totalt 54.4 kWh/m<sup>2</sup>(ca 38%).

Under årets kallaste dygn, se Fig 3.30, täcks 405 av totalt 528 Wh av eftervärmning, vilket motsvarar 70%. Posten "vent" är helt obetydlig, vilket givetvis beror på att tilluftstemperaturen efter förvärmning och passage genom hålbjälklaget ligger nära rumsluftens temperatur (medeleffekt  $528/24=22$  W/ m<sup>2</sup>).

I Fig 3.31 ges månadsvis netto värmebalansens procentuella fördelning. Solvärmd luft genom hålbjälklaget börjar ge märkbara tillskott i slutet av april.

#### 3.2.9.4 Inomhusklimat

Operativtemperaturens procentuella fördelning under eldningssäsongens olika månader framgår av Fig 3.32. Under okt - april ligger temperaturen i närheten av 20° C, i september någon grad högre. Under maj får fördelningen en annan karaktär och går tillfälligtvis över 24°C. Besvärande övertemperaturer uppstår dock inte under eldningssäsongen. Till detta bidrar utjämningen i hålbjälklaget och att eftervärmningen verkligen stängs av när den inte behövs (rör som avger värme finns inte i denna byggnad).

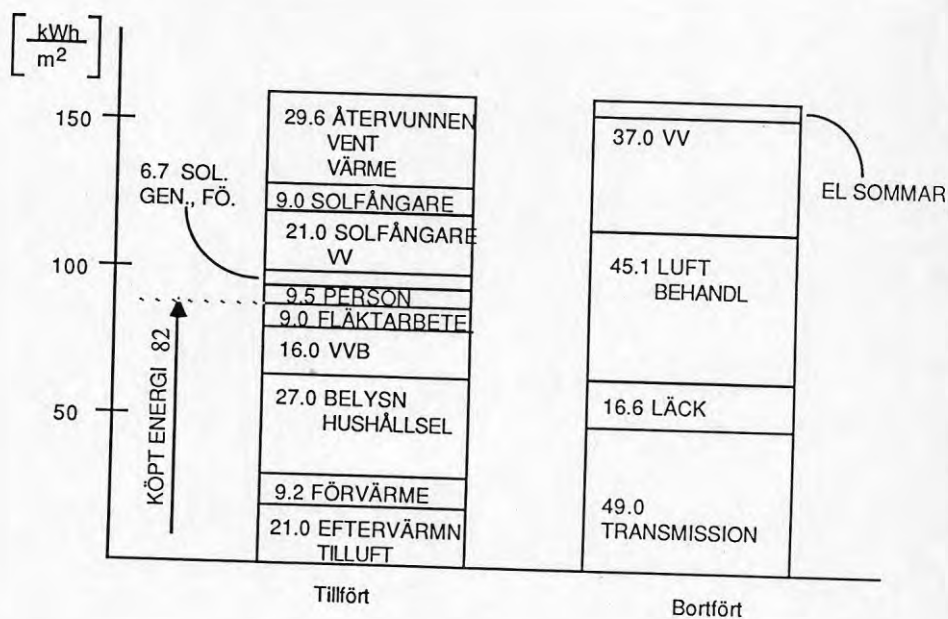


Fig 3.27  
TOTAL ENERGIBALANS 1/1 - 31/12 kv. Kejsaren

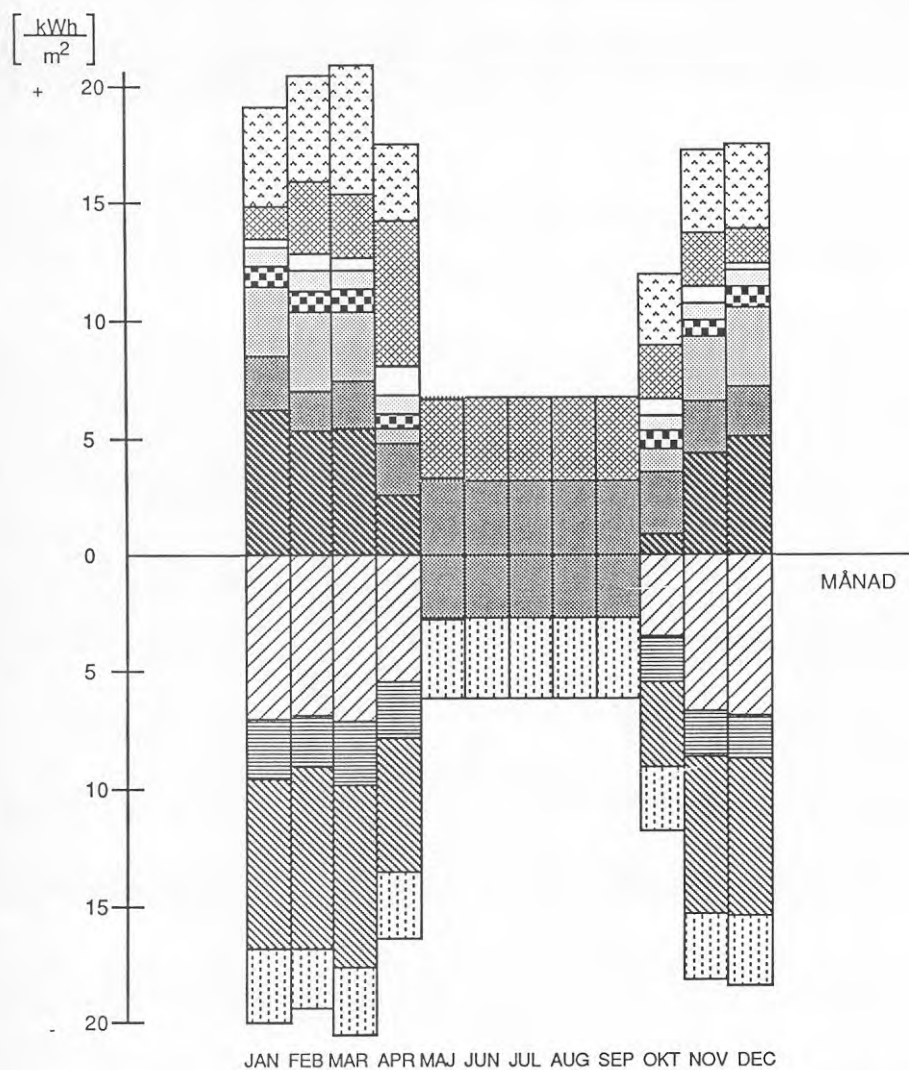


Fig 3.28 TOTAL ENERGIBALANS, MÅNADSVIS kv. Kejsaren



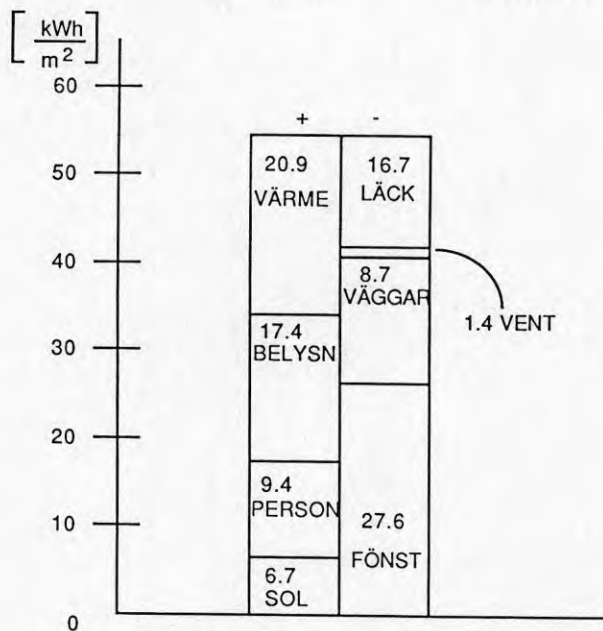


Fig 3.29 NETTOBALANS (mellanplan) kv. Kejsaren  
Tidsperiod 16/9 - 15/5

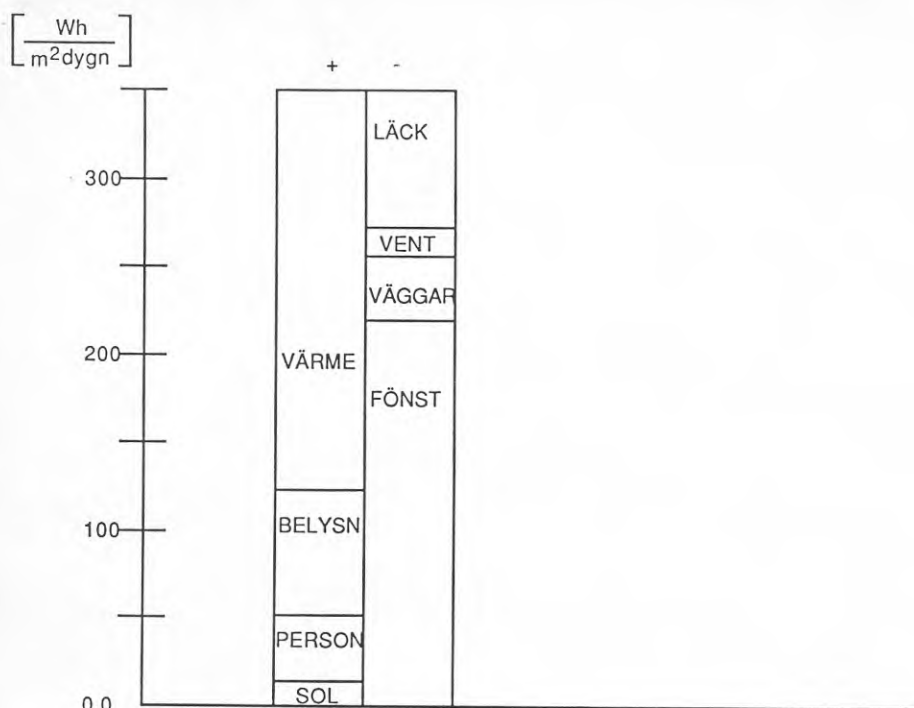


Fig 3.30 den 6/1  $t_{\text{ute}} = -15.1^{\circ}\text{C}$  kv. Kejsaren

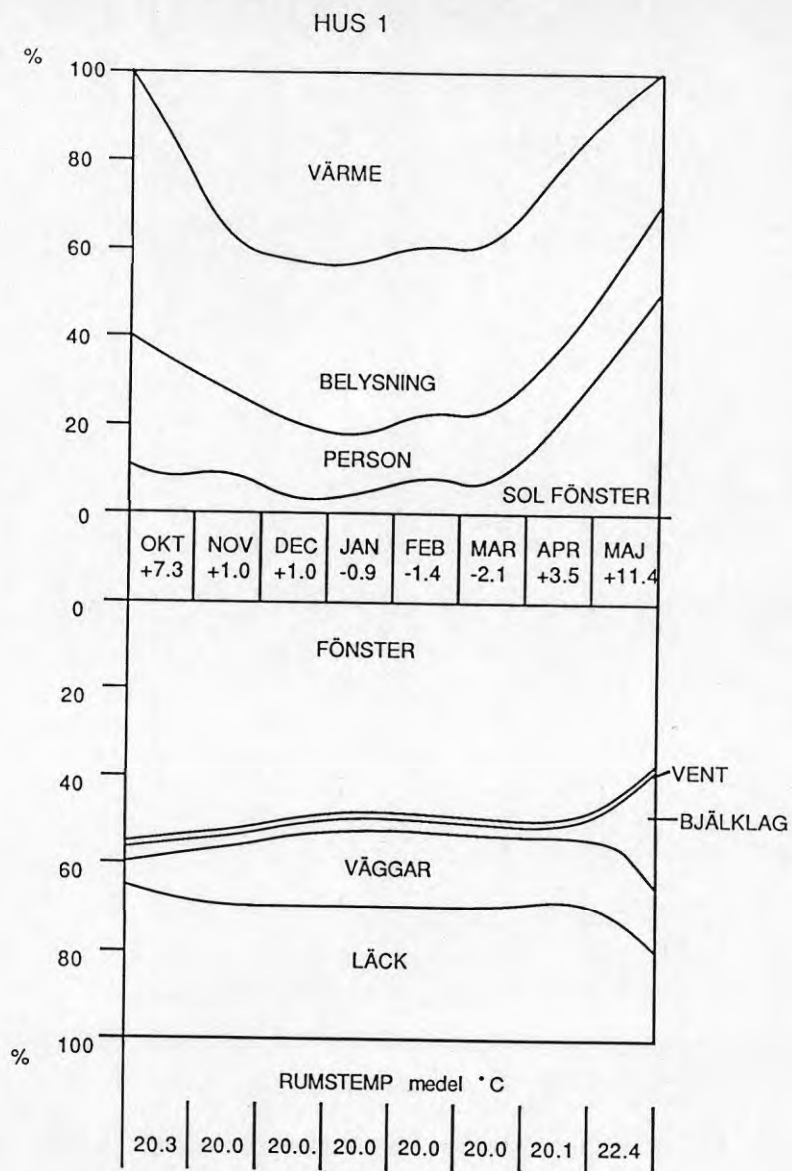


Fig 3.31 RUMMETS VÄRMEBALANS, %-FÖRDELNING kv. Kejsaren

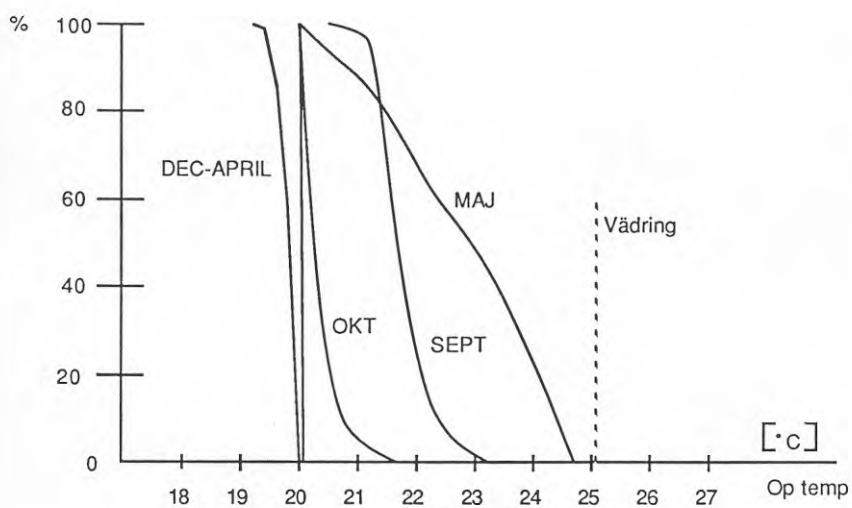
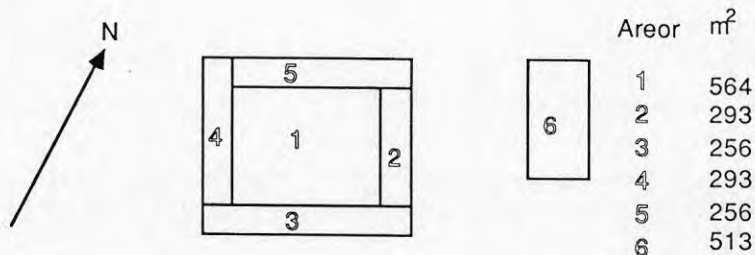


Fig 3.32 % FÖRDELNING AV OPERTIV TEMPERATUR UNDER ELDNINGSSÄSONGEN 16/9 - 15/5 kv. Kejsaren

## 3.2.10. Kv Höstvetet

## 3.2.10.1 Geometrier



En mellanväning i vardera huskroppen 2 - 6 samt glasgården har genomräknats.

## 3.2.10.2 Övriga primärdata

	1	2	3	4	5	6
RUMSLUFT vinter °C sommar	≥5	≥20 ≤25	≥20 ≤25	≥20 ≤25	≥20 ≤25	≥20 ≤25
TILLUFTFLÖDE oms/h	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
OFRIVILLIG VENT oms/h maj,sept	0.2 6	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
LÄGSTA RADIATOREFFEKT ,W; (från rör 10 W/lm fasad)		400	300	400	300	600
INTERNA EFFEKTER personer + tappvarmvatten,W	07-17 17-07	250 750	200 600	250 750	200 600	1300 430
belysning + hushållsel,W	23-06 06-07 07-17 17-23	860 2100 860 2100	600 1950 600 1950	860 2100 860 2100	600 1950 600 1950	1500 3670 1500 3670
belysning gård , W	7500					
VÄGGAR, YTTER mot det fria		120 mm tegel 20 mm luftspält 13 mm gipsskiva 140 mm polyuretan 100 mm betong				
mot gård		Det betongskikt som ersätter den inre gipsskivan kompenserar för innerväggarnas massa. Isoleringen består av 130 mm mineralull.				

## FÖNSTER

mot det fria  
mot gård  
glasgård

Fyra glas ;  $k = 1.5 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Två glas ;  $k = 2.7 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Två glas ;  $k = 3.0 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

## 3.2.10.3 Beräkningsresultat

## Energibalansen

Total energibalans för hela året framgår av Fig 3.33. Värmebehovet är korrigerat med hänsyn till förluster genom yttentak och till mark.

Energibehov för uppvärmning och varmvattenberedning (hela året) antas täckas av en värmepump med värmefaktorn 3.0. Vid laddning av eldningssåsongens energibehov i lagret under sommaren antas värmefaktorn vara 4.0. Den totala energiomsättningen är närmare 160 kWh/m<sup>2</sup> och år. För värmepumpsdrift krävs 34 kWh/m<sup>2</sup> och år, för belysning och hushållsel 49, varav 14 för gårdsbelysning. Tillsammans med fläktarbetet, 9, blir behovet av köpt energi 92 kWh/m<sup>2</sup> och år, alltsammans el.

Fis 3.34 visar nettobalansen under eldningssåsongen för huskropparna 3 och 4.

Radiatorsystemen täcker här 30 resp 33% av förlusterna.

Värmebehovet i gården är helt försumbart, se Fig 3.35. Solinstrålningen balanserar i stort sett transmissionsförlusterna genom glasen, värmetilskott från angränsande väggar samt belysningsvärme klarar läckförlusterna. Det enda villkor som vid beräkningarna ställts på gårdstemperaturen är att den inte får underskrida 5°C. Detta sker endast under extrema vinterförhållanden, vilket framgår av Fig 3.36 som visar nettobalansen under årets kallaste dygn, den 6/1. Gårdstemperaturen är 5°C under hela dygnet. Vid ett luftläckage motsvarande 0.2 oms/h krävs värme för ca hälften av förlusterna. Det framgår av figuren att tätheten är väsentlig. En ökning av läckaget till 1 oms/h medför att tillskotten blir relativt sett mindre och en större del av förlusterna måste täckas av köpt värme.

I husen 2 - 6 ligger värmesystemets andel av energitillförseln under extremdygnet kring 60% (Fig 3.36 och 3.37).

## Inomhusklimat

Operativtemperaturens procentuella fördelning under månaderna nov - april framgår av Fig 3.38. De högsta värdena uppträder som väntat under april då tillfälligt 24°C nås. I övrigt förekommer inga besvärande höga temperaturer.

Fig 3.39 visar operativtemperaturens procentuella fördelning i gården under april månad. Infiltrationen hålls på 0.2 oms/h. Solinstrålningen ger tidvis alltför mycket värme och temperaturen blir oacceptabelt hög (över 30°C under 15% av tiden). Utetemperaturens medelvärde under månaden är 3.5°C, varför problemet torde kunna bemästras med ökad vädring.

Som en jämförelse har motsvarande kurva för gården i kv. Bodbetjänten inritats. Här tas

värme till en värmepump i temperaturintervallet 6 - 25°C, vilket sänker temperaturnivån.

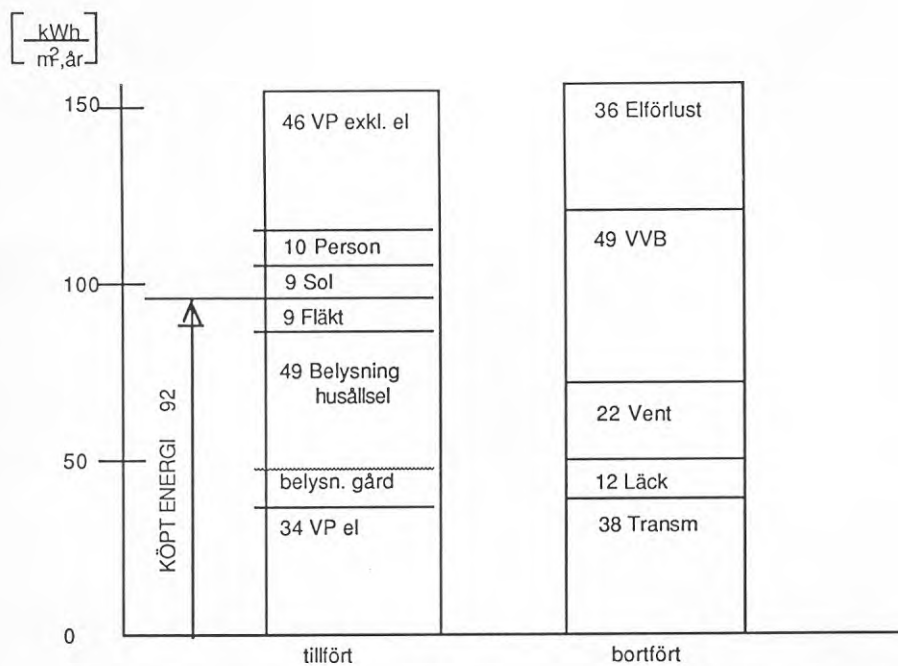


Fig 3.33 Total energiförbrukning 1/1 - 31/12 kv. Höstvetet



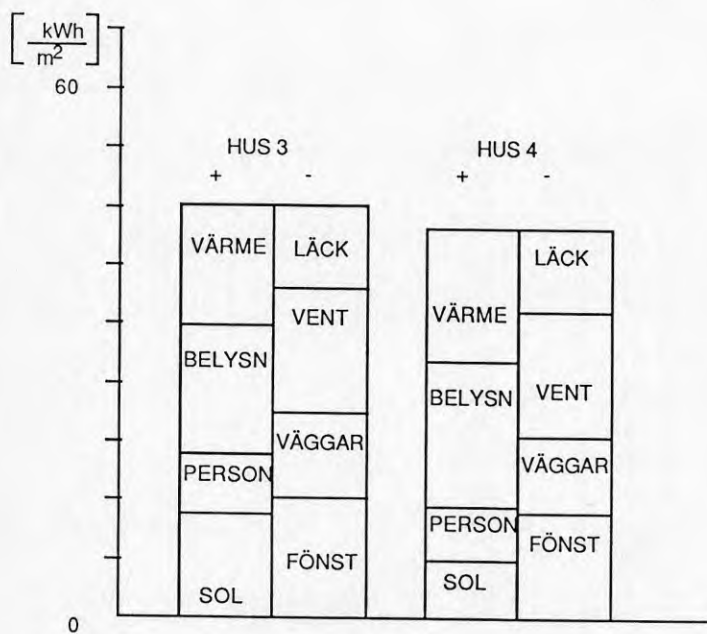


Fig 3.34. NETTOBALANS (mellanplan) kv. Höstvetet  
 Tidsperiod 16/9 - 15/5  
 $t_{ute} = 2.4^{\circ}C$

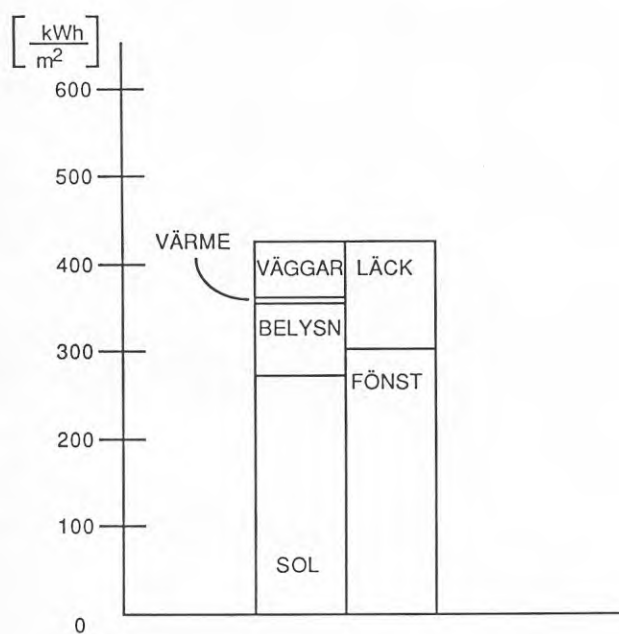


Fig 3.35 NETTOBALANS GÅRD kv. Höstvetet  
Tidsperiod 16/9 - 15/5  
 $t_{\text{ute}} = +2.4^{\circ} \text{C}$

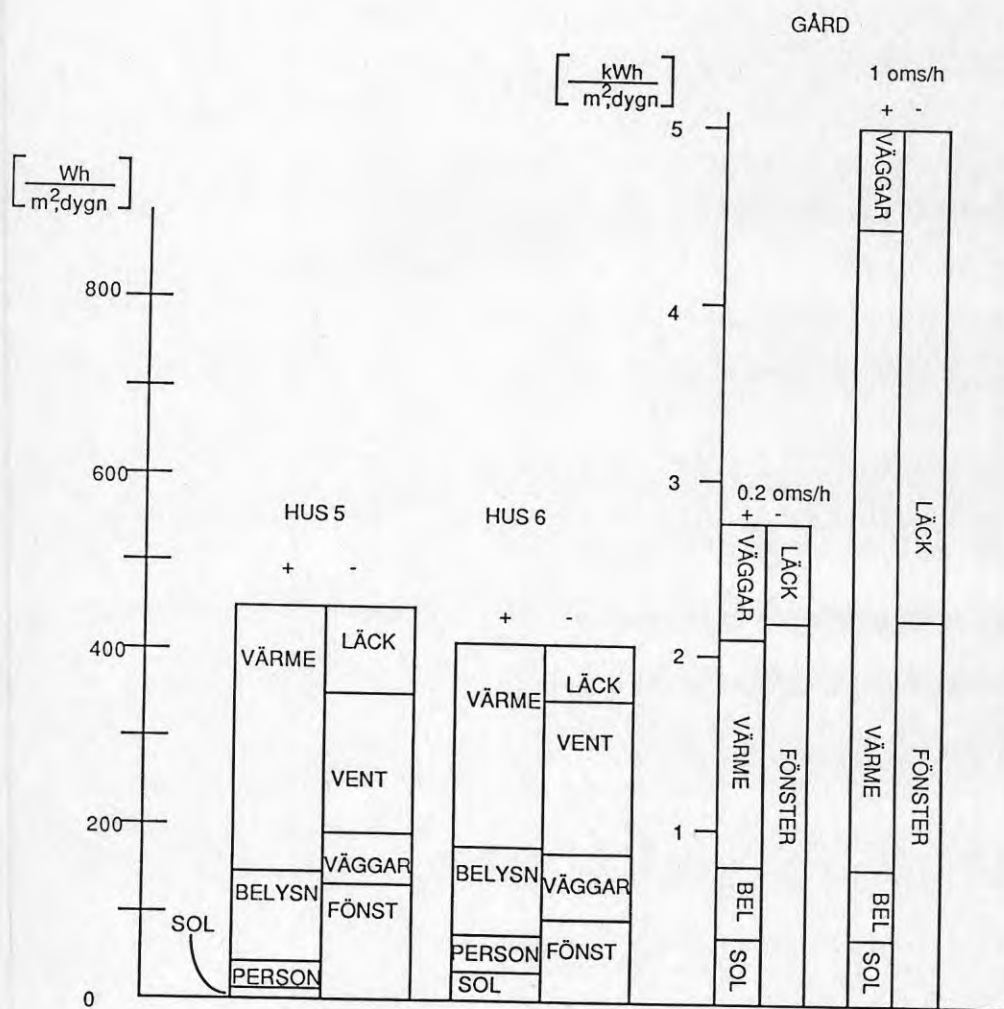


Fig 3.36 NETTOVÄRMEBALANS (mellanplan) 6/1  $t_{\text{ute}} = -15.1^\circ \text{C}$  kv. Höstvetet

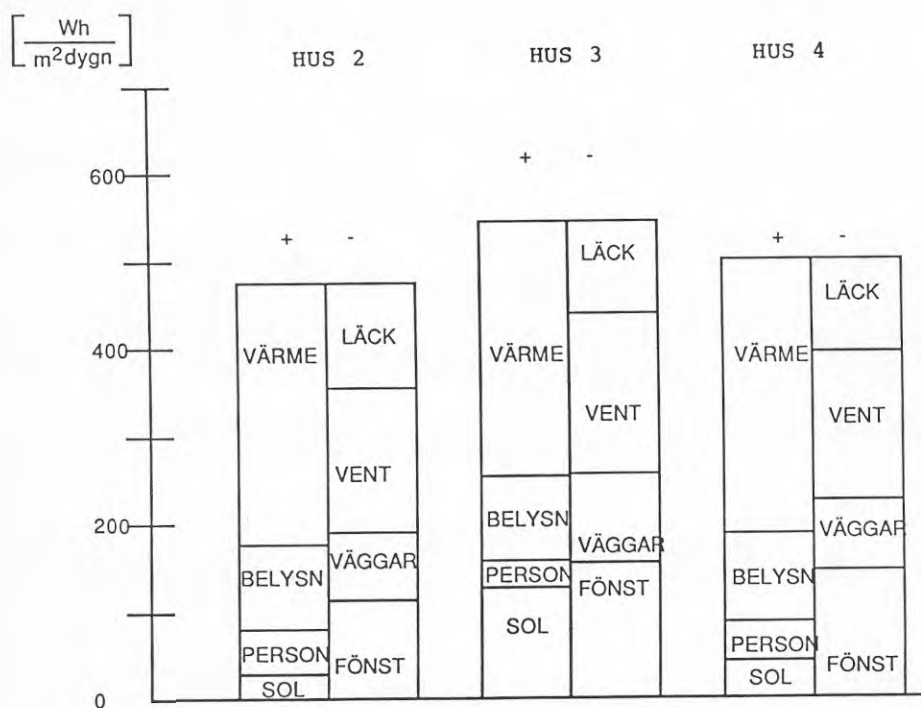


Fig. 3.37 NETTOVÄRMEBALANS (mellanplan) 6/1  $t_{\text{ute}} = -15.1 \text{ } ^\circ\text{C}$   
kv. Höstvetet

HUS 1

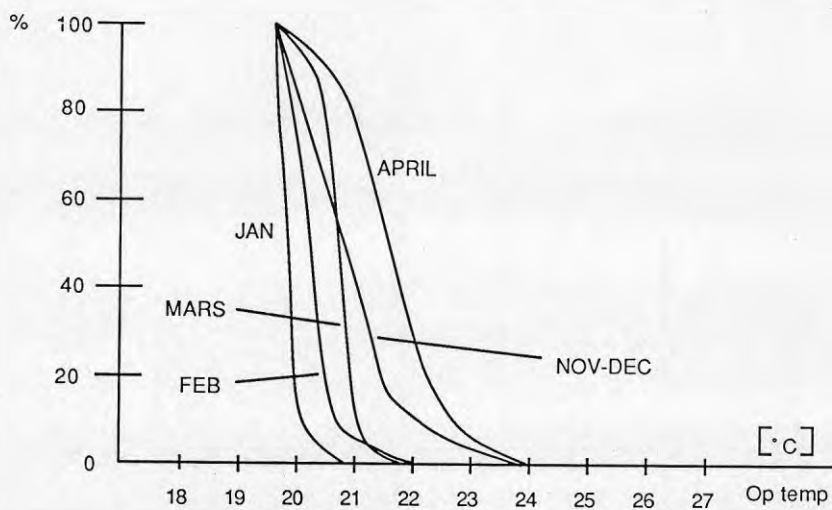


Fig 3.38 Hus 3 % fördelning av operativtemperaturen kv. Höstvetet under eldningssäsongen 16/9 - 15/5.

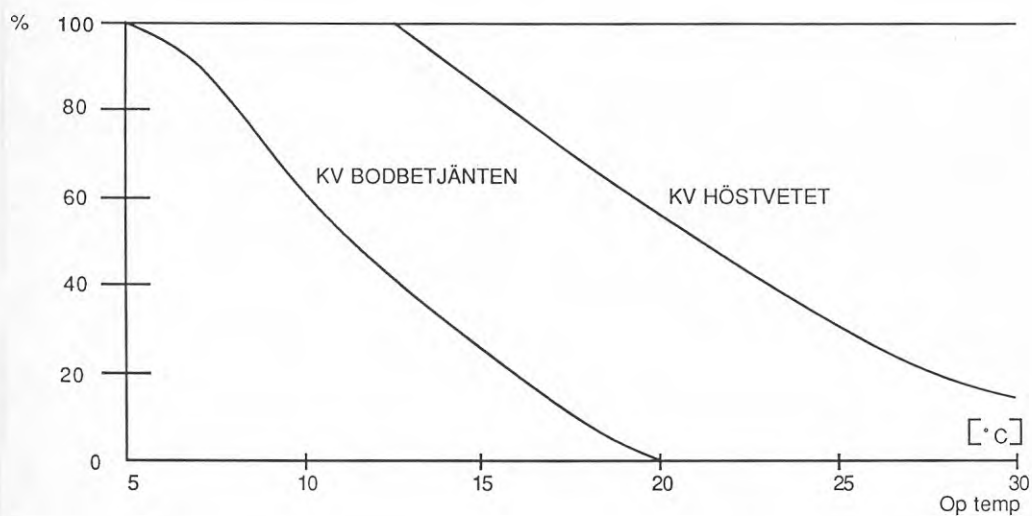


Fig 3.39 RUM 1, GÅRD  
 %-FÖRDELNING AV OP-TEMP (1/4 - 30/4)  
 MEDELTEMP +3.5° C

KOMMENTAR Bodbetjänten använder värmepump. I kv Höstvetet är den ofrivilliga ventilationen begränsad uppåt till 0.2 oms/h.

### 3.3 SIMULERINGAR MED DEROB

#### 3.3.1 Allmän beskrivning

DEROB är ett datorprogram som ursprungligen utvecklades vid University of Texas i Austin, USA, med målet att skapa ett lättillgängligt simuleringssystem för analys av möjligheterna att utnyttja energitillskott från passiva solsystem i byggnader och för energibalans- och temperaturberäkningar. Programmet har vidareutvecklats av forskare vid institutionen för byggnadskonstruktionslära, LTH.

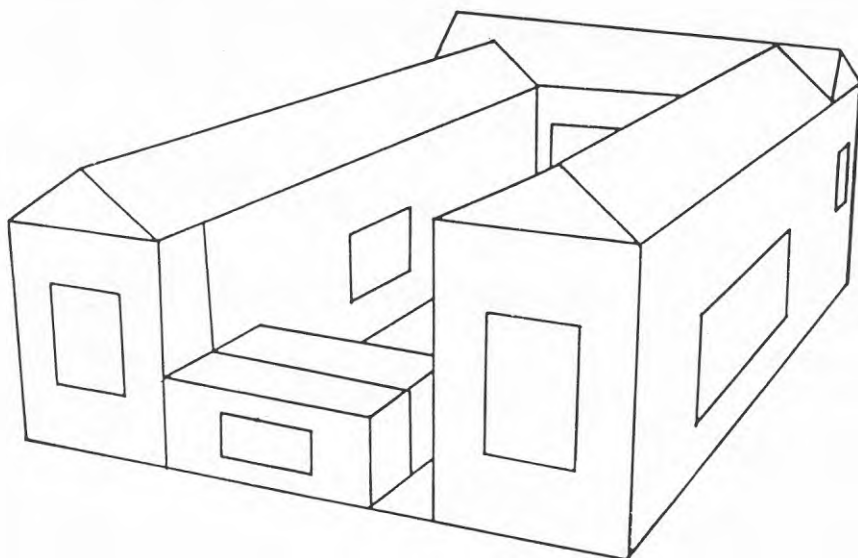
I den version som används på VBB har ytterligare mycket långtgående förändringar och kompletteringar gjorts, framför allt för att göra programmet "ingenjörsmässigt" operativt och lätt kontrollerbart ifråga om indata. Förfiningarna har utförts av personal på VBB med erfarenhet från andra, likartade program, t ex BRIS och TRNSYS. Arbetet har skett i samarbete med forskare från LTH och KTH.

Programmet beräknar transmissionsförluster, transmission och solinstrålning genom fönster, inverkan av ventilation och infiltration, uppvärmning, kylning, värmeväxling m m.

Som indata används en noggrann geometrisk beskrivning av hela byggnaden, byggnadens orientering och avskuggningsförhållanden, data för omslutande och volymskjiljande väggar, tak och golv, ventilation, infiltration, värmeväxlare, regleringsstrategier, rörlig solavskärmning, timvisa väderdata (direkt och diffus solinstrålning, utetemperatur, relativ luftfuktighet, vindhastighet, lufttryck) och interna värmetskott.

Till DEROB har ett grafiskt tredimensionellt program anslutits som, med redan programmerade indata, kan redovisa byggnaden från valfri perspektivpunkt.

Figur 3.40 visar ett exempel på en sådan grafisk presentation.



Figur 1.40 Exempel på en enkel tredimensionell kontrollredovisning av fysiska grunddata för DEROB-simulering.

Ett flertal tillämpningsberäkningar med DEROB har kontrollerats mot empiriska data från befintliga byggnader. Resultaten stöder tillförlitligheten. Parallella simuleringar med DEROB, TRNSYS och BRIS har gett ytterligare positiva resultat.

### 3.3.2 Styr- och reglerstrategier

Värmning och kylning av olika byggnadsvolymer styrs i programmet av önskade temperaturer. Dessa temperaturer, liksom ventilationsflöden, infiltration, internvärme (belysning, hushållsapparater, människor m m) och rörlig isolering kan styras enligt ett dygnschema. Detta dygnschema kan varieras för olika veckodagar och månader.

Ventilation (och infiltration) kan väljas efter behov. Luft kan föras godtyckligt mellan olika volymer och/eller mellan en volym och uteluften. Det är exempelvis möjligt att ta in uteluft till en volym, låta den passera vidare genom andra volymer och till sist släppa ut den via ytterligare en volym. Programmet kontrollerar kontinuerligt balansen i varje delvolym.

Värmeväxlare kan kopplas mellan vilka flöden som helst. Det är också möjligt att koppla flera värmeväxlare i serie för ett och samma flöde.



Samtliga glasytor kan förses med rörlig isolering (persienner, solgardiner) som kan utformas individuellt för varje glasyta.

Tack vare programmets möjligheter till serie- eller parallellkoppling av styrstrategier är regleringsmöjligheterna praktiskt taget obegränsade.

### 3.3.3 Resultatredovisning

För varje timme under simuleringsperioden erhålls följande resultat för var och en av de beräknade byggnadsvolymer: temperatur i tempererade eller passivt uppvärmda volymer som t ex inglasade gårdar, energibehov för värmning (kWh) samt energibehov för kylning (kWh).

Dessutom redovisas timvis ingående data i beräkningen för utetemperatur och solinstrålning mot horisontell yta ( $W/m^2$ ).

Varje dygn erhålls max-, medel- och min-värdet av ovanstående variabler. Dessa värden redovisas också för varje månad och för hela simuleringsperioden. Genom att använda ett helt år som simuleringsperiod ger värdena automatiskt effektbehov för uppvärmning och kylning.

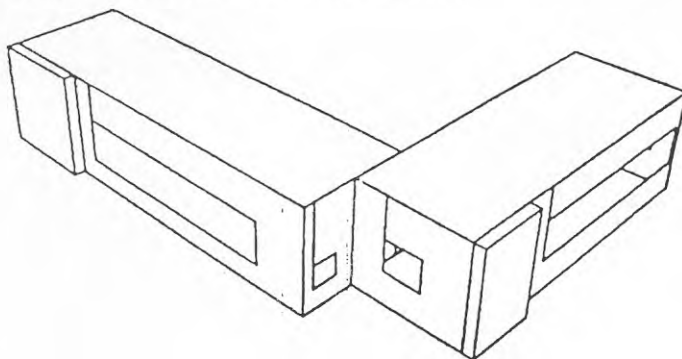
För varje dygn erhålls vidare en fullständig energibalans per volym och totalt. Följande värden registreras i kWh/dygn: transmissionsförluster; energiförluster av ventilation; energiförluster av infiltration; tillförd internvärme (belysning, apparater m m); tillförd värme (betald energi); tillförd kyla (betald energi; energivinst genom solinstrålning; energivinst genom värmeväxling; i byggnadsstomme och inventarier upplagrad energi.

Motsvarande värden erhålls också för varje månad och för hela simuleringsperioden. Utöver ovanstående finns dessutom möjlighet att beräkna bl a ytemperaturer på invändiga begränsningsytor.

### 3.3.4 Förutsättningar kv Konsolen

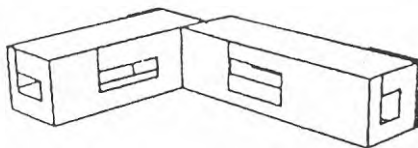
#### 3.3.4.1 Geometrier

Beräkningarna avser hus 1 enligt situationsplanen. I figur 1 visas en grafisk bild av den använda geometriska modellen sedd från söder.



Figur 3.41 Geometrisk modell av hus 1 kv konsolen, sedd från söder.

I figur 3.42 visas motsvarande bild sedd från norr.



Figur 3.42 Geometrisk modell av hus 1 kv Konsolen, sedd från norr.

Totala våningsytan i varje plan är 665 m<sup>2</sup>. I beräkningsmodellen har antalet våningar förutsatts vara fyra, totala ytan är alltså 2 660 m<sup>2</sup>.

#### 3.3.4.2 Övriga primärdata

Följande primärdata har använts vid beräkningarna.

Inställningsvärde rumslufttermostat:	20°C
Luftomsättning (medel: (75 % av tilluften tas via solvägg och 25 % via springventil)	0,57 oms/h
Ofrivillig ventilation:	0,1 oms/h

	Internvärme Hus SV(W)	Internvärme Hus SO(W)
kl 00-06	8 000	6 400
06-07	16 000	12 800
07-17	5 500	4 400
17-24	16 000	12 800
Ytterväggar:	utv 0,06 m betong 0,14 m cellplast inv 0,08 m betong	
Fönsterarea:	17 % av ytterväggsytan	
Fönstertyp:	3-glas $k = 2,0 \text{ W/m}^2, \text{C}^\circ$	
Tappvarmvatten:	49,2 kWh/m <sup>2</sup> ,år	

### 3.3.4.2 Beräkningsresultat kv Konsolen

#### Energibalansen

Totala energibalansen för året som ett genomsnitt för båda huskropparna redovisas i figur 3.43.

Resultaten från DEROB har manuellt kompletterats för att ta hänsyn till tappvarmvattenförbrukningen och inverkan av värmepumpen. För värmepumpen gäller följande data:

Värmefaktor:	3,0
Maximal temp sänkning frånluft:	12°C

Beräkningsresultaten gäller per m<sup>2</sup> av byggnadens golvyta. Totalt köpt energi inkl hushållsel uppgår till 85,9 kWh/m<sup>2</sup>,år av totalt 146,9 kWh/m<sup>2</sup>,år.

Totala energibalansen månadsvis redovisas i figur 3.44 och 3.45.

I figur 3.46 och 3.47 redovisas husens nettovärmebalans, från rummet sett, för hela eldningssäsongen. Av denna redovisning framgår att internvärmes täcker en ganska stor del av byggnadernas värmebehov.

I figur 3.48 och 3.49 visas den procentuella fördelningen av samma nettovärmebalans.

#### Inomhustemperatur

I tabellen nedan redovisas beräknade medeltemperaturer inomhus för eldnings säsongen.

Månad	jan	feb	mar	apr	maj	sep	okt	nov	dec
Temp °C	20,0	20,0	20,0	20,4	25,5	23,4	20,7	20,0	20,0

Solskydd har ej utnyttjats. Under soliga månader har solskydden stor betydelse för rumstemperaturen.

#### Effektbehov

Den största värmeeffekten under teståret uppträder den 6/1, som också är årets kallaste dygn.

Följande specifika effektbehov per m<sup>2</sup> golvyta erhålls vid DEROB-beräkningarna.

	W/m <sup>2</sup>	%
Värme	20,1	72
Internvärme	6,5	23
Sol	<u>1,2</u>	<u>4</u>
	27,8	100

Jämförelse med andra dygn under januari visar att solinstrålningen var ovanligt hög den 6/1. Detta är naturligt eftersom det under kalla dygn vanligen är klart väder. Ovan beräknade effektbehov inkluderar ej inverkan av värmepump och tappvarmvatten.

#### 3.3.4.3 Solväggen

I figur 3.50 och 3.51 redovisas lufttemperaturen före respektive efter solväggen i Hus SV. Troligen underskattas temperaturhöjningen i solväggen. Anledningen är att DEROB räknar med en och samma temperatur på solväggens utsida. I verkligheten ökar temperaturen från uteluftintaget till utsugspunkten.

Modellen kunde ha förbättrats genom att dela upp solväggen i flera små väggar som är kopplade till varandra med avseende på luftflödet. Detta ökar dock beräkningstiderna. För detaljerade beräkningar hade det varit lämpligast att matematiskt beskriva solfångar-modellen separat och länka in denna modell till DEROB. Det hade också varit möjligt att använda direkt uppmätta verkningsgrader m m.

Vissa tider är temperaturen efter solväggen lägre än utetemperaturen.

Detta kan delvis bero på atmosfärisk motstrålning. Beräkningsmodellen i DEROB tar hänsyn till detta. En orsak kan också vara att temperaturen stiger men att väggtemperaturen släpar efter. Detta gäller särskilt den 7/1.

I figur 3.52 redovisas specifika effektbehovet till radiatorer (exkl tappvarmvatten och "gratis" energi) med och utan solvägg för den 1/1. Skillnaderna för denna dag och den 7/1 redovisas i följande tabell.

	<u>Med solvägg</u>	<u>Utan solvägg</u>
Max effekt 1/1	22,33 W/m <sup>2</sup>	22,41 W/m <sup>2</sup>
Medeleffekt 1/1	17,22 W/m <sup>2</sup>	17,33 W/m <sup>2</sup>
Max effekt 7/1	19,40 W/m <sup>2</sup>	19,25 W/m <sup>2</sup>
Medeleffekt 7/1	12,63 W/m <sup>2</sup>	12,41 W/m <sup>2</sup>

Värmeenergiebehovet med och utan solvägg redovisas i följande tabell för några olika perioder.

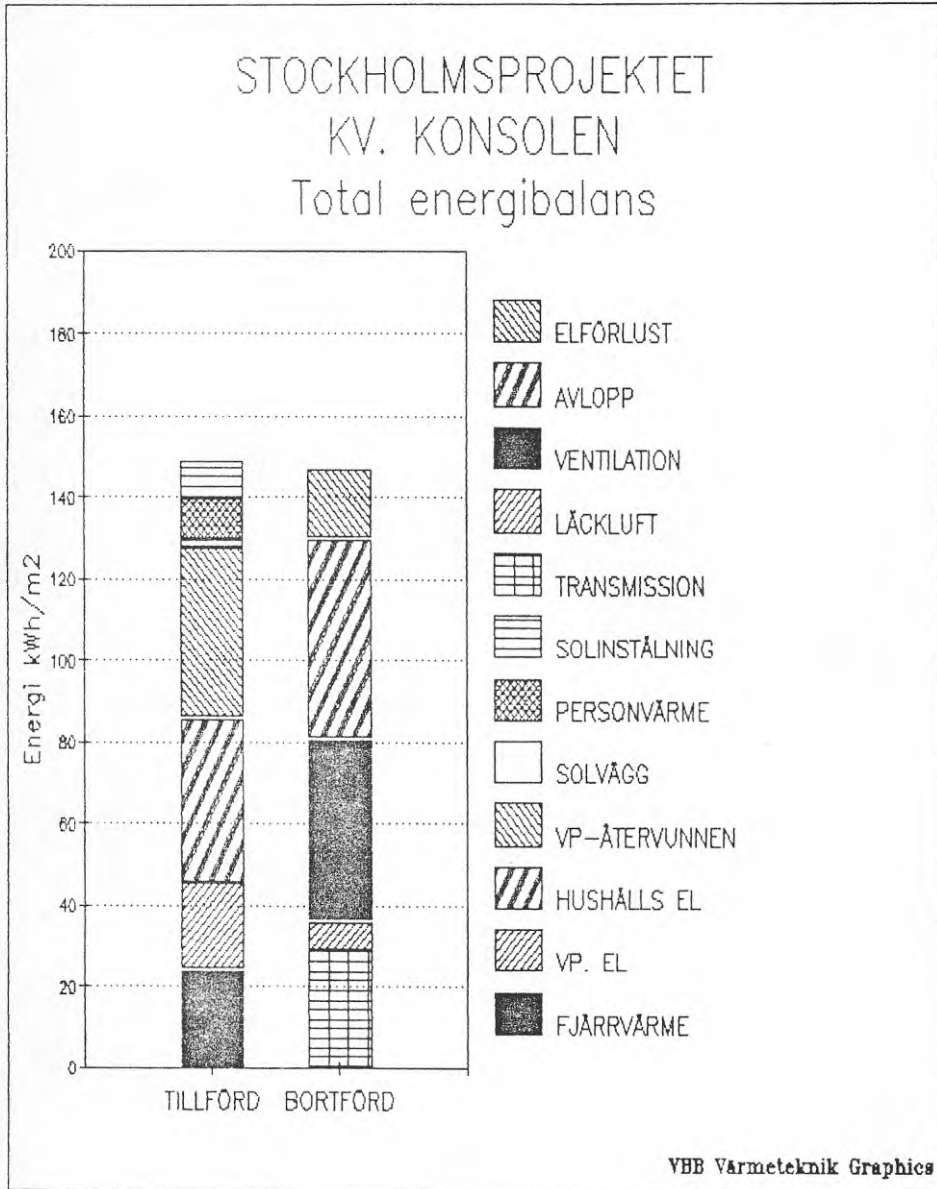
<u>Period</u>	<u>Med solvägg</u>	<u>Utan solvägg</u>
1/11-31/12	11,61 kWh/m <sup>2</sup>	12,06 kWh/m <sup>2</sup>
1/1-28/2	14,39 kWh/m <sup>2</sup>	14,69 kWh/m <sup>2</sup>
1/3-15/5	9,82 kWh/m <sup>2</sup>	10,51 kWh/m <sup>2</sup>

Totalt under året minskas energibehovet med 2 kWh/m<sup>2</sup> golvyta. Detta är dock utan hänsyn till värmepumpens inverkan. I konsolen är dock värmepumpen ganska liten varför det troligen ganska sällan finns ledig kapacitet.

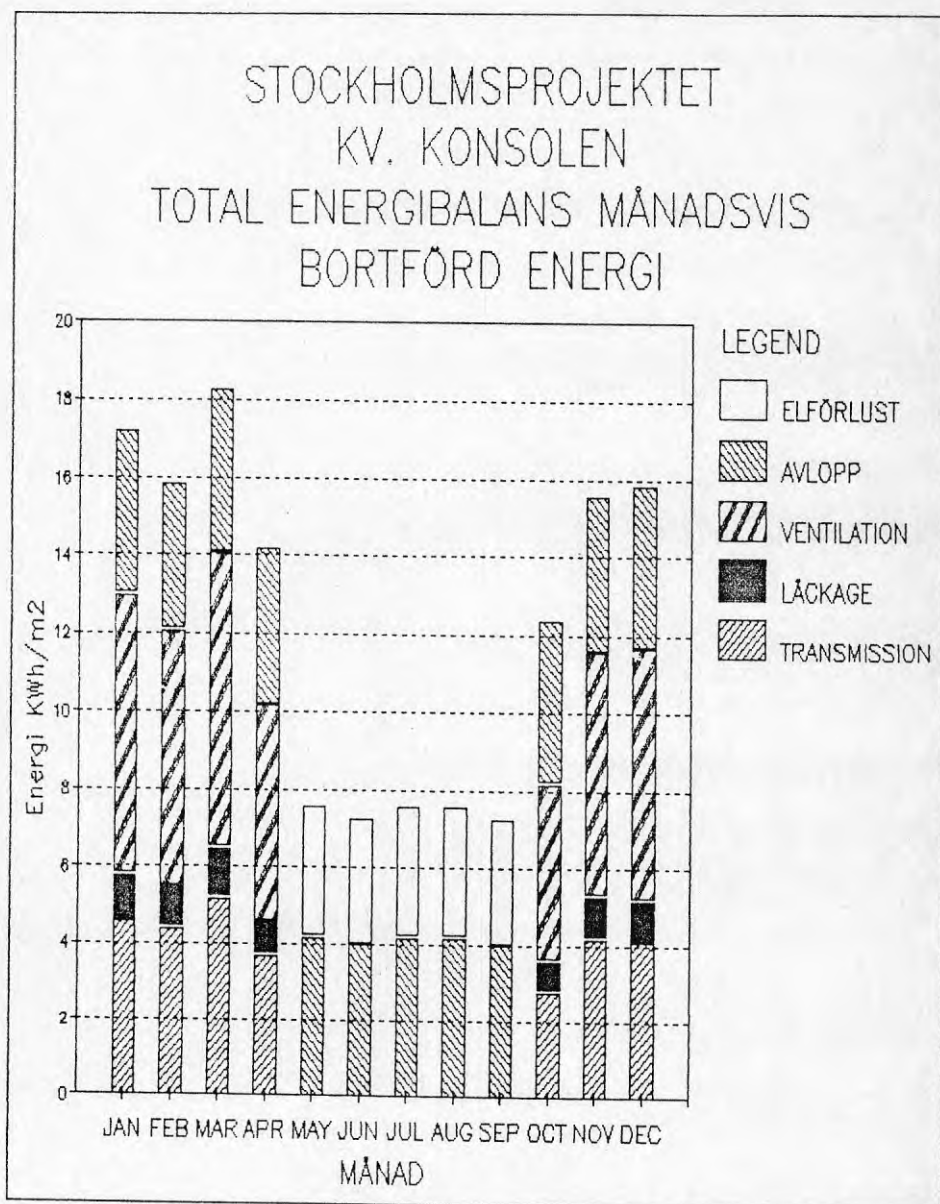
#### 3.3.4.4 Kommentarer

Värmepumpen inverkar mycket kraftigt på mängden köpt energi. Mängden frånluft begränsar värmepumpens storlek men också hur mycket man kyler frånluften inverkar. Vi har räknat med att frånluftens temperatur minskas med 12°C. Denna kylning kan möjligen ökas till 15°C utan att man får problem med påfrostning. Värmepumpens storlek skulle i så fall ökas med ca 25 %.

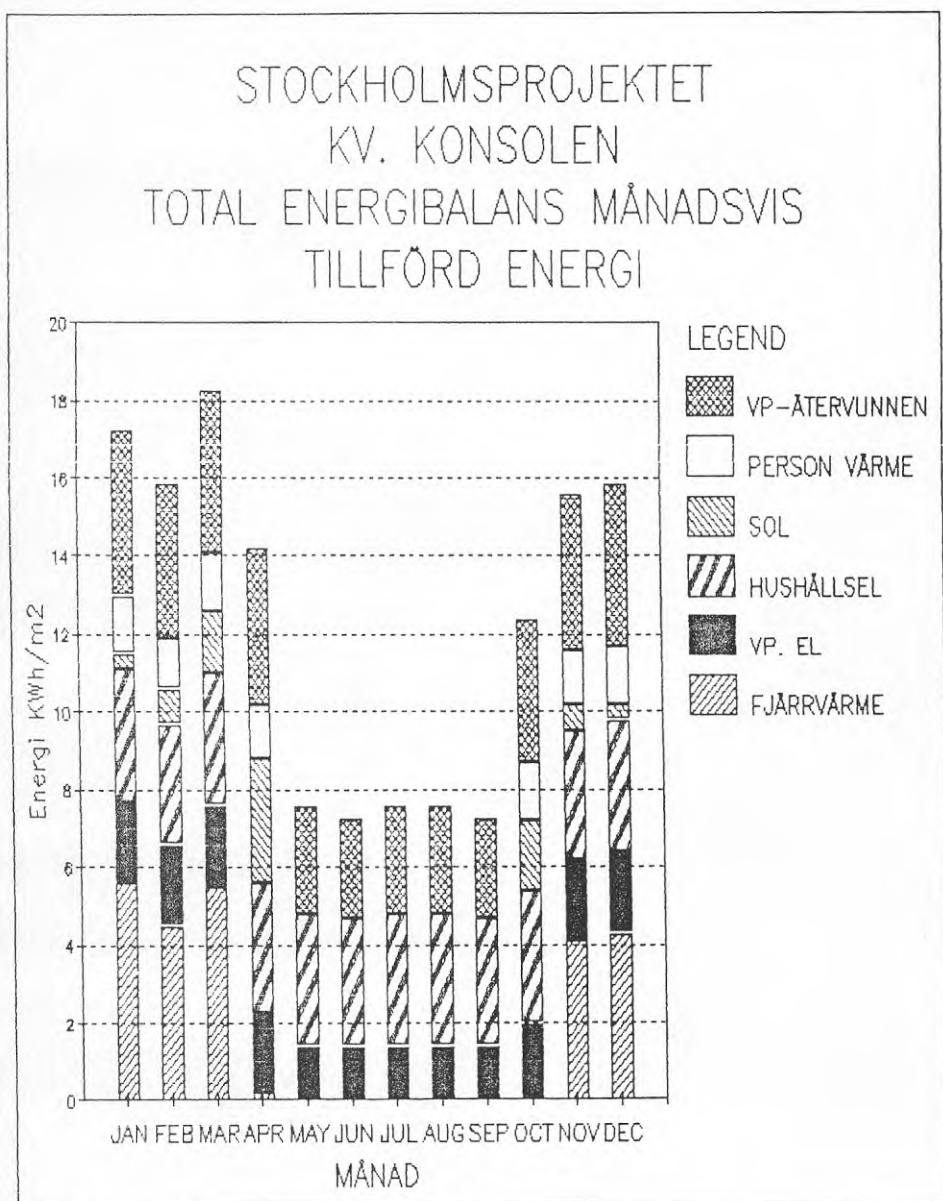
En ny teknik för frånluftvärmepumpar som nu börjat provas är kyla från luften till under 0°C så att man får påfrostning. Avfrostning sker genom att korta perioder stänga av värmepumpen. Värmepumpen kan därigenom göras betydligt större och för en energisnål byggnad av denna typ kanske klara 80-90 % av totala energibehovet. Det är dock osäkert vad optimal storlek är med hänsyn till investeringskostnader m m.



Figur 3.43 Kv Konsolen  
Total energibalans

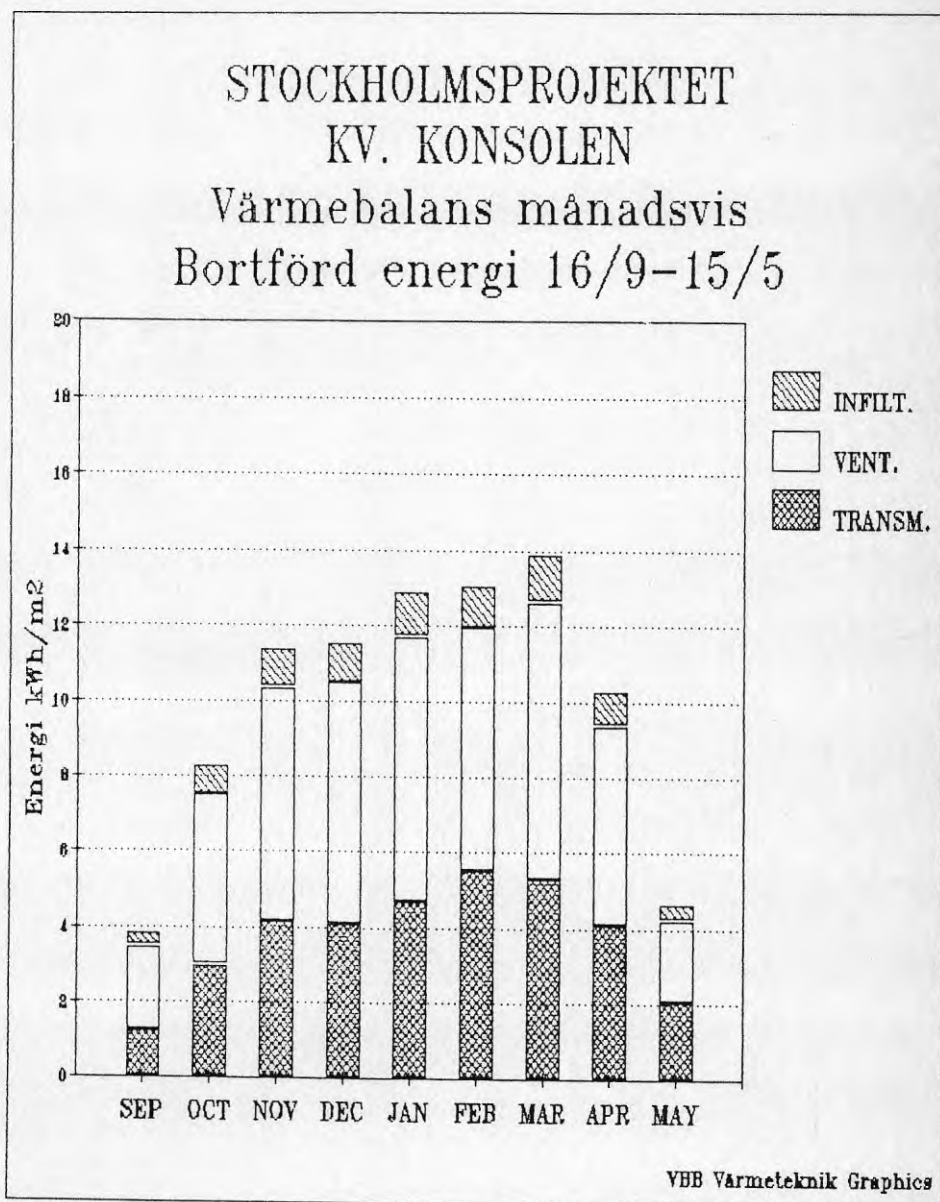


Figur 3.44 Kv Konsolen  
Total energibalans månadsvis  
Bortförd energi



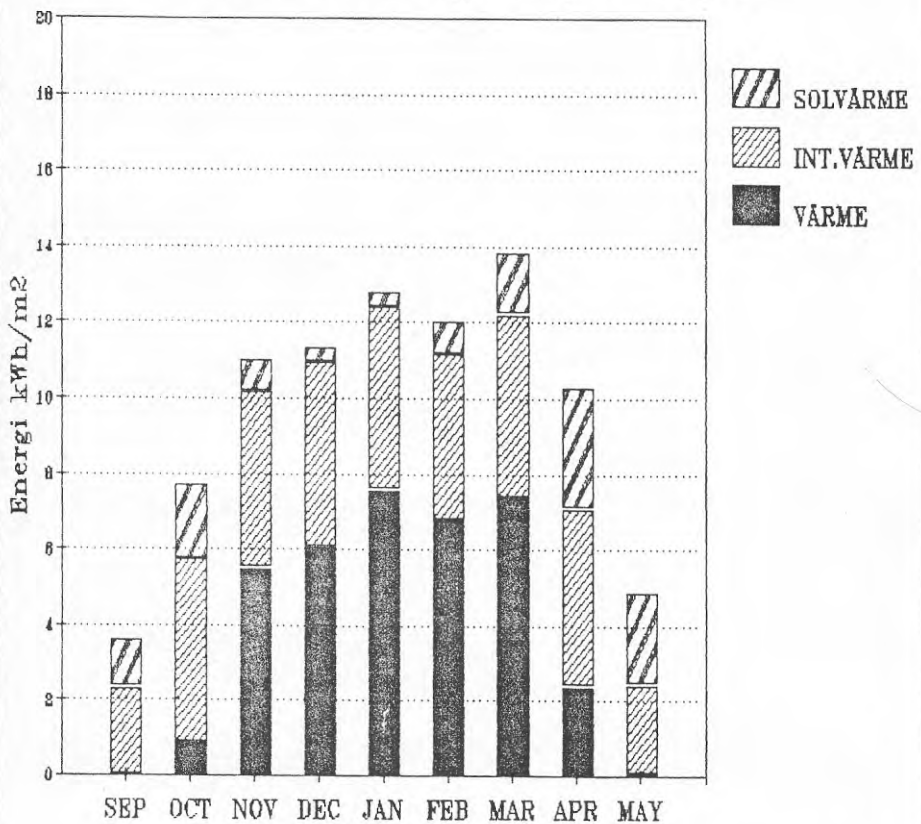
Figur 3.45 Kv Konsolen  
Total energibalans månadsvis  
Tillförd energi





Figur 3.46 Kv Konsolen  
Värmebalans månadsvis  
Bortförd energi 16/9-15/5

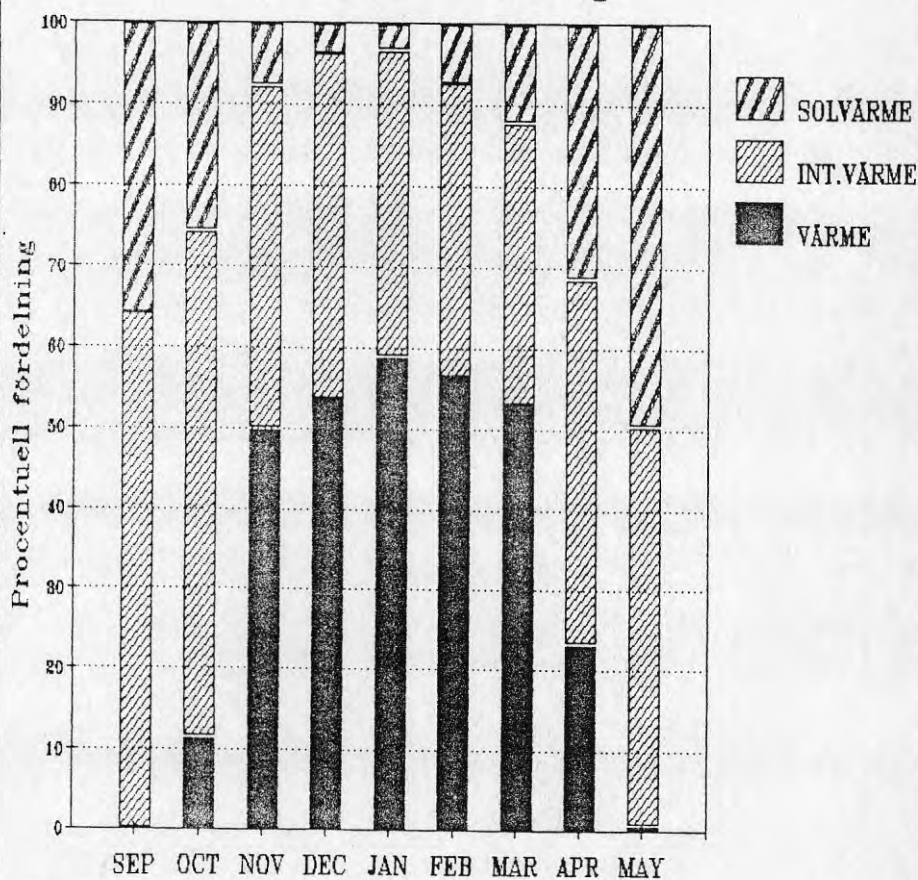
STOCKHOLMSPROJEKTET  
KV. KONSOLEN  
Värmebalans månadsvis  
Tillförd energi 16/9-15/5



VBB Värmeteknik Graphics

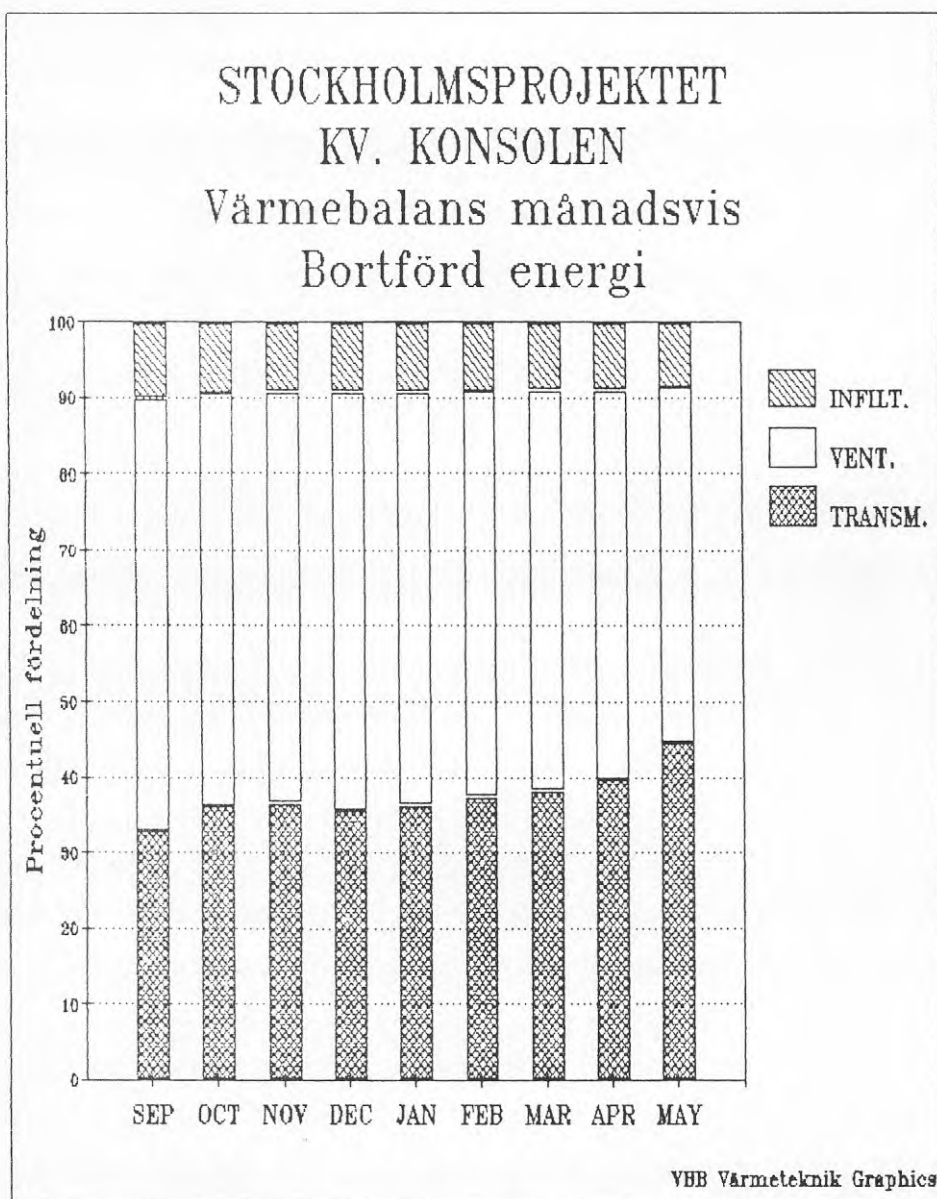
Figur 3.47 Kv Konsolen  
Värmebalans månadsvis  
Tillförd energi

STOCKHOLMSPROJEKTET  
KV. KONSOLEN  
Värmebalans månadsvis  
Tillförd energi

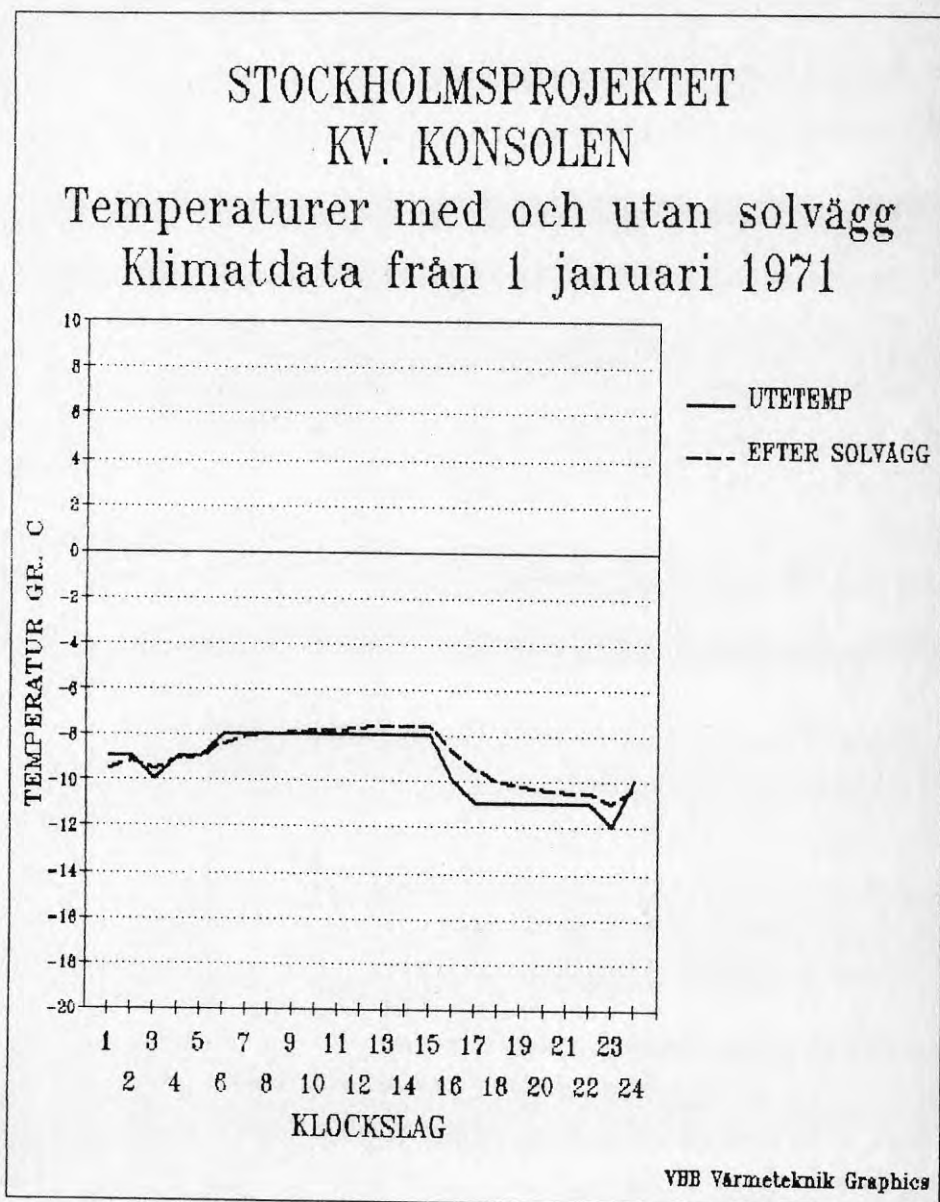


VHB Värmeteknik Graphics

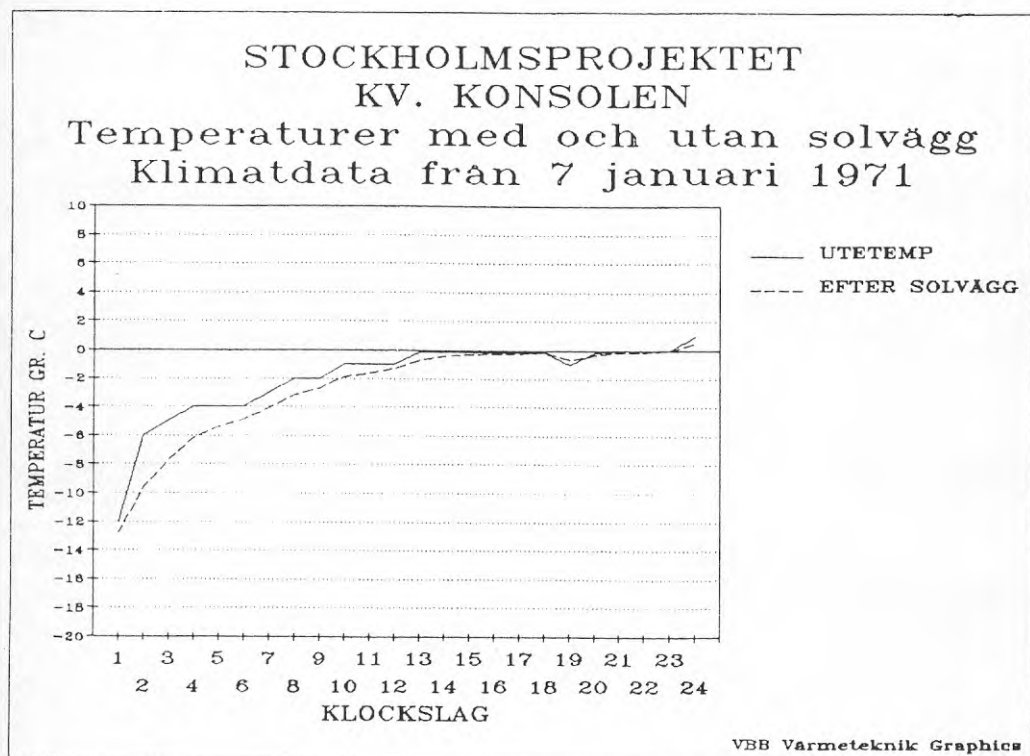
Figur 3.48 Kv Konsolen  
Värmebalans månadsvis  
Tillförd energi



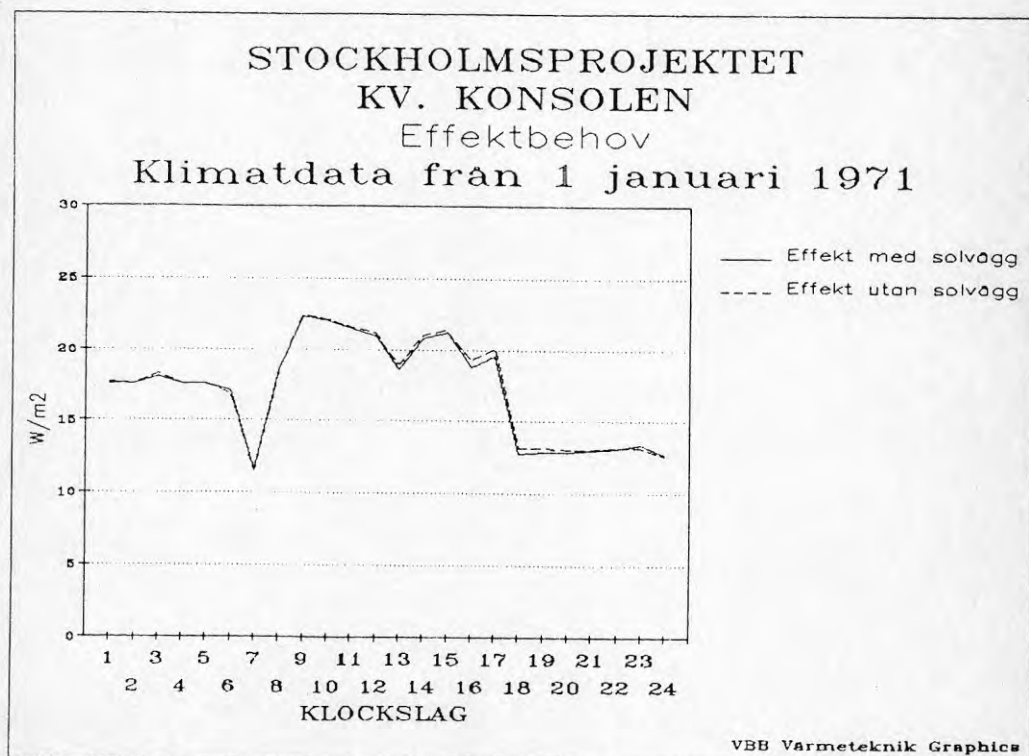
Figur 3.49 Kv Konsolen  
Värmebalans månadsvis  
Bortförd energi



Figur 3.50 Kv Konsolen  
Temperatur med och utan solvägg  
Klimatdata från 1 januari 1971



Figur 3.51 Kv Konsolen  
Temperaturer med och utan solvägg  
Klimatdata från 7 januari 1971

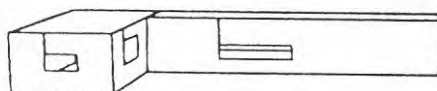


Figur 3.52 Kv Konsolen  
Effektbehov  
Klimatdata från 1 januari 1971

### 3.3.5 Kv Sjuksköterskan

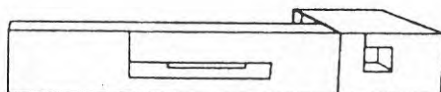
#### 3.3.5.1 Geometrier

I figur 3.53 visas en grafisk bild av den använda geometriska modellen sedd från söder.



Figur 3.53 Geometrisk beskrivning av den använda modellen för kv Sjuksköterskan.

I figur 3.54 visas motsvarande bild sedd från norr.



Figur 3.54 Geometrisk modell av kv Sjuksköterskan, sedd från norr.

Totala våningsytan i varje plan är 651 m<sup>2</sup>. I beräkningsmodellen har antalet våningar förutsatts vara fyra, totala ytan är alltså 1 953 m<sup>2</sup>.

#### 3.3.5.2 Övriga primärdata

Följande primärdata har använts vid beräkningarna.

Inställningsvärde rumslufttermostat: 20°C  
 Luftflöde (medel): 0,5 oms/h  
 Ofrivillig ventilation: 0,2 oms/h

	Internvärme (W)
kl 00-06	9 600
06-17	19 200
07-17	6 600
17-24	19 200

Yttervägg: 19 cm lättbetong  
 12 cm isolering  
 15 cm betong

Fönster: 3-glas k = 1,2 W/m<sup>2</sup>.k

Tappvarmvatten: 49,2 kWh/m<sup>2</sup>,år



### 3.3.5.3 Beräkningsresultat

#### Energibalansen

I figur 3.55 redovisas den totala årliga energibalansen för de två byggnadskropparna. Det totala behovet av köpt energi är 107,7 kWh/m<sup>2</sup>.år av totalt 123,7 kWh/m<sup>2</sup>,år.

Av det totala behovet av köpt energi utgörs nästan 50 % av tappvarmvattnet. Den totala energibalansen månadsvis redovisas i figur 3.56 och 3.57.

Nettoenergibalansens procentuella fördelning redovisas i figur 3.58 och 3.59. Fördelningen av bortförd energi är ganska konstant under året. Vi har inte räknat med att det sker någon vädring. Beträffande den tillförda energin ökar solinstrålningens andel under vår och höst.

#### Inomhustemperatur

I tabellen nedan redovisas beräknade medeltemperaturer inomhus för eldningssäsongen.

Månad	jan	feb	mar	apr	maj	sep	okt	nov	dec
Temp °C	20,0	20,0	20,0	20,2	25,0	25,6	21,8	20,0	20,0

Solskydd har ej utnyttjats.

Under soliga månader under sommaren har solskydden stor betydelse för rumstemperaturen. Inverkan på energiförbrukningen är dock liten.

#### Effektbehov

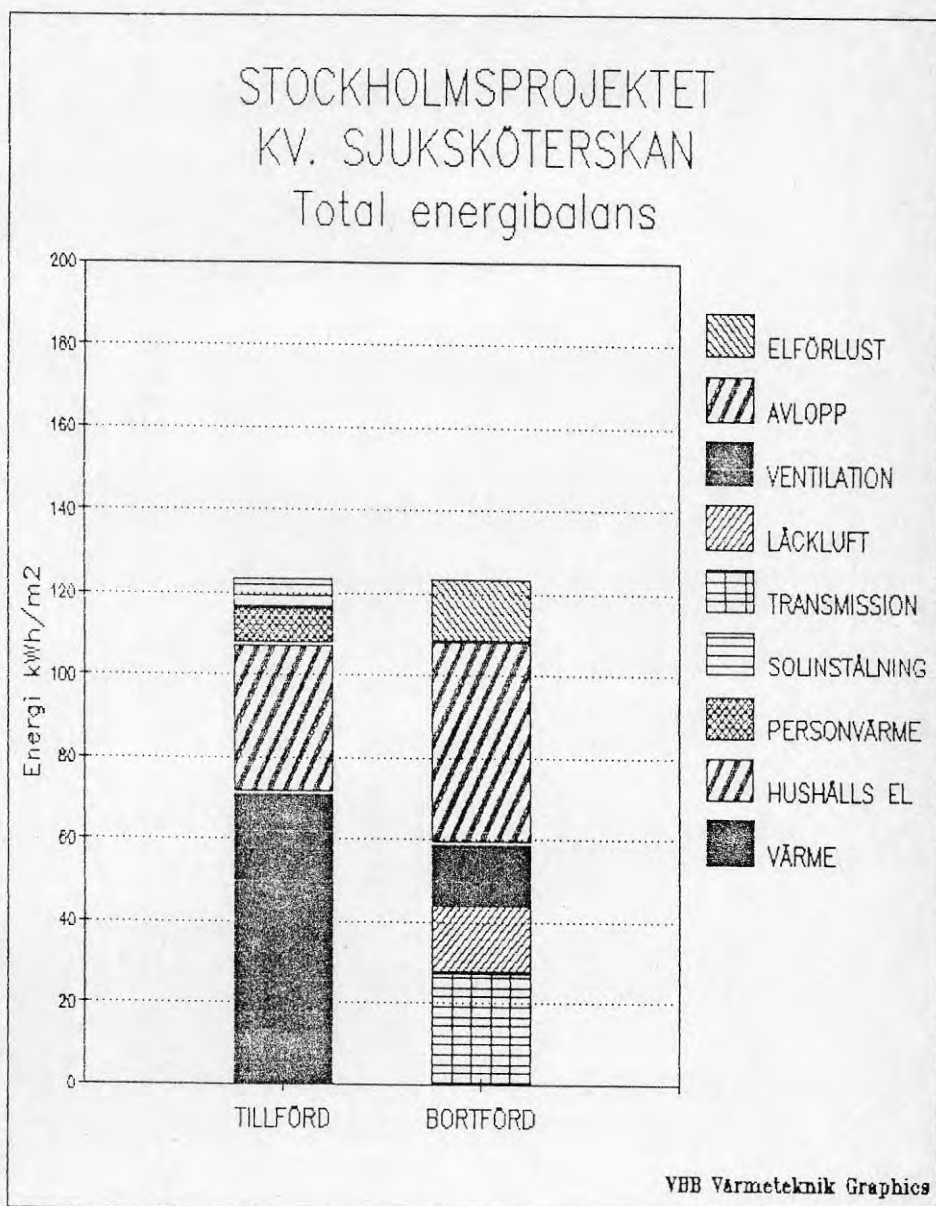
Det högsta effektbehovet 19,5 W/m<sup>2</sup> inträffar kl 9 den 6/1. I figur 3.60 visas effektbehovets förlopp enligt beräkningarna. Av figur 3.8 framgår att effektbehovet sjunker då internvärmerna är hög. Vid de tidpunkter man har hög internvärme sjunker effektbehovet.

### 3.4 Kommentarer

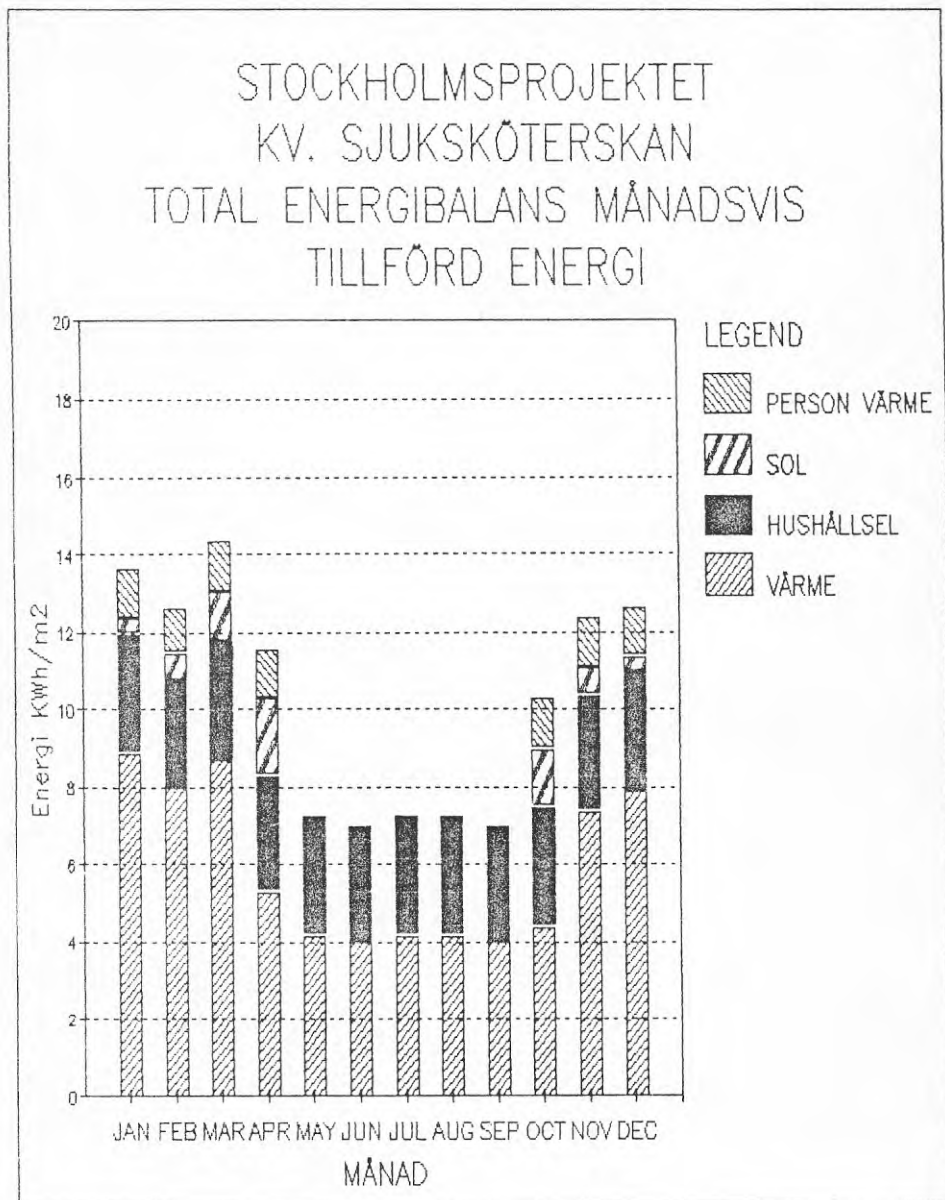
Kv Sjuksköterskan är både ur byggnadsteknisk och installationsteknisk synpunkt ganska okomplicerat. Beskrivningen av indata till DEROB blir därför också enkel. Som framgår av figur 3.54 gjordes beräkningen för två byggnadskroppar samtidigt. Detta innebär att mängden indata i stort sett fördubblas, säkert hade man fått i stort sett samma beräkningsresultat om man gjort beräkningarna för en byggnadskropp åt gången. Skuggningseffekter m m har för ett objekt av denna typ ganska liten betydelse.

Förenklade beräkningsprogram typ ENORM ger för ett objekt av denna typ troligen ganska likartade resultat. En konventionell energiberäkning, graddagsmeto-

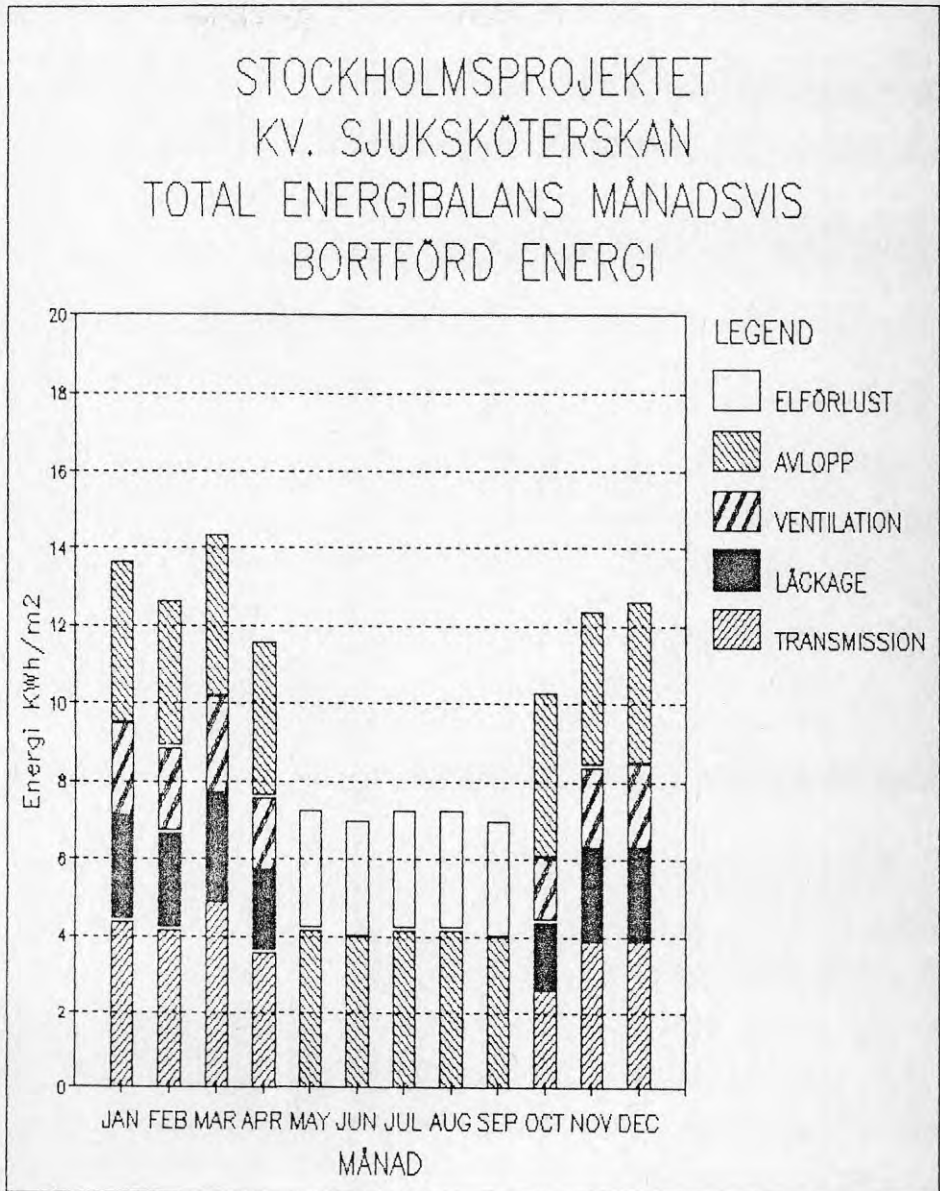
den, ger dock med all säkerhet ett felaktigt resultat p g a att hänsyn ej tas till internlaster och solinstrålning i förhållande till de små transmissions- och ventilationsförlusterna.



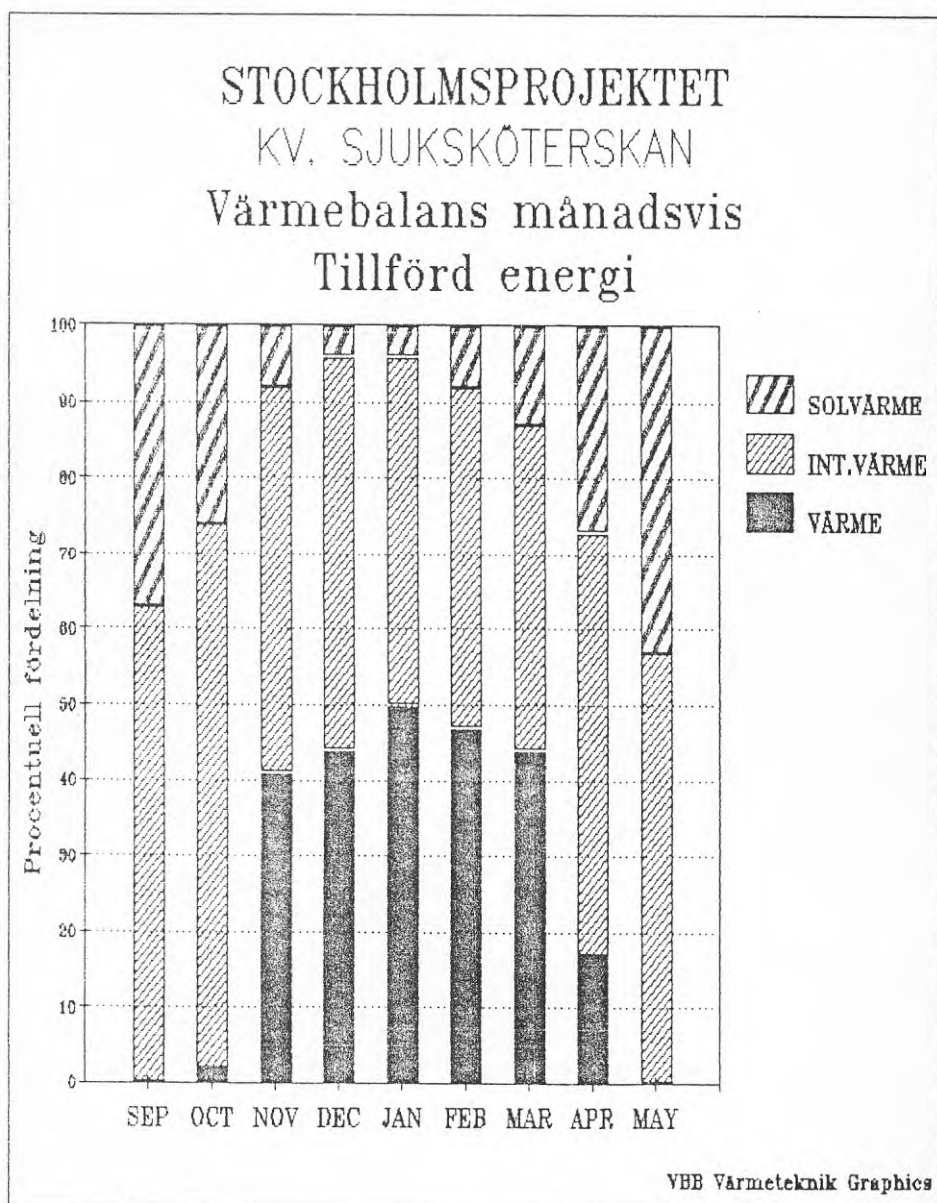
Figur 3.55 Kv Sjuksköterskan  
Total energibalans



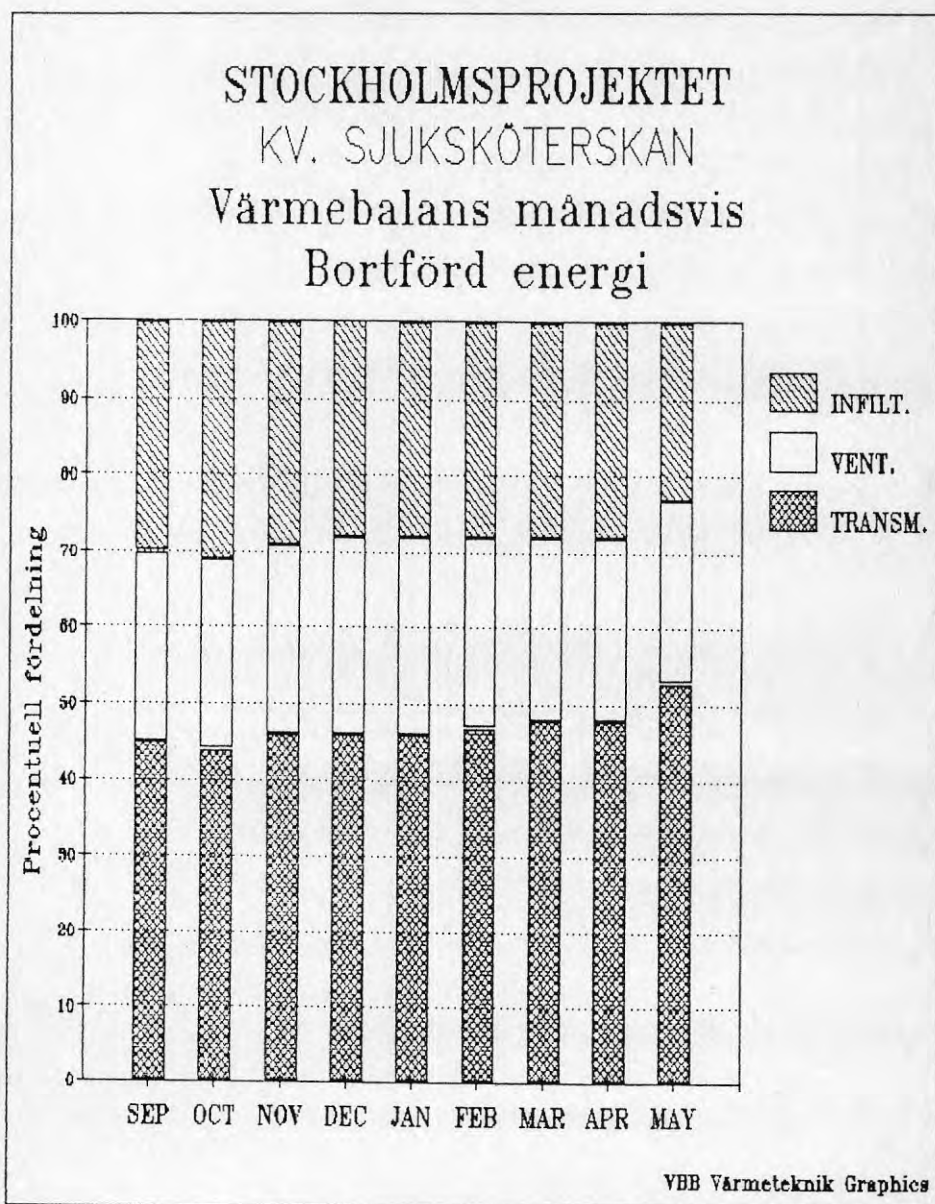
Figur 3.56 Kv Sjuksköterskan  
Total energibalans månadsvis  
Tillförd energi



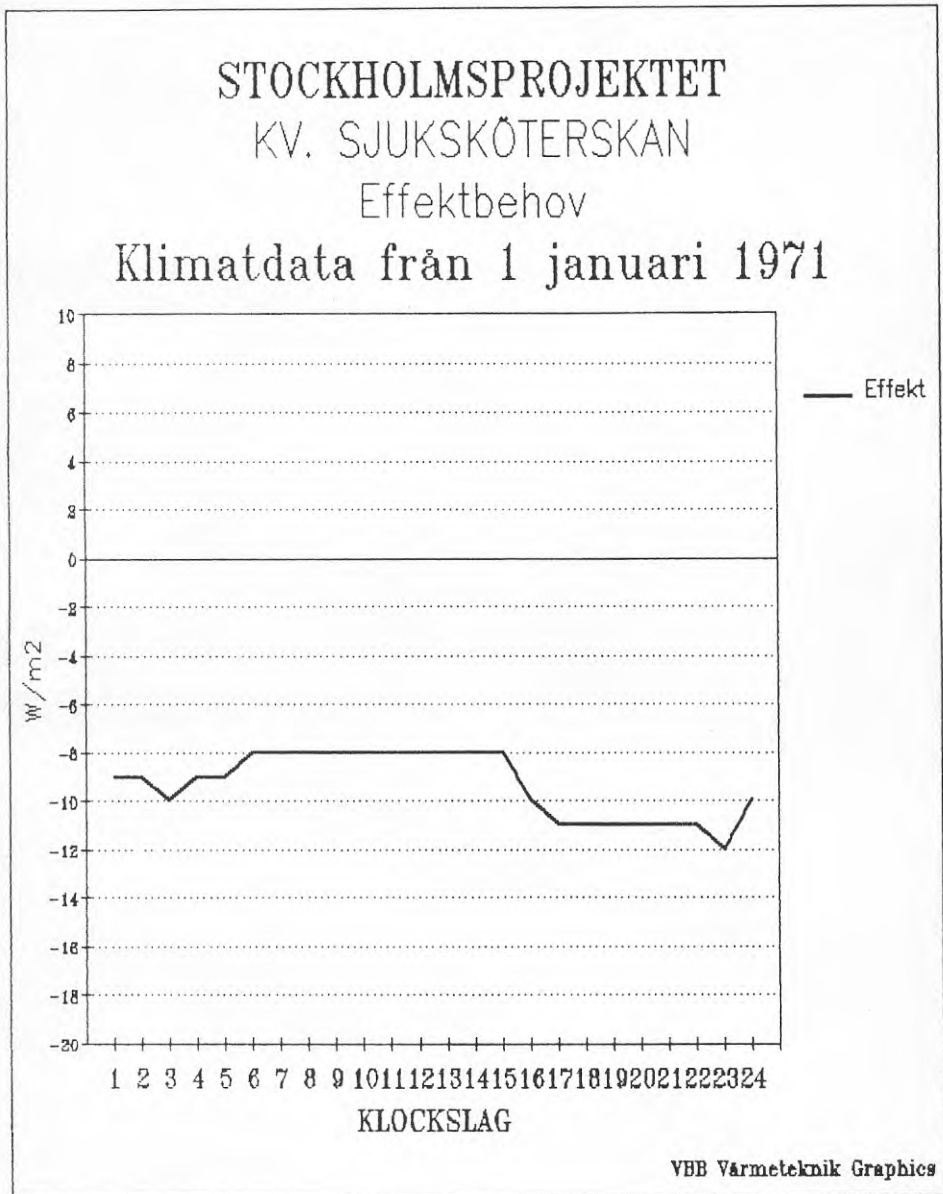
Figur 3.57 Kv Sjuksköterskan  
Total energibalans månadsvis  
Bortförd energi



Figur 3.58 Kv Sjuksköterskan  
Värmebalans månadsvis  
Tillförd energi



Figur 3.59 Kv Sjuksköterskan  
 Värmebalans månadsvis  
 Bortförd energi



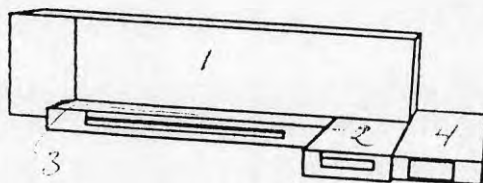
Figur 3.60 Kv Sjuksköterskan  
Effektbehov  
Klimatdata från 1 januari 1971



## 3.3.6 Kv Bodbetjänten

## 3.3.6.1 Geometrier

Beräkningarna har gjorts för ett plan när det gäller kontor och bostäder. Hela gården ingår i modellen. I figuren nedan visas en geometrisk figur av beräkningsmodellen med numrering av de olika delarna inlagda.



Figur 3.61 Geometrisk beskrivning av den använda modellen.

Volym	Yta (m <sup>2</sup> )	Volym (m <sup>3</sup> )
1	632	8 855
2	250	675
3	324	875
4	375	1 012

## 3.3.6.2 Övriga primärdata

Primärdata enligt nedanstående tabell har använts i beräkningarna.

	1	2	3	4
Tilluftflöde (kg/h)	24 000	385	598	4 000
(kI)	(07-18)	(00-24)	(00-24)	(07-18)
Temperatur	gård	ute	ute	+20
Ofrivillig vent (oms/h)	0,1	0,1	0,1	-
Interna ef- fekter (W)	2 000 (00-24)	1 000 (00-06) 2 150 (06-07) 660 (07-17) 2 150 (17-23) 1 000 (23-24)	1 700 3 450 1 150 3 450 1 700	9 500 (08-17)
Cirkulationsluft kontor-bostäder		800 (08-17)	1 200	
Kyleffektgård (kW) (vid gårds- temp >+6°C)	25	-	-	-

Följande data gäller beträffande isolertjocklekar.

Ytterväggar:	0,125 m tegel
	0,17 m isolering
	0,10 m betong
Väggar mot gård:	0,125 m tegel
	0,10 m isolering
	0,03 m gips
Tak gård	0,2 m isolering

### 3.3.6.3 Beräkningsresultat

#### Energibalansen

Energibalansen redovisas för bostadsdelarna, dvs volym 2 och 3 enligt figur 3.61. Beräkningarna har gjorts för ett våningsplan, utom för glasgården där beräkningarna har gjorts för hela volymen.

I figur 3.62 redovisas totala energibalansen för bostadsdelarna. Summa köpt energi uppgår till 81,0 kWh/m<sup>2</sup>, år av totalt 160,3 kWh/m<sup>2</sup>, år. Transmissionsförlusterna förefaller vara något högre än vad man kunde förvänta sig. Det är dock ur den normala utskriften svårt att analysera vad detta beror på. För att göra sådana detaljanalyser krävs förnyade beräkningar med nya indataparametrar.

Total energibalans månadsvis redovisas i figur 3.63 och figur 3.64. Det har tyvärr ej varit möjligt att redovisa ett resultat beträffande värmeöverföringen från kontor till bostäder via cirkulationsluft i hålbjälklag. I beräkningsmodellen lades ett hålbjälklag i bostadsdelarnas tak. Hålbjälklaget isolerades med 1 m polyuretan för att motsvara en perfekt isolering. Det visade sig dock vid analysen av resultatet att värmetransporten genom denna isolering till uteluften var större än värmetransporten från hålbjälklaget till bostäderna.

De beräknade energibalanserna för denna del blev därför felaktiga. Beräkning antyder dock att cirkulationsluften förefaller ha liten betydelse.

Dessa problem med beskrivningen av hålbjälklaget hade kunnat lösas genom att lägga en våning ovanför hålbjälklaget. Antalet beräkningsvolymerna blev dock därmed alltför stort. Förutom de fyra beräkningsvolymerna som syns i figur 3.61 används ett antal volymer som fiktiva beräkningsvolymerna för att beskriva ventilationssystemet. Maximala antalet beräkningsvolymerna är nio.

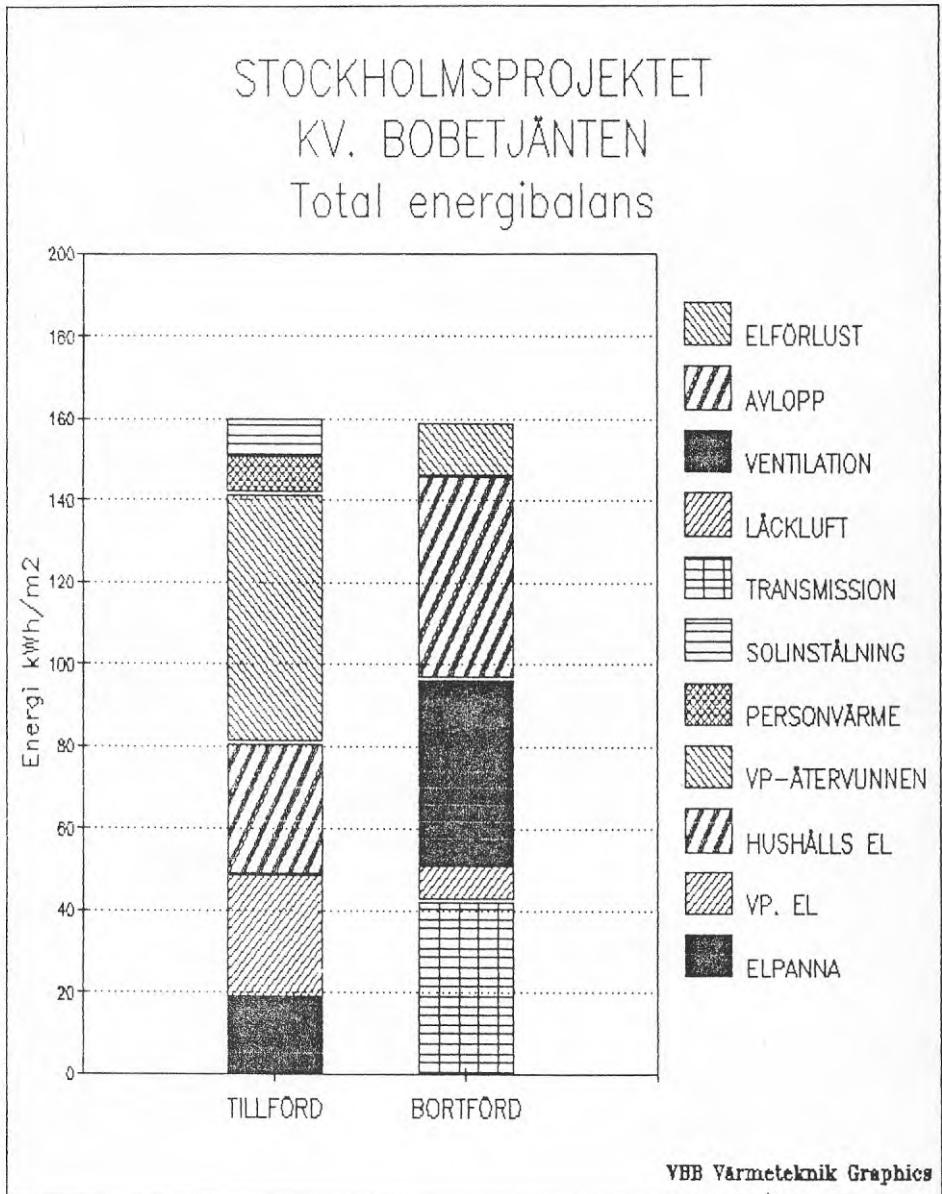
Nettoenergibalanserna för bostadsdelarna framgår av figur 3.65 och figur 3.66.

### Effektbehov

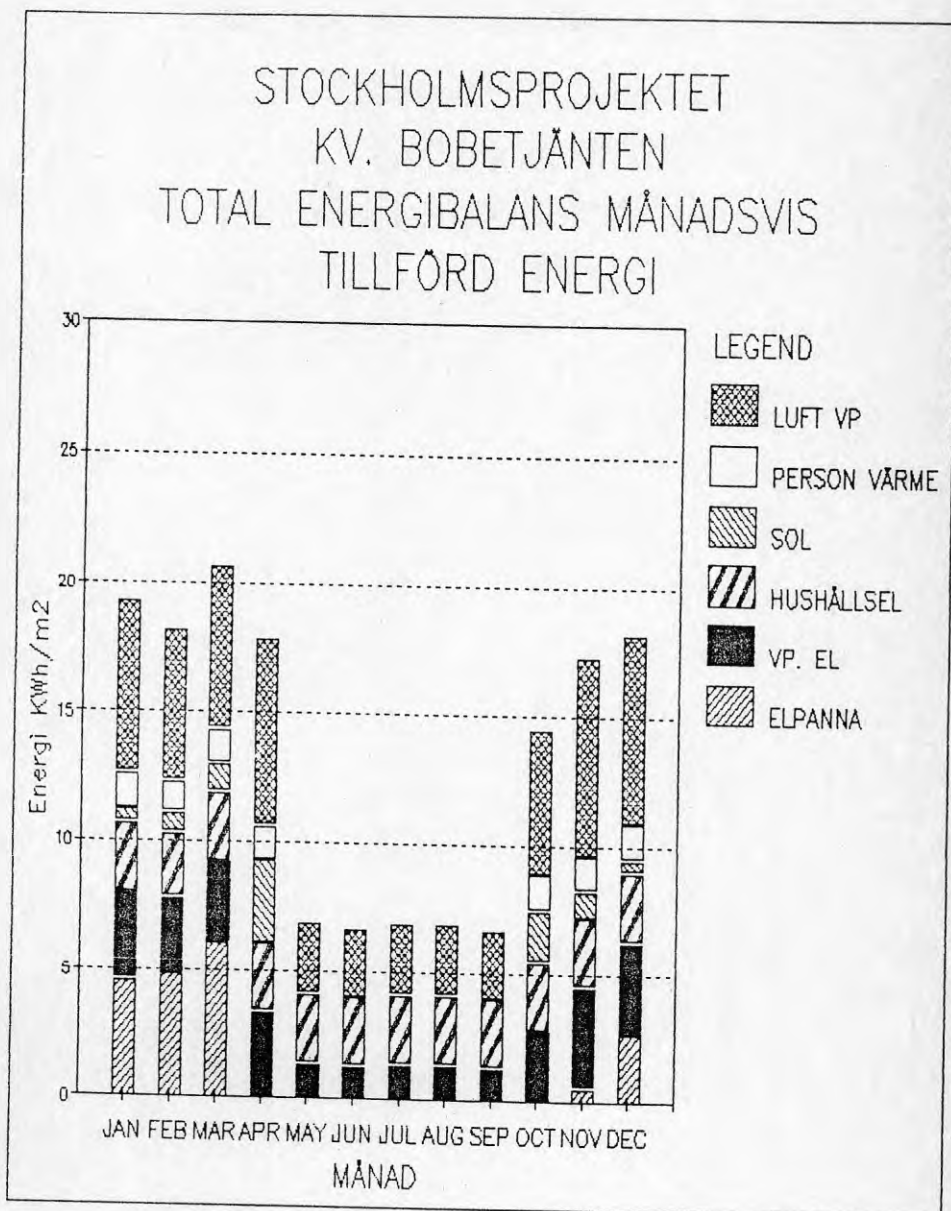
Under det kallaste dygnet (6/1) åtgår ca 2 500 kWh. Tillskottet från värmepumparna är ca 1 200 kWh, varav från gård ca 400 kWh. Återstår 1 300 kWh vilket motsvarar en dygnsmedeleffekt av  $1\,300/24 = 54$  kW. Max timeffekt inträffar kl 9 enligt beräkningarna och är ca 50 % högre.

### 3.3.6.4 Kommentarer

Bodbetjänten är komplicerad att beskriva både geometriskt och systemtekniskt. Detta leder också till mycket långa beräkningstider. Vid normal projektering finns det nog anledning att försöka hitta förenklingar då man skall göra beräkningar av denna typ.

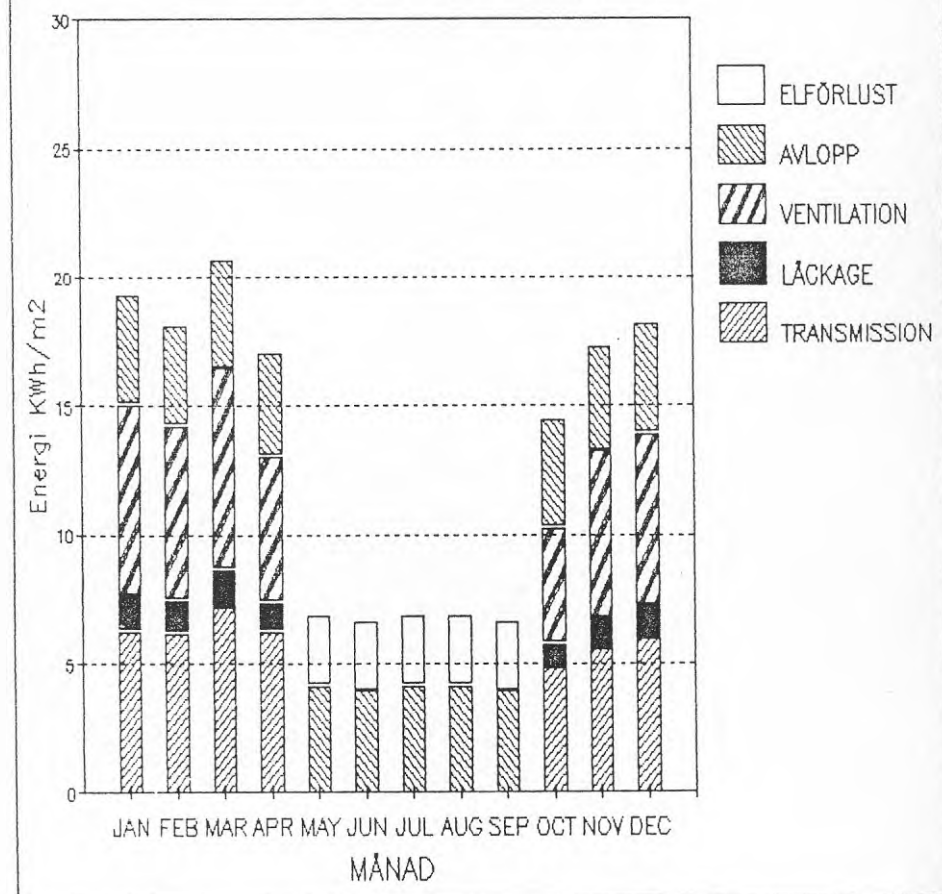


Figur 3.62 Kv Bobetjanten  
Total energibalans månadsvis  
Tillförd energi

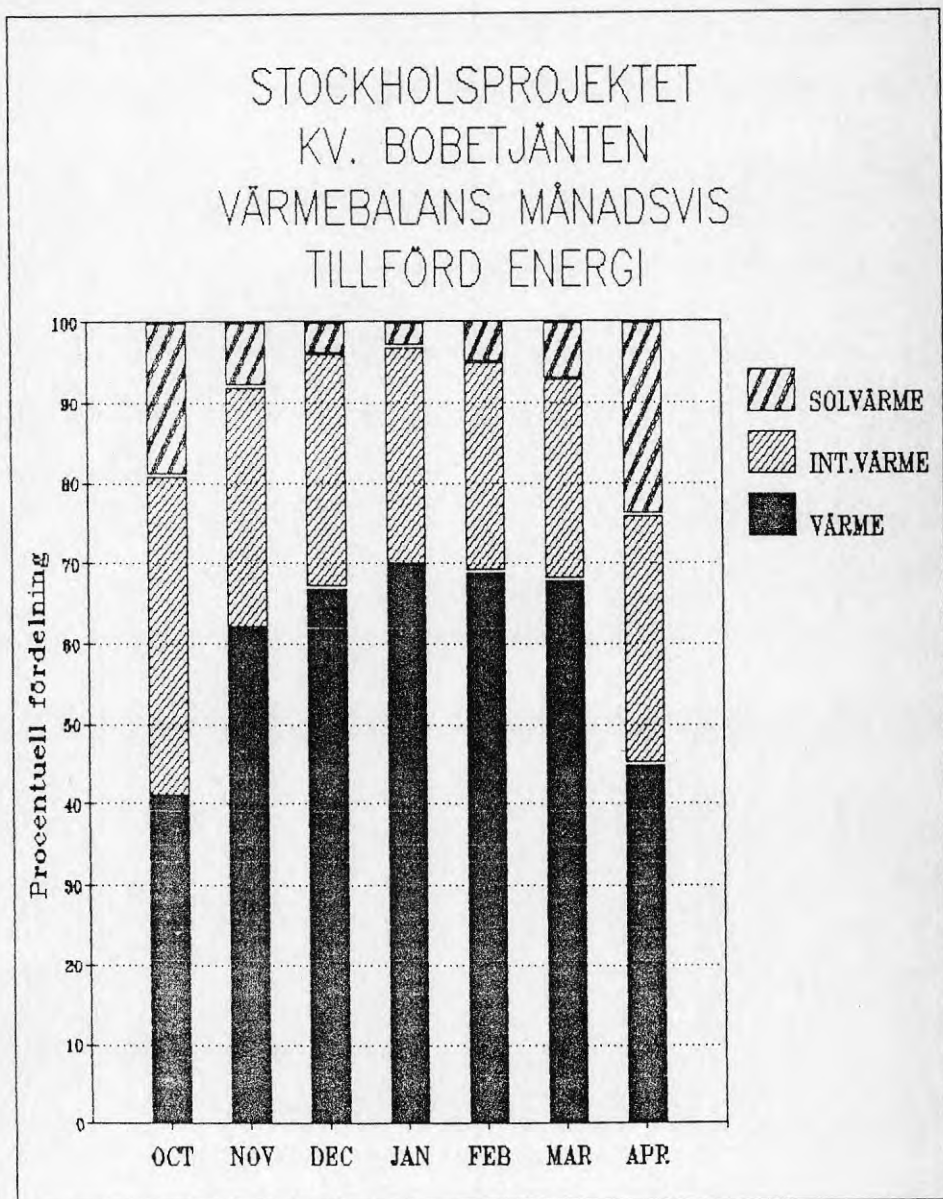


Figur 3.63 Kv Bobbetjänten  
Total energibalans månadsvis  
Tillförd energi

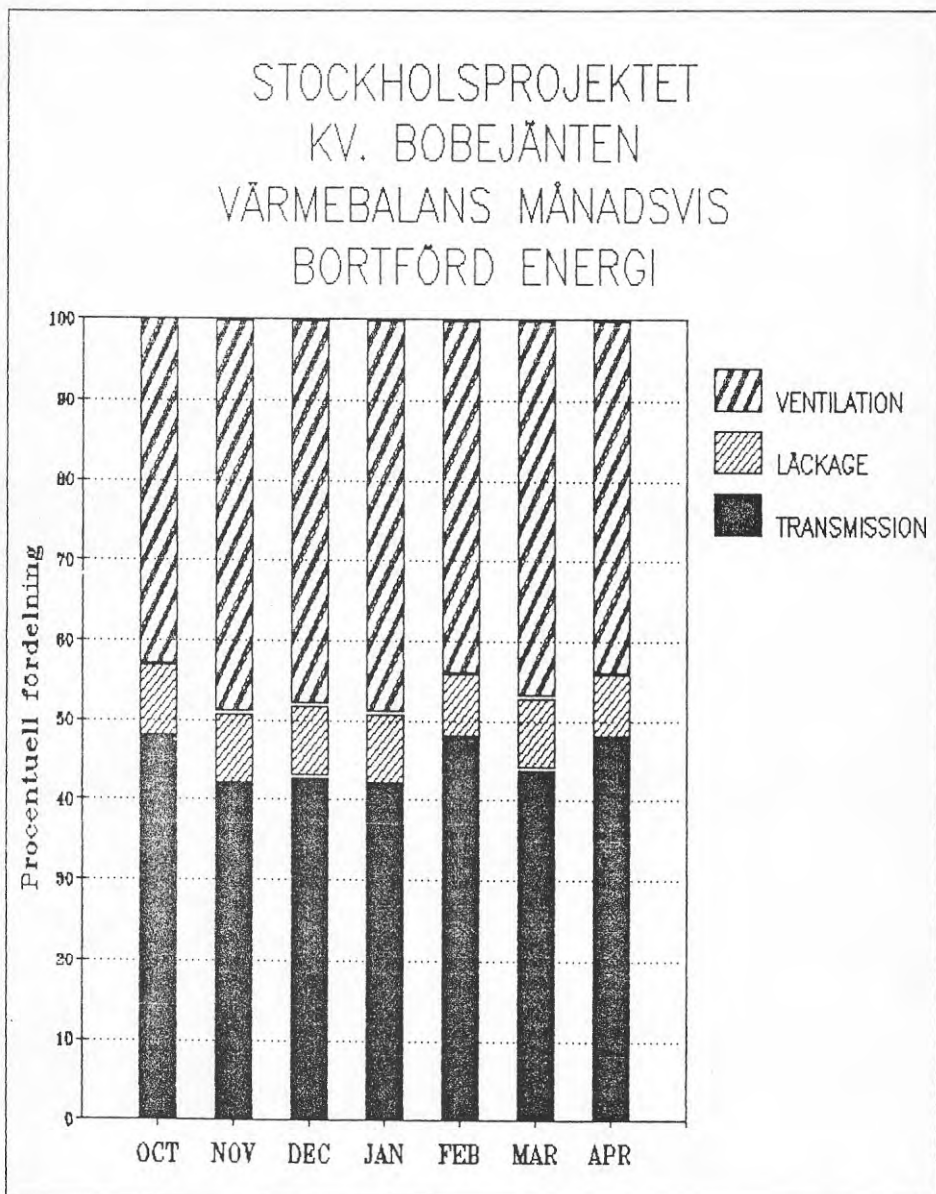
STOCKHOLMSPROJEKTET  
KV. BOBETJÄNTEN  
TOTAL ENERGI BALANS MÅNADSVIS  
BORTFÖRD ENERGI



Figur 3.64 Kv Bobetjänten  
Total eneribalans månadsvis  
Bortförd energi



Figur 3.65 Kv Bobetjanten  
Värmebalans månadsvis  
Tillförd energi



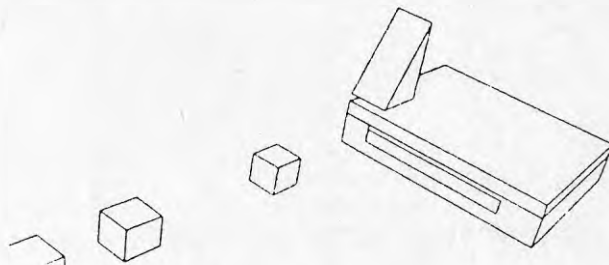
Figur 3.66 Kv Bobbetjänten  
Värmebalans månadsvis  
Bortförd energi



### 3.3.7 Kv Kejsaren

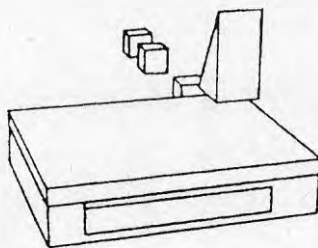
#### 3.3.7.1 Geometrier

I figur 3.67 visas en grafisk bild av den använda geometriska modellen sedd från söder.



Figur 3.67 Geometrisk beskrivning av den använda modellen för kv Kejsaren.

I figur 3.68 visas motsvarande bild sedd från norr.



Figur 3.68 Geometrisk modell sedd från norr.

Totala våningsytan i varje plan är  $211 \text{ m}^2$  i beräkningsmodellen.

#### 3.3.7.2 Övriga primärdata

Följande primärdata har använts vid beräkningarna.

Inställningsvärde rumslufttermostat:	20°C
Luftflöde (medel):	85 lit/s
Ofrivillig ventilation:	0,2 oms/h

Internvärme  
Hus SV(W)

kl 00-06	640
06-07	1 280
07-17	440
17-24	1 280

Ytterväggar: 45 cm lättbetong.

Beräkning har gjorts för ett våningsplan. Ovanför detta våningsplan finns ett hålbjälklag. Det triangelformade rätblocket högst upp representerar solfångaren. Ytan har minskats med hänsyn till att beräkningarna avser ett våningsplan. I detta fall har vi utnyttjat DEROBs egenskap att kunna beräkna solinstrålning mot lutande ytor.

De tre små kuberna representerar fiktiva beräkningsvolymerna som var nödvändiga att ha med för att simulera samspillet mellan luftsol-fångarsystem och ventilationssystemet. Normalt behövs ej sådana.

Solfångaren har beskrivits som en beräkningsvolym, vars snedställda vägg är glasad med ett 2-glas. Tilluften som värmts i värmeväxlaren får passera solfångaren då temperaturen i solfångaren är högre än temperaturen på tilluften som passerat värmeväxlaren. I övriga fall förbikopplas solfångaren och utnyttjas ej.

Efter solfångaren passerar tilluften en luft-vattenvärmväxlare där tilluften kan kylas genom förvärmning av tappvarmvatten. Denna kopplas in då temperaturen på tilluften överstiger värden enligt följande tabell.

Månad	Temperatur (°C)
jan, feb	35
mar, apr	25
maj, jun, jul, aug	18
sep, okt	25
nov, dec	40

Maximala kyleffekten för detta våningsplan är vald till 3 kW. Denna effekt valdes efter passningsräkning. Vid denna kyleffekt blev den energimängd som överfördes till varmvattnet under en solig dag ungefär lika stor som dygnsbehovet för tappvarmvattenberedning. Detta skall motsvara inverkan av tappvarmvattenackumulatören. Efter denna värmväxlare passerar tilluften hålbjälklaget och in i lägenheterna. Hålbjälklaget utjämnar de kraftiga temperaturvariationer på tilluften som kan uppstå under vissa tider.

## 3.3.7.3 Beräkningsresultat

## Energibalans

Totala energibalansen för året redovisas i figur 3.69. Beräkningarna har gjorts för ett våningsplan. Genom ändring av k-värden för golv och tak har korrektion gjorts så att energibalansen gäller för hela byggnaden.

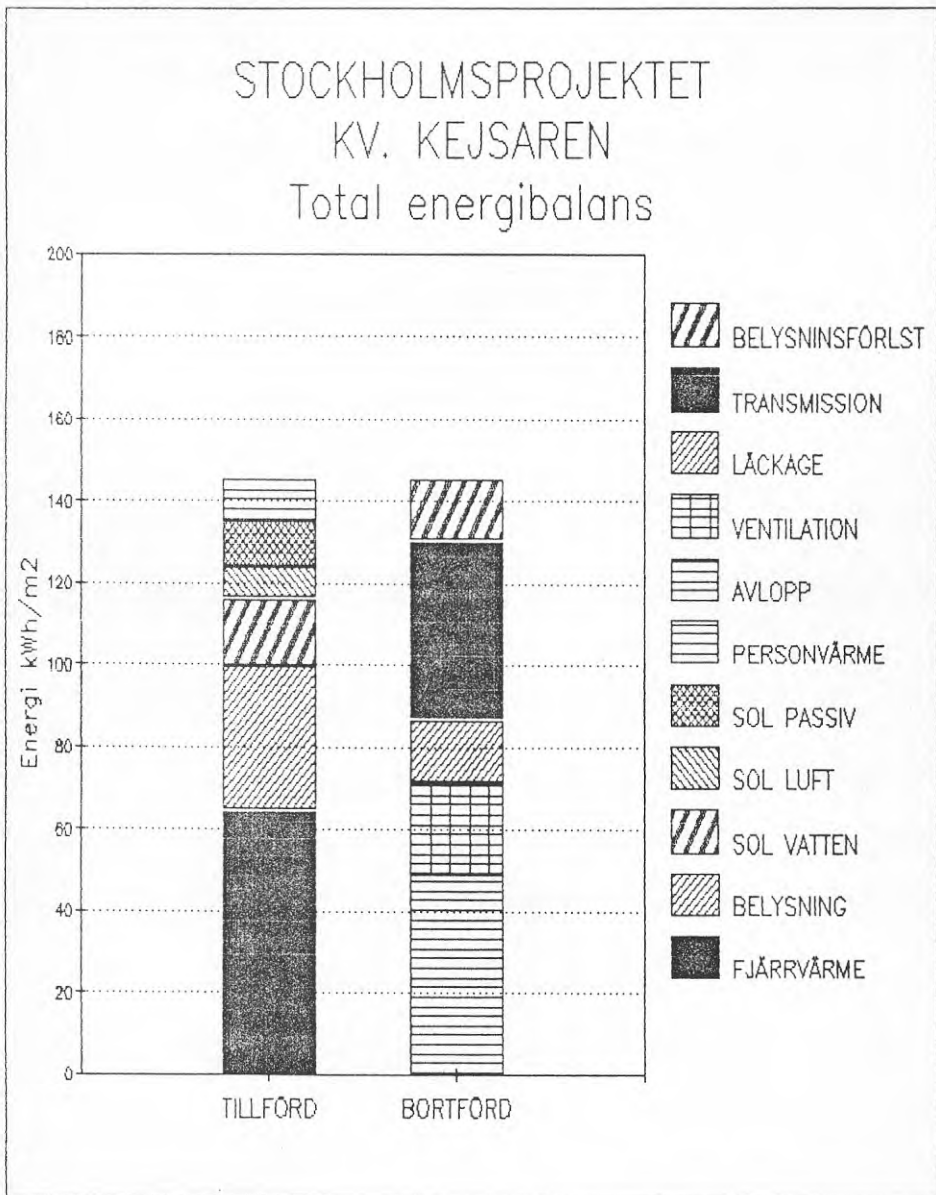
Den totala mängden köpt energi uppgår till 100,0 kWh/m<sup>2</sup>,år av totalt 145,4 kWh/m<sup>2</sup>,år.

Total energibalans månadsvis redovisas i figur 3.70 och 3.71. Sommartid täcks upp till 75 % av energibehovet för varmvattenberedning av solvärmesystemet. Solvärmestillskotten under vintermånaderna är litet. Det tillskott som då finns kommer främst via luftförvärmning. I figur 3.72 och 3.73 visas månadsvis netto värmebalansens procentuella fördelning. Solvärmestillskottet via förvärmning av tilluft är hela tiden mindre än tillskottet via fönster. För en solig dag i mars visas i figur 3.74 temperatur efter solfångaren och överförd effekt till tappvarmvattnet. Förutom till tappvarmvattnet överförs också effekt via förvärmning av tilluften.

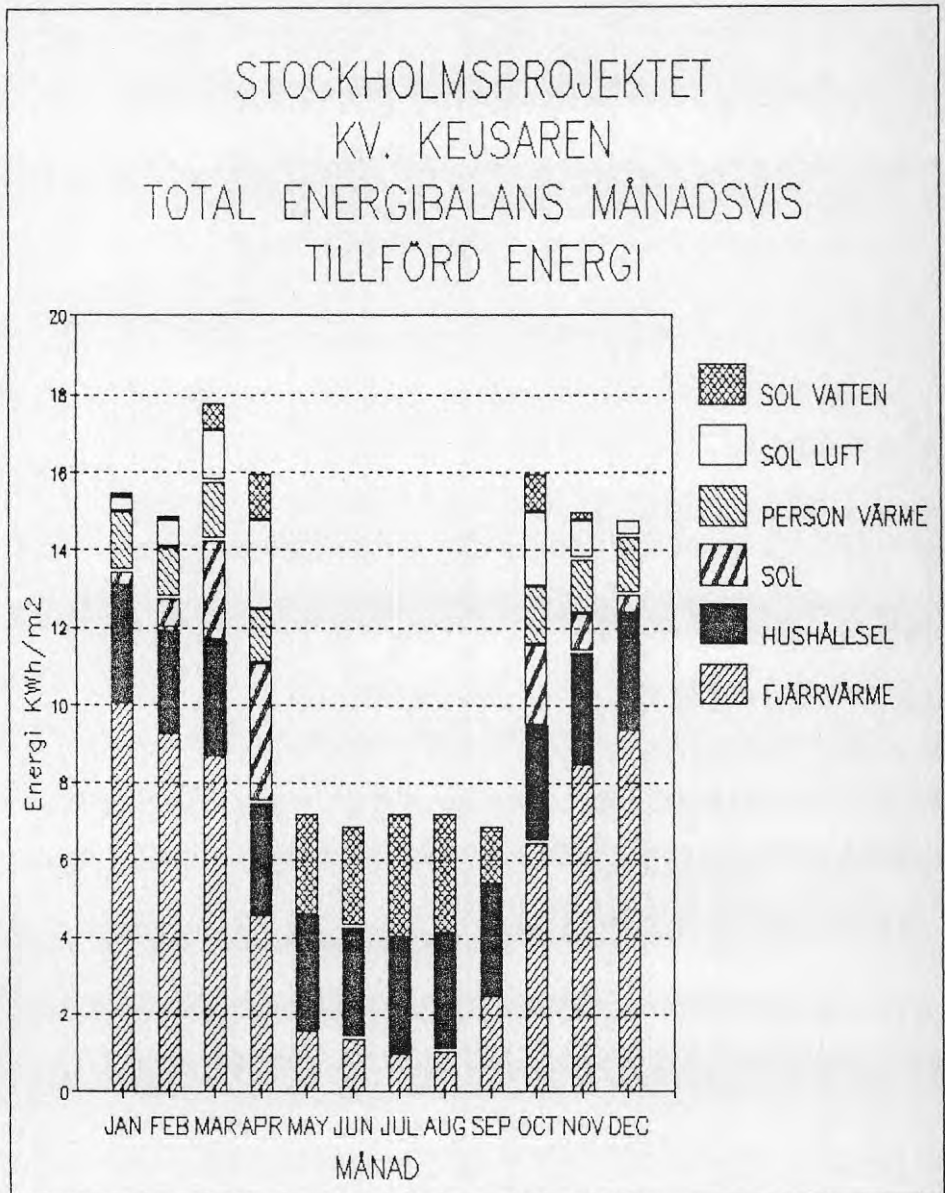
## Inomhustemperatur

I tabellen nedan redovisas beräknade medeltemperaturer inomhus för eldningssäsongen.

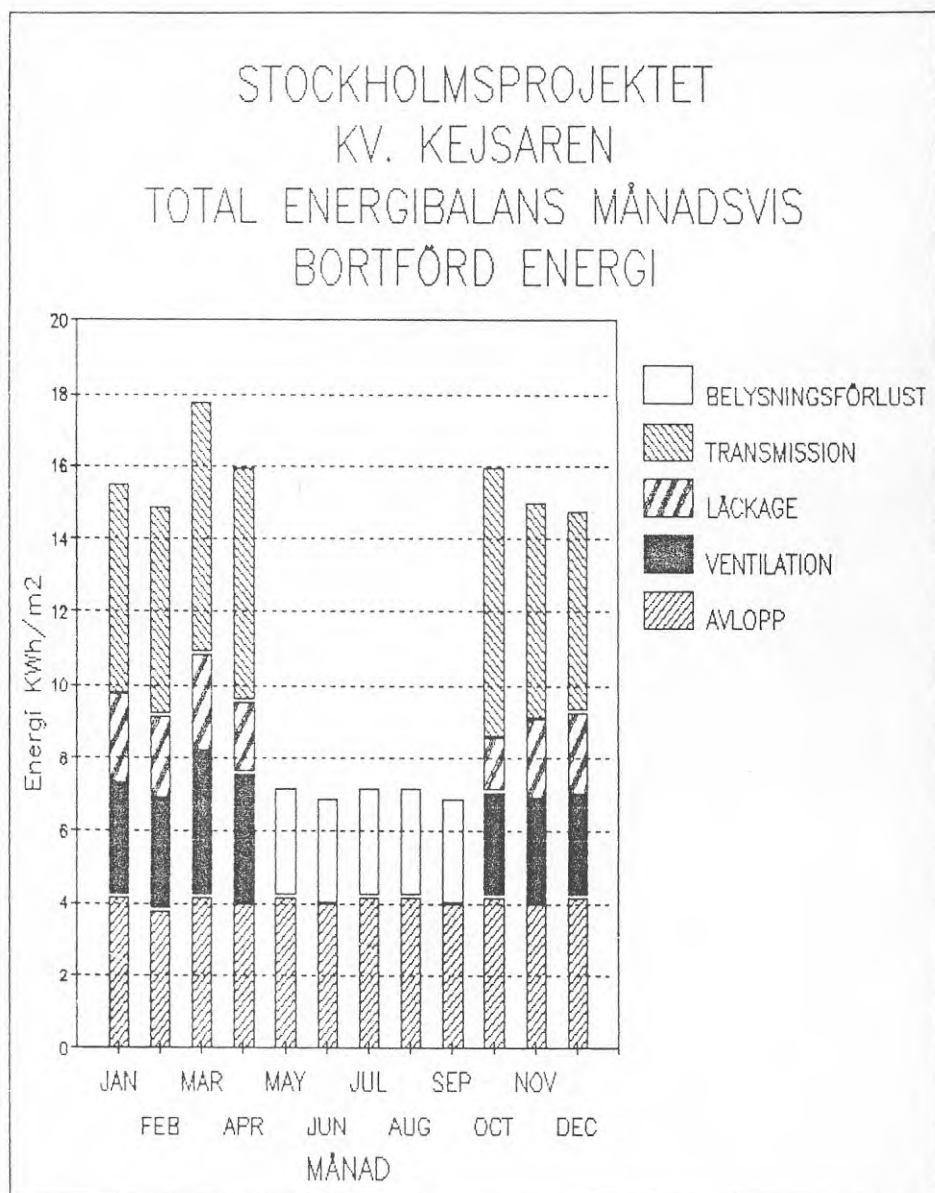
Månad	jan	feb	mar	apr	maj	sep	okt	nov	dec
Temp °C	20,0	20,0	20,0	20,3	25,5	23,4	20,1	20,0	20,0



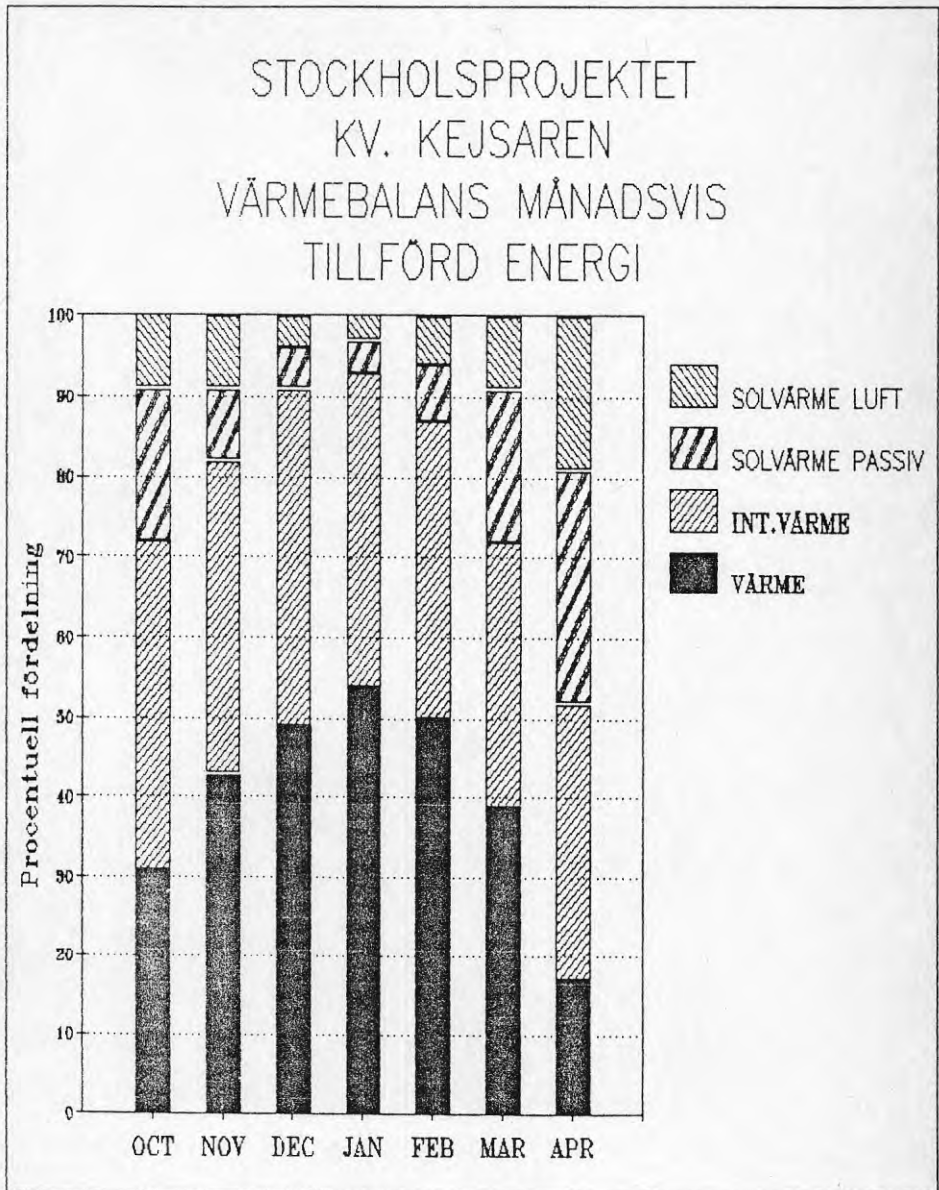
Figur 3.69 Kv Kejsaren  
Total energibalans



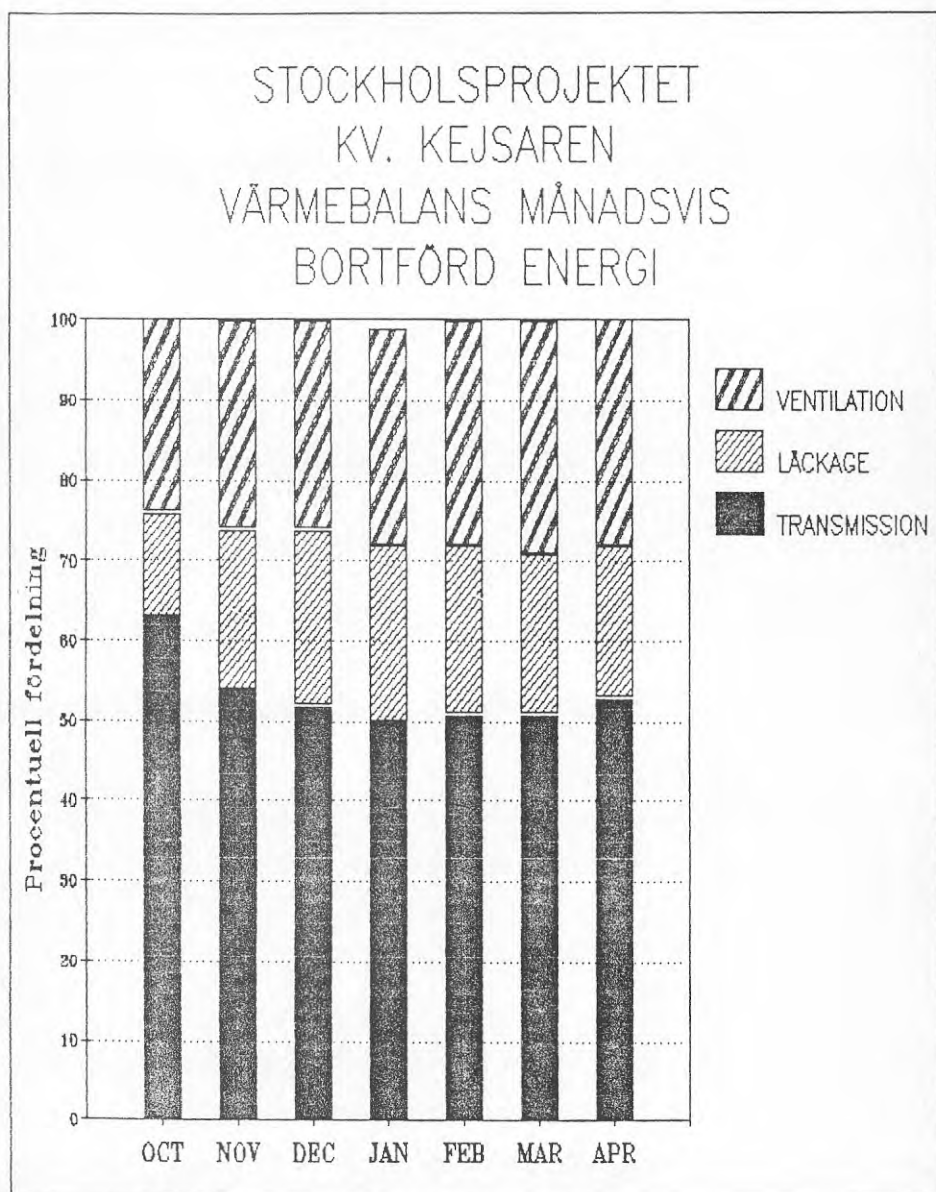
Figur 3.70 Kv Kejsaren  
Total energibalans månadsvis  
Tillförd energi



Figur 3.71 Kv Kejsaren  
Total energibalans månadsvis  
Bortförd energi

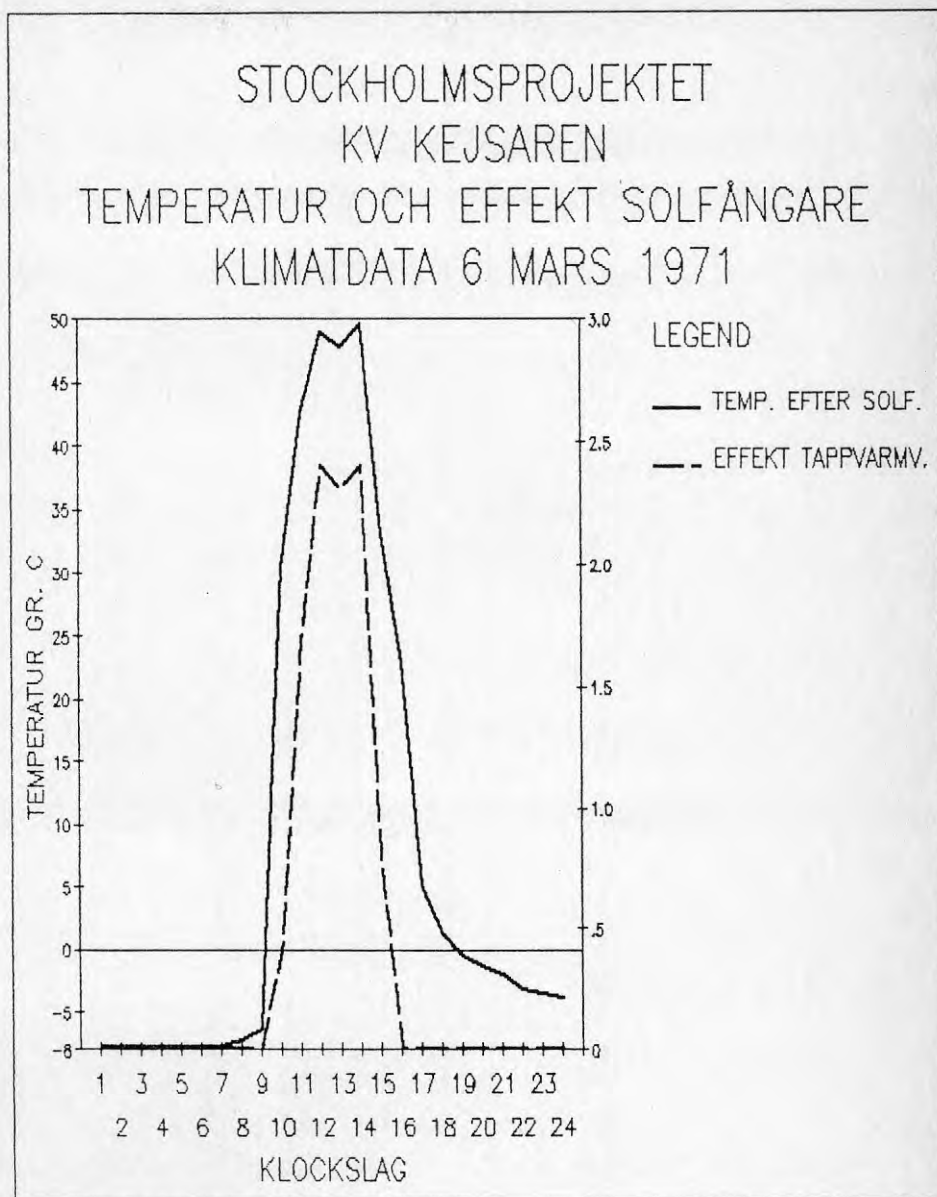


Figur 3.72 Kv Kejsaren  
Värmebalans månadsvis  
Tillförd energi



Figur 3.73 Kv Kejsaren  
Värmebalans månadsvis  
Bortförd energi



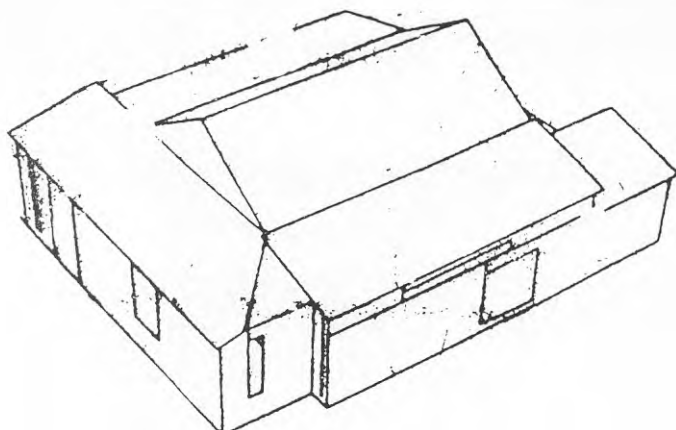


Figur 3.74 Kv Kejsaren  
Temperatur och effekt solfångare  
Klimatdata 6 mars 1971

## 3.3.8 Kv Höstvetet

## 3.3.8.1 Geometrier

I figur 3.75 nedan visas en geometrisk figur av beräkningsmodellen.



Figur 3.75 Geometrisk figur av beräkningsmodellen.

## 3.3.8.2 Övriga data

Väggar mot det fria

120 mm kalkstenstegel  
 20 mm luftspalt  
 13 mm gipsskivor  
 170 mm polyuretan med 5 % regelandel (vilket motsvarar 140 mm polyuretan utan regler)  
 13 mm gipsskiva  
 $k = 0,17 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Väggar mot gård

120 mm kalksandsten  
 20 mm luftspalt  
 170 mm mineralull med 7 % regelandel (vilket motsvarar 130 mm mineralull utan regler)  
 13 mm gipsskiva  
 $k = 0,30 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Fönster mot det fria

3 glas med glasavstånd motsvarande ett k-värde på  $2,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$ .  
 Glasarean är ca 75 % av fönsterarean.

Fönster mot gård

2 glas med glasavstånd motsvarande ett k-värde på  $3,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$ .

Vindsbjälklag

350 mm mineralull på betongbjälklag  $k = 0,12 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Glastak

2 glas med glasavstånd motsvarande ett k-värde på  $3,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$ . Glasarean är ca 75 % av fönsterarean.

InternvärmeFörutsättningar:

Personer:

kl 17-07 =  $1,25 \text{ W/m}^3$

kl 07-17 =  $1,25 \text{ W/m}^3$

Belysning:

kl 00-06 = 0

06-07 =  $0,65 \text{ W/m}^3$

07-17 =  $0,38 \text{ W/m}^3$

17-23 =  $1,25 \text{ W/m}^3$

23-00 =  $0,38 \text{ W/m}^3$

Hushållsel:

kl 00-06 =  $0,35 \text{ W/m}^3$

06-07 =  $2,59 \text{ W/m}^3$

17-23 =  $2,81 \text{ W/m}^3$

23-00 =  $0,35 \text{ W/m}^3$

Varmvatten:

00-24 =  $0,54 \text{ W/m}^3$

Gård:

kl 00-06 = 4 000 W

06-07 = 8 000 W

07-17 = 8 000 W

17-23 = 10 000 W

23-00 = 8 000 W

Rumsluft

Bostäder

20°C

Gård

Ingen uppvärmning

Ventilation

Bostäder

0,6 oms/h i genomsnitt

Gård

-

Ofrivillig ventilation

Bostäder

0,12 oms/h

Gård

0,2 oms/h

## 3.3.8.2 Beräkningsresultat

## Energibalans

Höstvetet har ett komplicerat uppvärmningssystem med värmepumpar och borrhålslager. Det krävs alltså ganska omfattande manuella bearbetningar av energibalanserna som erhålls ur DEROB för att hänsyn skall kunna tas till uppvärmningssystemets utformning. Följande data har antagits gälla för uppvärmningssystemet.

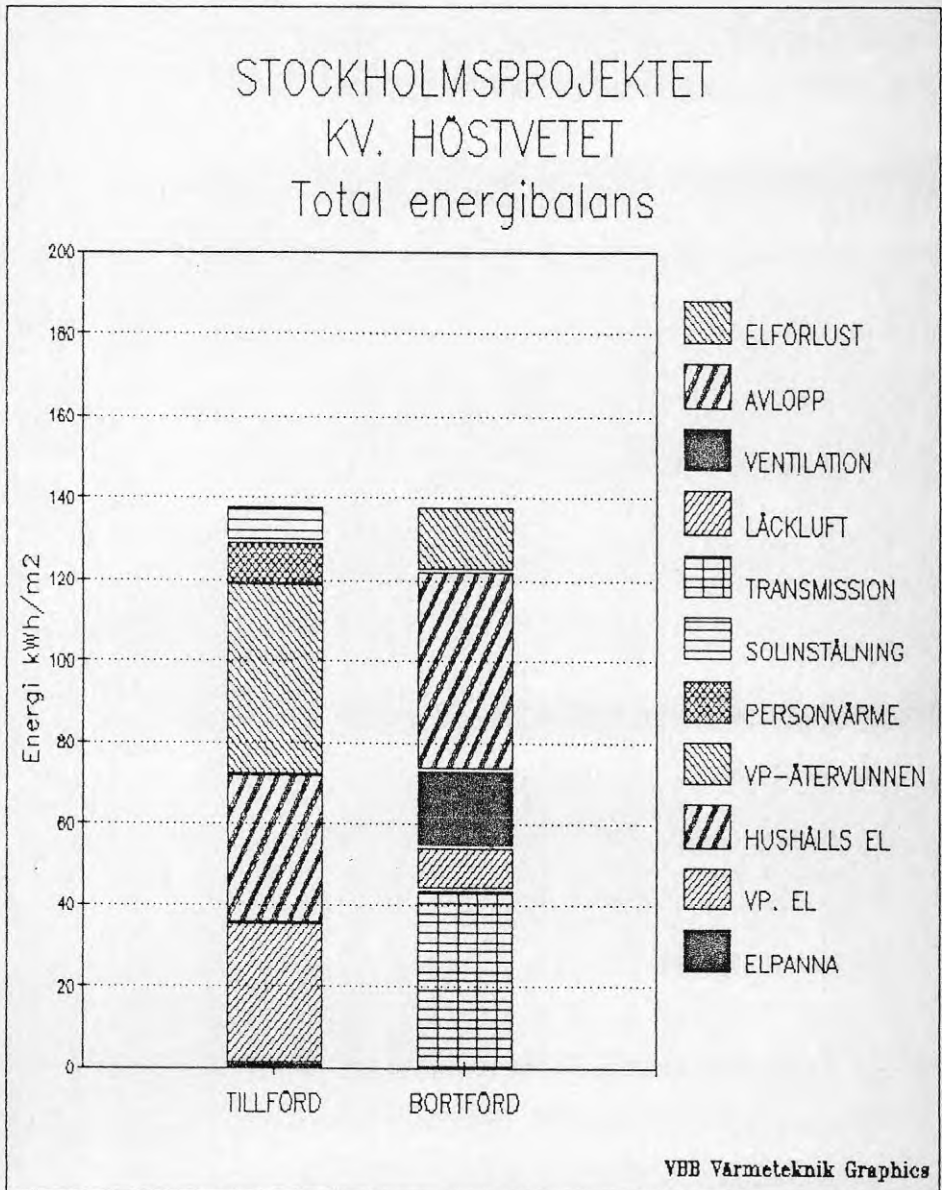
Installerad effekt värmepump:	75 kW
Värmefaktor värmepump (från lager):	3,0
"                    "          (från gård):	3,0
"                    "          (till lager):	4,5

Inga förluster från lagret antas uppstå p g a den låga genomsnittliga temperaturen i lagret.

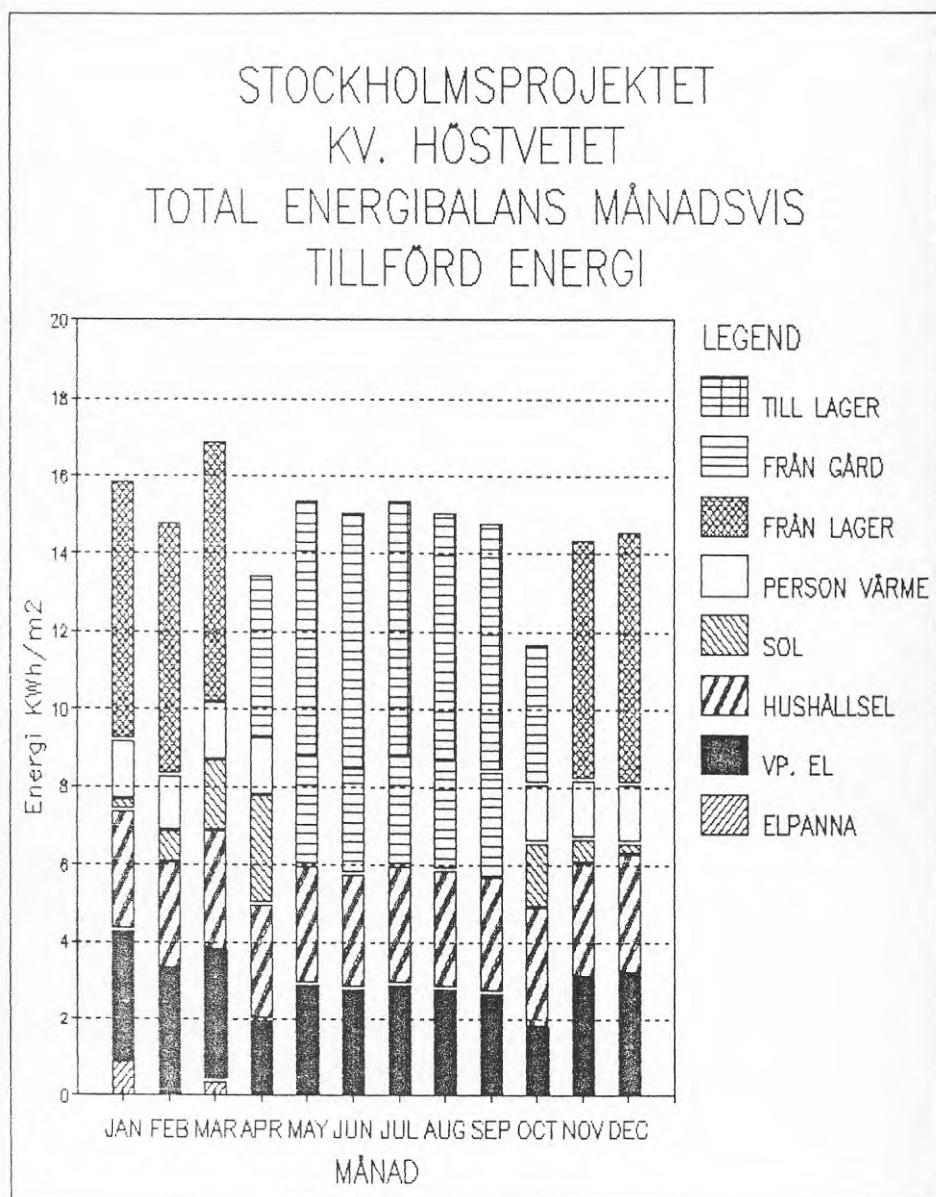
I figur 3.76 redovisas den årliga totala energibalansen. Den totala mängden köpt energi är 77,3 kWh/m<sup>2</sup>,år av totalt 141,9 kWh/m<sup>2</sup>,år. Den köpta energin är lägst av de studerade objekten.

I figur 3.77 och 3.78 visas de totala energibalanserna månadsvis. Energiomsättningen är hög under sommaren p g a lagrets laddning.

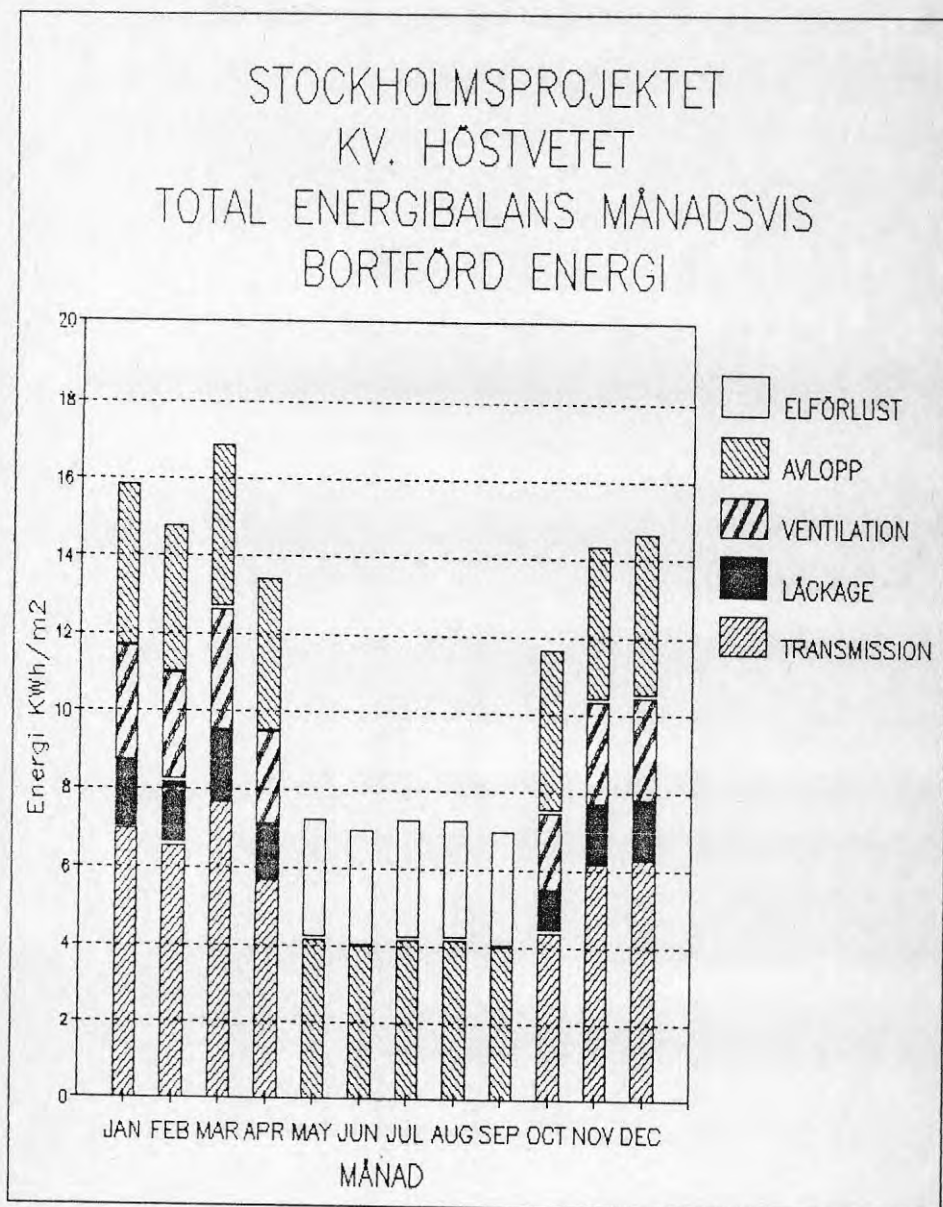
Nettobalansens procentuella fördelning redovisas i figur 3.79 och 3.80.



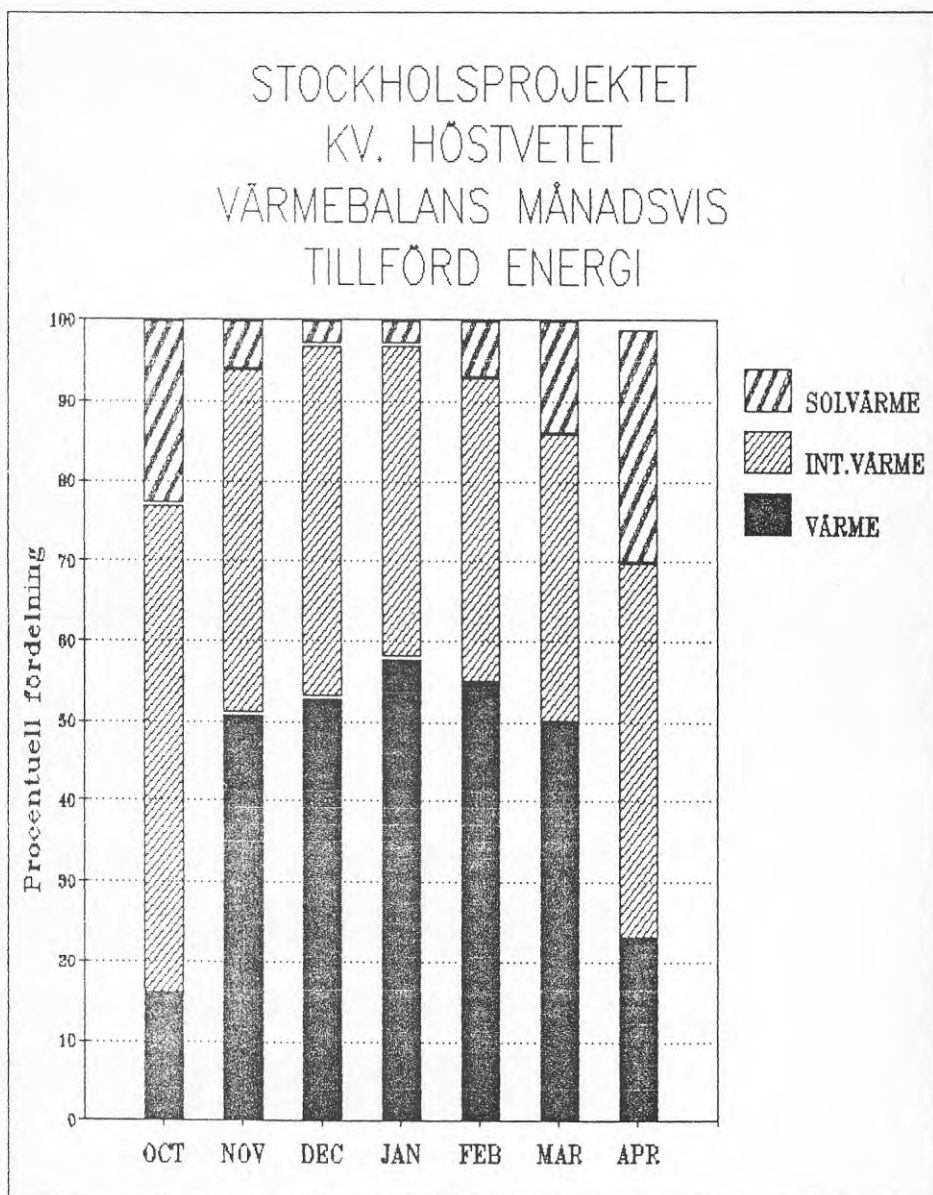
Figur 3.76 Kv Höstvetet  
Total energibalans



Figur 3.77 Kv Höstvetet  
Total energibalans månadsvis  
Tillförd energi

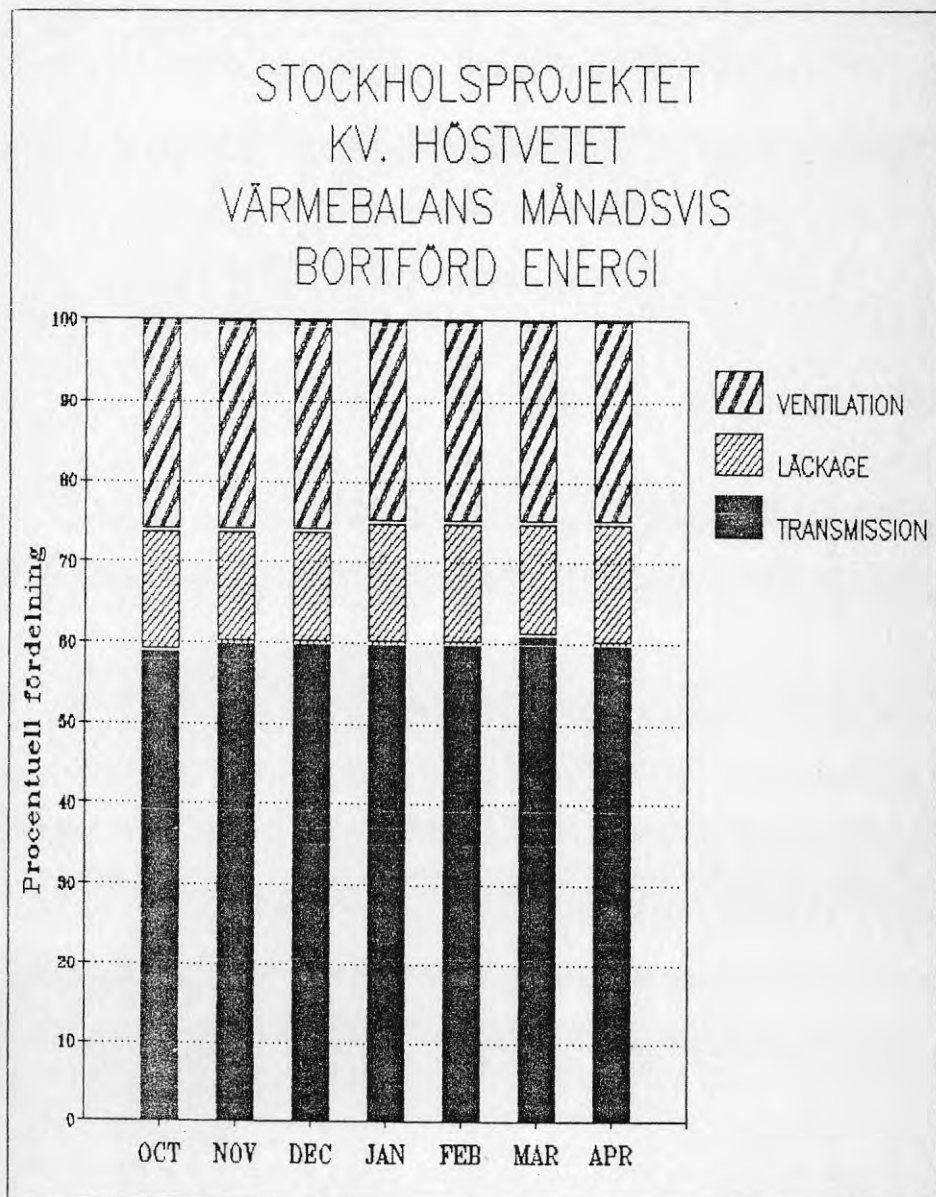


Figur 3.78 Kv Höstvetet  
Total energibalans månadsvis  
Bortförd energi



Figur 3.79 Kv Höstvetet  
Värmebalans månadsvis  
Tillförd energi





Figur 3.80 Kv Höstvetet  
Värmebalans månadsvis  
Bortförd energi



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820923-6  
från Statens råd för byggnadsforskning till Stockholms stad,  
Stockholm.**

**R59: 1986**

**ISBN 91-540-4583-5**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6706059**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 45 kr exkl moms**