



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**

**R2:1975**

**Metod för värdeanalys av  
värme- och ventilations-  
anläggningar**

**Torbjörn Boström  
David Södergren**

**Byggforskningen**

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND  
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

# Metod för värdeanalys av värme- och ventilationsanläggningar

Boström, T & Södergren, D

Val av system och princip för kvalificerade värme- och ventilationsanläggningar bör ske med uppmärksamhet på den totala kostnadsbilden, inkl alla sekundära kostnader, samt på den erhållna funktionen. En tidig korrekt prognos av kostnad och funktion ställer stora krav på använda analysmetoder och fordrar kännedom om en mångfald erfarenhetsvärden. Kalkylen bör även utföras så att resultaten blir jämförbara och verifierbara. En viss schematisering och standardisering är av dessa skäl önskvärd.

I en tidigare rapport (Bygghälsningen R 42/70) har fullskaleprov av frånluftsfönsters termiska egenskaper redovisats. Föreliggande rapport analyserar sådana systems funktion och kostnader i relation till två alternativa principer för uppvärmning och ventilation. Analysen exemplifierar rapportens inledande diskussion om metodval och beräkningsosäkerhet vid dylika kalkyler.

## Kostnadsprognos och beräkningsosäkerhet.

Kostnadskalkyler blir i regel meningsfulla först om osäkerheten kan begränsas till cirka  $\pm 10\%$ . Det är inte meningsfullt att arbeta med exakta metoder i några avsnitt av kalkylen om huvuddelen av prognosen utförs med stora approximationer och vice versa. Jämförande studier är lättare att utföra inom ramen  $\pm 10\%$  osäkerhet, eftersom vissa systematiska fel då kan utjämnas och kompenseras. Man bör emellertid eftersträva att samtliga delkalkyler genomförs med ungefär samma noggrannhet.

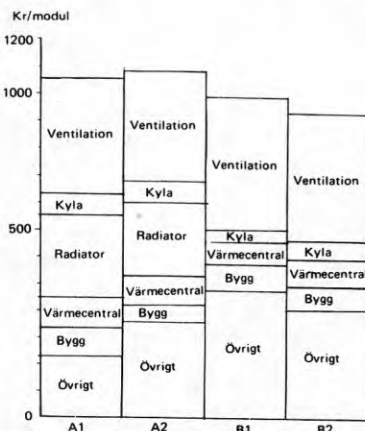
Vid beräkning av investeringens storlek bör man medtaga även sekundära kostnader, exempelvis projektledning, konstruktionskostnad, transportkostnad, etc. Vid beräkning av årskostnader måste osäkerheter beroende på val av avskrivningstider och kalkylränta vägas mot osäkerheter i beräkning av energibehov, servicekostnader, etc.

Erhållen funktion för anläggningen bör värdeanalyseras. Hygienisk och termisk komfort utgör resultatet av kostnadsinsatsen och är dess egentliga syfte.

## Metodval

I rapportens avsnitt om initialkostnader (anläggningskostnader) har arbetskostnaden beräknats efter gällande branschavtal, men med särskild uppmärksamhet på bl a lönebikostnader, omkostnads-pålägg och effekter av entreprenadutvidgningar. Sistnämnda faktor innebär att marginaeffekter beaktas.

Komponentpriser kan i regel bestämmas med stor säkerhet. Upphandlingsförfarande och mängdrabatter kan emellertid starkt påverka totalkostnaden. Till detta kommer den osäkerhet som bedömning av kostnadsutveckling i framtiden utgör. En osäkerhet i beräkningen på  $\pm 10\%$  får därför anses som ett bra resultat.



Anm. Kylkostnad avser begränsad ventilationskyla. Skillnader i fönsterkostnad ingår i »Övrigt».

- A1 Fönster med två klara glas i kopplade bågar. Radiator. Tilluftsdon vid radiator.
- A2 Fönster med isolerruta med två glas. Yttre glasets belag med reflekterande skikt. Radiator. Tilluftsdon i tak vid fasaden.
- B1 Frånluftsfönster med yttre klart isolerglas och inre klart enkelglas. Mellanglaspersienn. Tilluftsdon i tak vid fasaden.
- B2 Frånluftsfönster med yttre värmeabsorberande enekglas 6 mm och inre klart maskinglas 3 mm. Tilluftsdon i tak vid bakväggen.

FIG. 1. Initialkostnader för studerade system för uppvärmning och ventilation. Kylkostnad avser begränsad ventilationskyla. Skillnader i fönsterkostnad ingår i Övrigt.

# Bygghälsningen Sammanfattningar

## R2:1975

### Nyckelord:

installationer, värmesystem, ventilationssystem, ekonomiska synpunkter, kostnadsanalyser, frånluftsfönster, temperaturstyrning

Rapport R2:1975 hänför sig till forskningsanslag D 912 från Statens råd för byggnadsforskning till David Södergren, Paul Peterson Konstruktionsbyrå AB, Stockholm.

UDK 697.003  
69.028.23  
SFB (56)  
(57)  
ISBN 91-540-2402-1

### Sammanfattning av:

Boström, T & Södergren, D. *Metod för värdeanalys av värme- och ventilationsanläggningar*. (Statens råd för byggnadsforskning), Stockholm. Rapport R2:1975, 92 s., ill. 20 kr exkl. moms.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

### Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, 111 84 Stockholm  
Telefon 08-24 28 60

Grupp: installation

Kostnaden för energi och energiför-  
sörjning utgör en kostnadspost av väx-  
ande betydelse. Den genom belys-  
ningsanläggningen tillförda energin svar-  
ar för en betydande del av den värme-  
mängd som erfordras för uppvärmning  
av rum och ventilationsluft. Solenergi  
instrålad genom fönster är en annan  
form av energitillskott som kan utnytt-  
jas för uppvärmning. Om sådana energi-  
tillskott kan lagras eller fördelas i  
byggnaden föreligger möjligheter till re-  
ducering av kostnaden för energi.

Styrsystemets funktion och utformning  
har stor betydelse för energiekonomin,  
bl a genom inverkan på frekvensen av  
övervärmda rum och möjligheter till  
fördelning av energiöverskott i byggnaden.  
En rumsindividuell temperaturstyrning  
ger möjlighet till stora energibesparin-  
gar, vilka får vägas mot merkostnaden  
för erforderlig utrustning.

En icke-stationär beräkning av rum-  
mets värmebalans i syfte att bestämma  
reellt energibehov är en komplicerad  
kalkyl, vilken måste utföras i någon  
form av dator. Det är nödvändigt att  
ta hänsyn till faktorer som variatio-  
ner i bjälklagstemperatur, värmegenom-  
gångstal, återluftandel, ofrivillig venti-  
lation, tillufts- och rumstemperatur, etc,  
för att optimalt kunna bestämma styr-  
systemets utformning och reglerprinci-  
per. I föreliggande studie har samtliga  
undersökta alternativa system analyse-  
rats för sex av årets månader.

### Värdeanalys av frånlufts-fönstersystem

I byggnader med frånlufts-fönstersystem  
används enbart luft som värmebärande

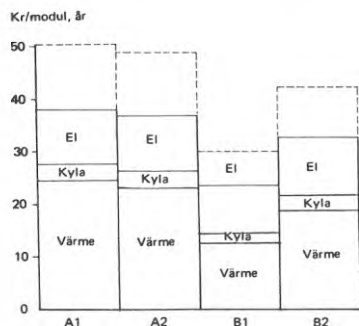


FIG. 2. Energikostnader. Värmeenergin förut-  
sätts kosta 0,031 kr/kWh. Inverkan av 30 % pris-  
ökning markeras med streckad linje. Kostnad  
för kyla avser begränsad kyleffekt. Eleffektavgif-  
ten är beräknad efter 130 kr/kWh. Effektivitets-  
faktorn för värmecentral ingår ej.

för temperaturstyrning såväl under  
sommars som vinter. Tilluften förs in  
i rummet genom don placerade i tak eller  
vägg. Rumsluften leds in i fönstret  
genom en speciellt utformad slits mellan  
inre båge och karmstycke, passerar mel-  
lan glaset och ansluts genom en öpp-  
ning i övre båge och karmstycke till  
frånluftssystemet i byggnaden. På detta  
sätt temperaturkonditioneras den inre  
glasytan och komfortstörningar genom  
kallras och värmestrålning reduceras till  
nivåer väl inom gränsvärden för värme-  
komfort. Även i randzonen vid fönster  
och fasad medger komforten fri utnytt-  
ning av rumsytan.

Värmebehovet i ett kontorsrum, 2 mo-  
duler å 1,2 m, med 30 % glas är ungefär  
25 kWh per vecka om transmissionsförlu-  
sten utåt skall kompenseras. Värme-  
behovet avser förhållanden vid +0,6°C  
ute och dygnsvariation 3°C, vilken tem-  
peratur motsvarar undre kvartal för året  
i Karlstad och alltså inträffar eller un-  
derskrides cirka 13 veckor per år.

Värmetillskott från elbelysning 500 lux  
och en person 50 h/vecka motsvarar 18  
kWh. Solinstrålning ger vid median-  
molnmängd 5/8 (+0,6°) och sydfasad i  
januari 20 och i mars 41 kWh. Energi-  
överskottet 12 respektive 33 kWh kan  
användas för uppvärmning av venti-  
lationsluft. Detta värmebehov uppgår to-  
talt till 33 kWh.

Rummets värmebehov är anmärknings-  
värt lågt i relation till konventionellt  
beräknat värmebehov. Eftersom in-  
strålad solenergi till stor del redan i  
fönstret övergår till frånluften kan den  
genom återluftsföring enkelt utnyttjas  
för uppvärmning av ventilationsluft.

Analysen visar rummets energiom-  
sättning timma för timma med hänsyn  
till momentana energitillskott respektive  
energiförluster finner man att frånlufts-  
fönstersystem visar låga energibehov.  
Övervärmning av rum kan undvikas  
samtidigt som outnyttjade lokaler håller  
acceptabel temperatur ( $\geq 18^\circ\text{C}$ ) efter  
minst en tredygnsperiod. Utnyttjar man  
betongstommens stora värmekapacitet  
och väljer ett sensibelt temperatur-  
styrsystem anpassat till av människan  
kännbar temperatur kan man principi-  
ellt bättre använda energitillskott från  
elbelysning och sol.

Människans krav på värmekomfort  
vid aktiviteter motsvarande kontorsarbete  
har utförligt studerats av flera forskare,  
vilka anger relativt väl överens-

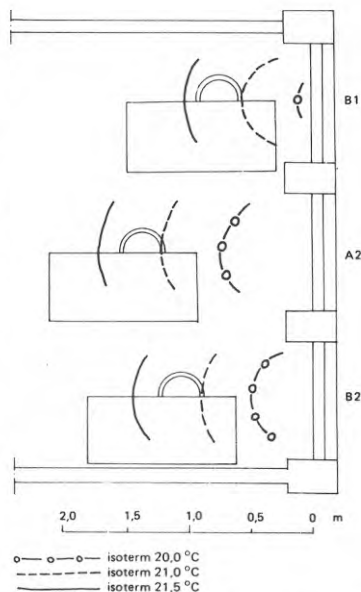


FIG. 3. Medelsstrålningstemperatur för tre alter-  
nativa konstruktioner baserade på mätningar i  
ett kontorhus i Karlstad. Utetemperatur  $-20^\circ\text{C}$   
och innetemperatur  $+22^\circ\text{C}$ .

stämmande gränsvärden. Inverkan av  
speciella förhållanden som exempelvis  
starkt asymmetrisk strålningsfält har  
mindre väl dokumenterats. En person  
som sitter intill ett fönster utsätts under  
långa perioder för avsevärda strålnings-  
värmeförluster mot den vintertid kalla  
inre glasytan.

Värmesystem för rum vilka arbetar en-  
ligt den kompensering principen, exem-  
pelvis radiatorsystem, syftar till att  
utjämna energiförluster till en kall yta  
eller kall luftström genom införande av  
energitillskott från varma ytor eller  
varm luftström. Denna princip medför  
svår bemästrade styrproblem.

Vid frånlufts-fönster reduceras tem-  
peratursvängningen i ytor och rumsluft ef-  
tersom en av de utlösande faktorerna,  
det inre fönsterglasets temperaturkondi-  
tioneras med rumsluften. I outnyttjade  
rum tillförs kompensering värme med  
elvärmare, 100 W/modul å 1,2 m, i till-  
luften styrd av rumstermostat.

Rapporten redovisar metoder för opti-  
mal bestämning av lämpligaste utföran-  
de för klimatanläggningen i en byggnad.  
En enligt redovisade principer genom-  
förd systemlösning och konstruktion  
ger en byggnad där funktion vägs mot  
kostnad och där den totala energikost-  
naden särskilt beaktats.

# Method for value-analysis of heating and ventilating systems

Boström, T & Södergren, D

When choosing a system for heating and ventilating, due attention should be given to the total cost, including all secondary costs, and to the thermal and hygienic function of the resulting system. In order to get an early correct cost- and function-prognosis the used theoretical methods and empirical values must meet with high demands on first and foremost the reliability. The calculation should be done in a way that facilitates comparison and verification. For this reason, a certain amount of schematization is desirable.

An earlier report (Building Research Report R42:1970) dealt with results from full scale tests of the thermal properties of the ventilated window. The present report analyses function and cost of such systems, in relation to principally different HVAC systems. Examples are given in accordance with the opening discussion over choice of method and reliability.

## Cost forecast and reliability of prognosis

Cost estimates are only meaningful if approximations can be limited to a maximum of a  $\pm 10\%$  error. If the main part of the cost calculation is based on rough approximations there is no use in using exact methods in part of the calculation. Comparative studies are easier to carry out within the limit of a  $\pm 10\%$  error, because of a certain compensation of systematic errors. However, all sub-calculations ought to be executed with approximately the same reliability.

When calculating investment costs, all secondary costs should be included. Such costs are i. a. management costs, design costs, transportation costs, etc.

When estimating the annual expenditure, uncertainties due to depreciation period and the calculated interest rate should be weighed against other uncertain factors like the quality of the method used for calculating energy requirements, etc.

The final performance of the system should also be analysed. The hygienic and thermal climate produced by the HVAC system are the real results of the money invested in the installations.

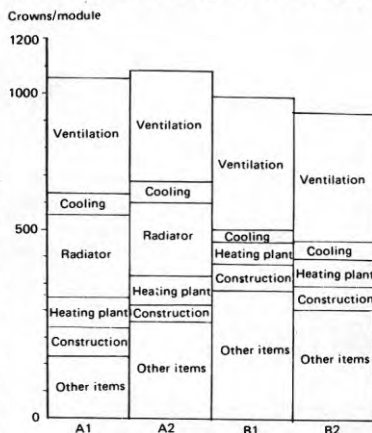
## Choice of method

Labor costs has in the report been calculated in accordance with the valid wage agreements for the trades. Special attention has been given to influences

from social costs and other indirect costs, as well as to the effects from extended contracts, i. e. marginal costs. The latter factor affects investment costs too.

Installation costs calculated from component prices are rather precise. However, when contracting for large quantities the price can vary substantially. The form of contract as well as different bids for tender may thus greatly influence the total cost. Furthermore, all predictions of future cost development are very uncertain. A variation within the limit  $\pm 10\%$  must be considered quite acceptable.

Energy costs are an increasingly important item. Control and reduction is



Note. Cooling is a limited cooling by ventilation. Variations in window cost is included in other items.

- A1 Window with two unshaded panes in double-sash window. Radiator. Supply air diffuser by the radiator.
- A2 Window with thermopanes and double glazing. The exterior glass has a reflecting layer. Radiator. Supply air diffuser under the ceiling on the facade wall.
- B1 Exhaust air window with a non-shaded exterior thermoglass and interior unshaded single glass. Venetian store between the panes. Supply air diffuser on facade wall near the ceiling.
- B2 Exhaust air window with exterior heat-absorbing pane 6 mm, and interior non-shaded machine glass 3 mm. Supply air diffuser on partition wall near the ceiling.

FIG 1. Initial cost for the studied system for heating and ventilation. Cooling is a limited cooling by ventilation. Variations in window cost is included in other items.

## Swedish Building Research Summaries

R2:1975

Key words:

installations, economic point of view, heating systems, ventilation systems, cost analysis, ventilated windows, temperature control

Report R2:1975 refers to Research Grant D 912 from the Swedish Council for Building Research to David Södergren, Paul Peterson Konstruktionsbyrå AB, Stockholm.

UDC 697.003  
69.028.23  
SfB (56)  
(57)  
ISBN 91-540-2402-1

Summary of:

Boström, T & Södergren, D. *Metod för värdeanalys av värme- och ventilationsanläggningar*. Method for value-analysis of heating and ventilating systems. (Statens råd för byggnadsforskning) Stockholm. Report R2:1975. 92 p., ill. Kr. 20.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, S-111 84 Stockholm  
Sweden

possible if heat from artificial lighting and solar radiation could be properly utilized. Great possibilities exist for a more efficient use of these sources. The described ventilated-window-system shows certain advantages when dealing with the problem of distribution in time and space of such unintentional heat.

The design and operation of the control system for the heating installations are of great importance to the energy requirements. Reduction of the number of over-heated rooms and distribution of additional unintentional heat throughout the building are important factors. A sensitive individual room-temperature control system is necessary if these advantages should be obtained.

### Value analysis of ventilated window systems

The ventilated window system utilizes air as only medium carrying heat throughout the building and controlling the respective room temperature both in winter and summer. Common supply air diffusers are used. Diffusers with built-in electrical heaters are available as an alternative to heaters in the preceding duct. The extract air from the room passes through a specially designed slit between the sill and the lower sash; it goes between the two innermost panes and is channeled upwards into the exhaust air duct, through slots in sash and frame. In this manner the innermost glass-surface gets almost the same temperature as the room air and room surfaces. The thermal comfort in the room is not severely influenced by down-draughts or radiation from the window. The thermal comfort is very acceptable in the zone close to the win-

Crowns/module, year

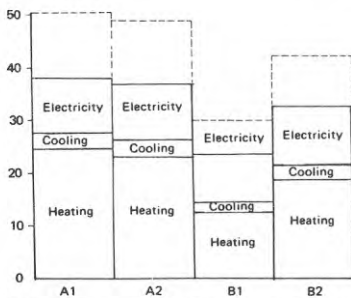


FIG. 2. Energy cost. Heating energy cost is 0.031 crowns/kWh. The influence of a 50% price rise is marked by the dashed line. Cost for cooling refers to limited cooling effect. The basic power fee is 130 crowns/kW. No power fee for heating plant is included.

dow too. That means in distances less than 1 meter, which affects the possible use of floor area.

The energy requirements for a room, 2.4 × 4.5 m with height 2.7 m and 30% window area, is approximately 25 kWh per week if the heat losses to outside should be compensated for. These values are valid when outdoor temperature is +0.6°C and 24-hour variation is 3°C, which corresponds to conditions at lower quartile for Karlstad, Sweden (59° 22'N). The frequency is about 13 weeks per annum or less.

The presence of one person 8 hours a day, for five days a week, plus electrical lighting of 500 lux, add thermal energy corresponding to 18 kWh. Solar radiation at a mean cloud cover value of 5/8 (+0.6°), south facade, adds 20 kWh in January and 41 kWh per week in March. The surplus energy, 12 and 33 kWh per week respectively, could be used to heat the supply air. The total need for this purpose is 33 kWh.

It should be noted that energy consumption is remarkably low, compared to traditional computations. The solar radiation is to a large extent absorbed in the window by the extract air, this energy could easily be used for heating supply air to the building by means of recycling or heat-exchangers.

An hour by hour analysis of energy requirements with regard to instantaneous energy input and output shows that the ventilated window system demands very little energy. This is because of the systems facility to rapid adjustments, distribution of solar energy input between the room and the extract air, as well as the good insulating properties of the ventilated windows. Over-heating of rooms can be avoided and non-used rooms can be kept at acceptable temperatures (≥ 18°C) after at least 3 days.

If the heat-stabilizing capacity of the concrete frame is properly utilized by means of i. a. a rapid and sensitive temperature control system better use could be made of the regularly recurrent solar radiation and the electrical lights with reference to heating purposes.

Man's demand for thermal comfort in activities like office work has been thoroughly studied by several scientists, and their limit values are concordant. However, special influences, like highly asymmetrical radiant fields are not as well investigated. A person who permanently works close to a window is, for long periods, exposed to a heat-loss

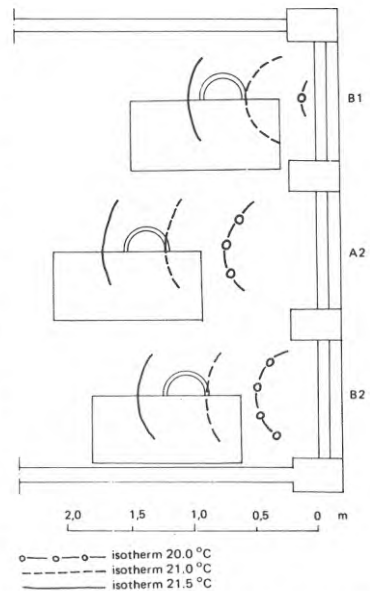


FIG. 3. Mean radiation temperature for three alternative designs, based on measures in an office house in Karlstad. Exterior temperature -20°C and interior temperature +22°C.

through radiation to the surface of the winter-time cold window.

Room heating systems working according to a compensating principle, for example radiator systems, are aiming at equalling the heatlosses towards a cold surface with heat-loads from a warm surface. Such a principle leads, however, to very severe controlling and regulating problems.

When using ventilated windows the daily and weekly temperature variations in the room vary with a relatively reduced amplitude. The reason for this condition is that the innermost surface of the window has a temperature almost at the same level as the room. The window is one of the main sources for heating load variations in a room. In non-used rooms heating energy is supplied by means of an electrical heater, 100 W/module à 1.2 m, in the supply air. The heater is controlled of a room thermostat.

The report reviews methods for determining an optimal use of HVAC installations in buildings and most suitable design for such a system. If the design and construction follows these principles, the result will be a building having a good balance between cost and function, and where total cost for energy is given special attention.

Rapport R2:1975

METOD FÖR VÄRDEANALYS AV VÄRME- OCH  
VENTILATIONSANLÄGGNINGAR

Torbjörn Boström & David Södergren

Denna rapport hänför sig till anslag D 912 från  
Statens råd för byggnadsforskning till David  
Södergren, Paul Peterson Konstruktionsbyrå AB.

ISBN 91-540-2402-1

Statens råd för byggnadsforskning , Stockholm

LiberTryck Stockholm 1975



## FÖRORD

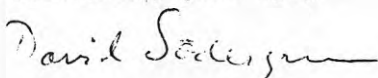
Denna rapport redovisar resultat från studie av kostnader och klimat för värme och ventilationssystem finansierad av BFR anslag D 912. Studien har särskilt behandlat val av metod för kostnadsanalyser samt beräkning av energibehov och möjlig energibesparing.

Undersökningen syftar även till att ge ökad information om frånluftsfönsterprincipens egenskaper och kostnadsbild i avsikt att främja dess användning i byggnader som kontor, hotell, vårdlokaler etc.

Resultaten påvisar dessutom möjligheter till besparingar i funktionskostnad, främst energikostnad, för studerade alternativa system.

Energibehovsberäkningar med tillhörande metodstudier och kalkylatorprogram samt analyser av kostnader har utförts av Torbjörn Boström, Paul Petersson Konstruktionsbyrå AB, Stockholm.

Stockholm, juni 1973



David Södergren

## REFERAT

Kostnadsanalyser av installationer för värme och ventilation i en byggnad kan utföras efter en mångfald skilda metoder. Val av metod och allmänna förutsättningar har avgörande betydelse för resultatets beräkningsosäkerhet och jämförbarhet. Rapporten diskuterar dessa relationer och exemplifierar en vald metod genom redovisning av kostnader för fyra olika principer för värme och ventilation. Särskilt energibehov och möjlig energibesparing har ingående studerats.

Ventilation och temperaturstyrning i en byggnad med frånluftsfönstersystem innebär att all uppvärmning och kylning sker med enbart luft som värmebärare samt att fönstrets inre glasyta tempereras genom att rumsluft får passera mellan glasen till frånluftskanal i fönstrets överkant.

Systemets fördelar är fortfarande mindre väl kända och föreliggande rapport syftar till att demonstrera och dokumentera frånluftsfönsters egenskaper vid användning i skilda klimatconditioneringssystem. Studien innefattar analys av funktion, värmekomfort, initialkostnader samt kostnader för drift underhåll och energi. Mätresultat från en befintlig kontorsbyggnad med frånluftsfönster redovisas. Angivna kostnader specifika för frånluftsfönstersystem har baserats på offertmaterial från utförda projekt.

Rapporten redovisar en funktionskostnadsjämförelse med två alternativa system för radiatoruppvärmning där tilluftsdon och temperaturstyrning har varierats i kombination med fönster med reflekterande skikt respektive mellanglaspersienn.

Energibehov och temperaturförlopp har för samtliga system beräknats i dator timma för timma under sex av årets månader.

Resultaten anger att installationerna vid frånluftsfönstersystem visar 0 till 30 % lägre initialkostnad och 10 till 50% lägre energikostnad för kyla och värme i relation till alternativa system. Energibesparingen orsakas av frånluftsfönstrets 5 ggr högre värmemotstånd samt av att övervärmning av rum eliminerats. Dessutom kan under stor del av året instrålad solenergi bättre fördelas och utnyttjas i byggnaden. Fönstrets avskärmningsfaktor för solinstrålning är 22%.

## INNEHÅLL.

1	METODIK VID KOSTNADSANALYSER.	6
1.1	Nuläge.	6
1.2	Val av beräkningsmetod och erhållen osäkerhet.	7
1.3	I utredningen tillämpade metoder.	9
1.4	Energibehov.	11
1.5	Sammanfattande synpunkter på kostnadsanalyser.	22
2	FRÅNLUFTSFÖNSTERSYSTEM.	23
3	BESKRIVNING AV BYGGNADSPROJEKT UTGÖRANDE UNDERLAG FÖR JÄMFÖRANDE STUDIER.	24
4	FÖRTECKNING ÖVER JÄMFÖRDA ALTERNATIV.	27
4.1	Komfort vinterförhållanden.	27
4.2	Komfort sommarförhållanden.	28
4.3	Ekonomiska jämförelser.	28
5	FUNKTION.	29
6	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR FUNKTIONSKOSTNADSANALYS.	33
7	ANLÄGGNINGSKOSTNAD.	34
7.1	Diskussion av anläggningskostnader.	41
8	ÅRSKOSTNAD.	45
8.1	Kapitalkostnader.	46
8.2	Underhåll.	49
8.3	Energikostnader.	53
8.4	Diskussion av årskostnader.	55
9	KOMMENTAR	58
	Litteratur	60
APPENDIX 1:	Kostnader för fönster och solskydd i skilda utföranden.	63
APPENDIX 2:	Kostnader för radiatorsystem.	71
APPENDIX 3:	Förutsättningar för värmebalansberäkning och energibehovskalkyler.	77

## 1 METODIK VID KOSTNADSANALYSER.

Kostnadsanalyser av installationer kan utföras efter en mångfald skilda modeller med varierande beräkningsosäkerhet. Inom byggnadsindustrin har man i samband med anbudsförfaranden utvecklat en långt driven metodik för initialkostnadsberäkningar. Emellertid begränsar man regelmässigt analysen till vissa system eller vissa delar av byggnaden utan tillräckligt hänsynstagande till inverkan på närliggande system eller byggnadskomponenter. Kostnadsanalyser över entreprenadgränserna utförs betydligt mer approximativt och måste dessutom för effektiv kostnadsstyrning utföras i tidigt skede av byggprocessen. Ansvaret för sådan analys faller på byggherre och konsulter vilka i jämförelse med byggnadsindustrin har reducerade möjligheter till effektiv erfarenhetsåterföring.

Kostnadsbilden vid större byggnadsprojekt är oftast påtagligt komplex. Exempelvis måste man utöver entreprenadövergripande analyser även studera inverkan på årskostnaden och på den resulterande funktionen för byggnad och klimatanläggning.

### 1.1. Nuläge.

Kostnaden för drift, underhåll och energi utgör ca 50 % av kapitalkostnaden för installationer vid 15 års avskrivning och 8 % ränta. Investeringens effekt på totalkostnaden medför en benägenhet att välja mindre dyrbara komponenter och system vars sammanlagrade reella brukningstid med full avsedd funktion då inte alltid uppnår antagen avskrivningstid. I ett sådant fall blir den verkliga kapitalkostnaden väsentligt högre och den avsedda kostnadsbesparingen i realiteten en kostnadsökning.

Beräkningstekniska svårigheter har medfört att energikostnaden kunnat bestämmas endast med stor osäkerhet. Samma förhållande gäller för resulterande termisk komfortnivå i de rum som anläggningen betjänar. En förutsättning för en meningsfull analys av totalkostnaden är alltså att kostnad och funktion blir föremål för en värdeanalys. Datorprogram för beräkning av komfort och energibehov vilka utvecklats under senare år har öppnat möjligheter till sådan funktionskostnadsanalys.

Kostnadsanalysens prognosering av komponenternas totala monteringskostnad kan utföras med ledning av gällande arbetsavtal inom branschen. Dessa är emellertid både ofullständiga och osäkra. Begreppet ackordspartimme i röravtalet kan exempelvis inte utan vidare översättas i verklig tid. Detta avtal korrigerar inte erforderlig monteringstid efter arbetsuppgiftens frekvens eller efter förhållanden på arbetsplatsen, t.ex. årstid och transportvägars längd.

Systems och komponenters sekundära kostnader, dvs kostnad för projektering, administration, kontroller, driftstart, injustering etc. måste givetvis medtagas i analyser av skilda systems totalkostnad. Dessa kostnader kan endast erfarenhetsmässigt bedömas. Faktiska förhållanden visar således en komplicerad och omfattande kostnadsstruktur där försök till prognoserande beräkningar till stor del får baseras på erfarenhetsvärden.

#### 1.2. Val av beräkningsmetod och erhållen osäkerhet.

Beräkning av initial- och årskostnad för installationer i en byggnad består i princip av sådan beräkning för ett stort antal poster av varierande storlek. Beräkningsosäkerheten skall då styras så att samma osäkerhet gäller

för lika kostnadsposter. Mycket stora poster måste beräknas med större noggrannhet. Detta i och för sig självklara förhållande har dock vissa konsekvenser som förtjänar påpekande.

Syftar man till att bestämma årskostnaden för anläggning och ingående komponenter kan poster med lång avskrivningstid beräknas mindre noggrant. Fönster vilka i princip tillhör byggnadens klimatskydd ingår i denna kategori. Å andra sidan skall elektronik i styrutrustningen, persienner osv, med uttalat kort avskrivningstid, beräknas mer exakt än kostnadsandelen anger.

Energikostnaden (värmekostnad exkl. effektagift) utgör vid nuvarande oljepriser ca 20-30% av den totala årskostnaden för ventilations- och värmeanläggningen. Detta innebär en kostnadsandel ungefär motsvarande annuiteten för radiatorsystem. Sådana kan årskostnadsberäknas med bedömd minsta osäkerhet  $\pm 10\%$  på grund av svårigheter att bestämma arbetskostnader och sekundärkostnader enligt ovan.

Energikostnader bör alltså också beräknas med osäkerhet ca  $\pm 10\%$ .

Ett sådant krav innebär att energibehovet måste kalkyleras med hänsyn till periodiska variationer i interna värmelaster och värmebalanser i rum och stomme. Styrsystemets funktion måste simuleras i beräkningen. Förhållandevis exakta data för frekvens och variation av utetemperatur, fuktighet, molnmängd och vindstyrka måste ingå i förutsättningar för beräkningen. Faktorer av stor betydelse som andel återluft och motsvarande entalpi, ofrivillig ventilation som funktion av uteklimatet etc. måste också simuleras i beräkningsmetoden.

Det torde stå klart att en dylik analys av energibehovet fordrar tillgång till anpassade datorprogram och väsentligt mer detaljerade uppgifter om uteklimatets variation är nu förekommande.

Datorberäkning medger dock enkel hantering och låg beräkningskostnad trots det stora antalet förutsättande faktorer.

Kostnadsanalysens delposter beräknas med osäkerhet ca  $\pm$  10% med avseende på absolutkostnad. Används resultatet för jämförelser mellan skilda system för värme och ventilation blir osäkerheten mindre eftersom vissa systematiska fel uppträder i samtliga alternativa analyser.

### 1.3 I utredningen tillämpade metoder.

Initialkostnadsanalyser utföres på konventionellt sätt men med iakttagande av sekundärkostnader. Utfallet av anbudsförfaranden kan inte teoretiskt beräknas, utan kostnadspåslag för vinst, administration, arbetsledning etc. får beräknas med ledning av uppgifter i löpande branschavtal.

Årskostnader för investerat kapital beräknas efter generell avskrivningstid 15 år för installationer och 40 år för byggnad med kalkylränta 8%. Detta är dock i princip otillfredsställande och standardiserade avskrivningstider för skilda komponenter och system bör utvecklas. I många fall får man kalkylera med väsentligt kortare avskrivning eftersom korta produktlivslängder inom industrin påverkar investeringsbenägenheten för byggnad och installationer. En normering av avskrivningstider i syfte att underlätta jämförelser mellan olika kostnadsanalyser är önskvärd men svår genomförbar. En viss selektering exempelvis uttryckt enbart i relationer skulle dock vara till gagn för kostnadsberäkningars jämförbarhet.

Det termiska rumsklimatet beror i första hand av luft-hastighet, lufttemperatur, medelstrålningstemperatur och strålningsasymmetri i vistelsezonen. Vanliga fönster ger upphov till avsevärd temperaturskillnad i

riktning mot fönstret jämfört med riktning mot bakväggen. En strålande tillsatsvärmare under fönstret, radiator, är avsedd att kompensera sådan asymmetri och dessutom avsedd ersätta värmeförluster genom yttervägg och fönster. Förses radiatoren med avstängande termostatventil bortfaller ofta den förra funktionen om avstängningen utlöses av inre värmelaster. Rumsklimatet bör helst värderas efter komfortnivån under en representativ period med skiftande termiska förhållanden i omgivningen. Värme komforten kan uttryckas i index enligt Fanger (1970) dvs i praktiken bestämmer man ett visst lägsta gränsvärde för kännbar temperatur och tillför erforderlig värmeenergi. Anläggningens förmåga att styra kännbar temperatur framgår då av omfattningen av övervärmning, i.e. energibehovet.

Komponenters funktion antages bibehållen under hela avskrivningstiden. Anläggningens resultat, dvs termiskt och hygieniskt klimat i byggnaden, kan då beräknas enbart efter värmetekniska förutsättningar. Detta är också otillfredsställande eftersom bl.a. konsekvenser av driftsstopp eller vattenskador inte beaktas. Metoder för bedömning av störningar i anläggningens funktion, dvs rumsklimatet, vid slumpvisa eller systematiska fel i komponenter bör utvecklas. Sådana funktionsstörningar förefaller vara synnerligen frekventa och intensiva i anläggningar färdigställda under sextio-talet.

Drifts- och underhållskostnad kan beräknas efter tariffer för service-avtal vilka speglar marknadssituationen och sannolikt är mycket exakta i relation till andra avsnitt i kostnadsanalysen.

Energikostnaden slutligen bör bestämmas genom en icke-stationär värmebalansberäkning över ett valt medelår eller motsvarande period. Detta får anses nödvändigt om energikostnaden skall beräknas med osäkerhet ca  $\pm 10\%$



eller mindre. Framtida väntad ökning av energipriser accentuerar denna rekommendation. Väljer man en för-  
enklaad energibehovsberäkning blir, i konsekvens med  
den försämrade osäkerheten i total årskostnad, omsorgs-  
fulla kalkylmetoder för värme- och ventilationssystemet  
mindre meningsfulla.

Av stort intresse är den bl.a. i denna utredning på-  
visade relationen mellan energibehov för vatten-luft  
värmesystem och sådana med enbart luft som värmebärare.  
Svårigheter att vid separata radiatorssystem anordna en  
mot rumsspecifika värmelaster svarande styrning av  
resp. värmetillskott medför att övervärmning lätt in-  
träffar. Ventilationssystem med återluftsföring och  
utvecklad rumsindividuell temperaturreglering, i.e.  
2-kanalsystem, frånluftsfönstersystem, system med  
variabelt flöde, fordrar jämförelsevis låga energi-  
behov. Marginalkostnaden för ventilationsfunktionen  
blir mycket låg om initialkostnadsökningen kan be-  
gränsas. Energi från rum med stora momentana värme-  
laster kan utnyttjas på andra håll i byggnaden. På  
liknande sätt fördelas odörer från hygieniskt belastade  
rum i byggnaden och medelventilationen med uteluft kan  
alltså väljas reducerad med hänsyn till denna sprid-  
ning.

Dessa förhållanden utgör en ytterligare motivering för  
studier av energibehov genom värmebalansberäkning  
med datorprogram.

#### 1.4 Energibehov.

Metod för bestämning av energibehov bör enligt ovan  
utgöras av en värmebalansberäkning i stort antal  
tidssteg över ett medelår eller del därav.

Det totala värmebehovet beror främst av styrutrustningens inställda reglerkurva samt styrsystemets uppbyggnad. Max tillförd effekt inträffar vid dimensionerande min utetemperatur och effekten reduceras sedan i stort sett lineärt vid stigande utetemperatur. Ett tomt rum utan inre värmestillskott skall i princip hållas vid en rimlig temperatur även efter flera dygn under sådana förhållanden. Denna temperatur är en vald kompromiss mellan skilda faktorer och beror bl.a. av styrsystemets möjligheter till individuell temperaturreglering.

Ofta utförs ventilationsanläggningen för variabel återluftsandel vilket kan innebära att effektmax infaller redan vid högre utetemperaturer än dimensionerande. Vidare beror effektbehovet av rådande frånluftstemperatur eftersom inblandningen av frånluft i tillförd uteluft ger avsevärda värmestillskott. Frånluftens medeltemperatur bör beräknas genom värmebalanskalkyl av identiska rum vid byggnadens alla fasader samt med hänsyn till rum i byggnadens kärna.

Den i föreliggande studie använda metoden är utvecklad av Andersen & Becher, Danmarks Ingeniørakademi, Köpenhamn, efter en termisk rumsmodell föreslagen av Bo Adamson LTH. Metoden beskrivs bl.a. i Andersen (1971), Becher (1971) och Andersen och Boström (1972). De kalkylatorprogram som utvecklats efter metoden innefattar ca 300 programsteg avseende lösning av värmebalanskvationer och 1200 steg avseende skilda villkor för temperaturstyrsystemets funktion, värmelastens periodicitet etc. Med varianter för olika driftsfall omfattar det totala energibehovsprogrammet ungefär 6000 programsteg och 300 registerminnen eller ca 8K.

Med separering av skilda driftsfall kan programmet användas på bordskalkylatorer och är alltså tillgängligt direkt vid konstruktörens arbetsplats. Den för närvarande kritiska faktorn för beräkningssäkerheten är uteklimatdata. Variationer i utetemperatur och solinstrålning är betydelsfulla eftersom även moderna byggnader har avsevärd värmetröghet. Man har alltså behov av ett statistiskt medelår vid beräkningen varvid klimatvariationer och variationer i inre laster (bl.a. lördag och söndag) ges en bestämd statistiskt underbyggd samvariation.

En anpassad klimatcykel över en månad har konstruerats för att skapa mer relevanta förutsättningar för energi-behovsberäkningen.

En fiktiv normalmånad har alltså utformats i syfte att erhålla periodiskt varierande klimatparametrar baserade på statistiskt underlag från åren 1931-1960 enligt Taesler (1972).

Principen bygger på att klimatparametrarna varierar mellan värden för median, undre kvartil och övre kvartil varvid en begränsad statistiskt underbyggd månadsvariation erhålles. Därvid har i första hand symmetriska förlopp använts. Dygnsmedeltemperaturen varierar exempelvis enligt mönstret; median, övre kv., median, undre kv., median, övre kv., osv. Tillhörande värden för utetemperaturens dygnsvariation har kopplats till variationer i molnmängd så att max dygnsvariation i temperatur inträffar vid min molnmängd och vice versa.

Den använda konstruktionen leder till månadsförlopp enligt:

Dygn:	Dygnsmedeltemp.:	Lufttemperaturens dygnsvariation sfa dygnsmedeltemperatur:	Molnmängd sfa lufttemperatur:
1	median	undre kv.	övre kv.
2	"	median	median
3	"	övre kv.	undre kv.
4	övre kv.	övre kv.	undre kv.
5	"	median	median
6	"	undre kv.	övre kv.
7	median	median	median
8	"	"	"
9	"	undre kv.	övre kv.
10	undre kv.	undre kv.	övre kv.
11	"	median	median
12	"	övre kv.	undre kv.
13	median	undre kv.	övre kv.
14	"	median	median
15	"	övre kv.	undre kv.
16	övre kv.	övre kv.	undre kv.
17	"	median	median
18	"	"	"
19	"	"	"
20	"	undre kv.	övre kv.
21	median	övre kv.	undre kv.
22	"	"	"
23	"	median	median
24	undre kv.	övre kv.	undre kv.
25	"	median	median
26	"	"	"
27	"	"	"
28	"	undre kv.	övre kv.
29	median	undre kv.	övre kv.
30	"	median	median
31	"	"	"

Dygnsmedeltemperaturen varierar således aldrig direkt från värden för övre kvartil till värden för undre kvartil. Molnmängden varierar dygn 12 till 13 direkt från undre kvartil till övre kvartil dvs en simulering av hastig förändring i molnighet till mulet väder. Dygn 20 till 21 sker en motsvarande variation från övre kvartil till undre kvartil dvs till hastigt

lättande molntäcke. Utetemperaturens dygnsvariation som enligt förra sidan är kopplad till molnmängden samvarierar således vid dessa tillfällen uppåt eller nedåt beroende på årstid. Lördagar och söndagar infaller enligt 1973.

Solinstrålningen till beräknat rum bestäms efter Brown & Isfält (1969) samt korrigeras dels för fönsterarea och använd solavskärmning och dels för molnmängd gällande för det beräknade dygnet.

Solinstrålningen till rummet beräknas således enligt

$$I_{\text{sol}} = I_{\text{Brown}} \times A_{\text{fönster}} \times F_1 \times (1-m/8) W.$$

där  $A$  = fönsterarea,  $F_1$  = avskärmningsfaktor och  $m$ =molnmängd

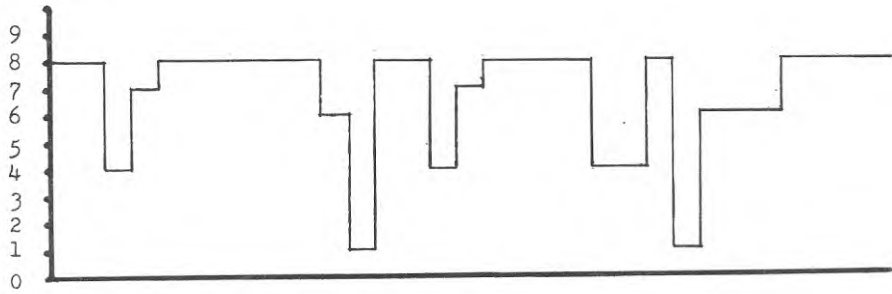
Instrålningen uppdelas i en strålningsandel och en konvektionsandel beroende av typ av utnyttjat solskydd enligt Becher (1971). Instrålningen förutsettes alltid helt diffuserad. I beräkningen användes solskydd för dygn med molnmängd  $\leq 5$ .

Anledningen till att ovanstående princip har valts för formulering av klimatvariationer är svårigheter att ange den verkliga frekvensen av uppmätta temperaturförlopp. Alternativt skulle förloppet under ett visst år kunna användas men någon uppgift om frekvensen för ett dylikt år finns för närvarande inte tillgänglig. Den tillämpade metoden relaterar en begränsad variationsgrad till frekvensen av resp. temperaturförhållanden och medför ett tillfredsställande hänsynstagande till variationer i uteluftens temperatur. Emellertid är variationer i solinstrålningens intensitet mindre väl statistiskt underbyggd liksom variationer i fuktighet och vindhastighet. Utveckling av sådant underlag är under arbete delvis i samband med pågående byggforskningsprojekt.

## JANUARI.

Statistiskt medelförlopp för  
lufttemperatur och molnmängd  
enligt Taesler (1972). Karlstad.

## MOLNMÄNGD



## LUFTEMPERATUR

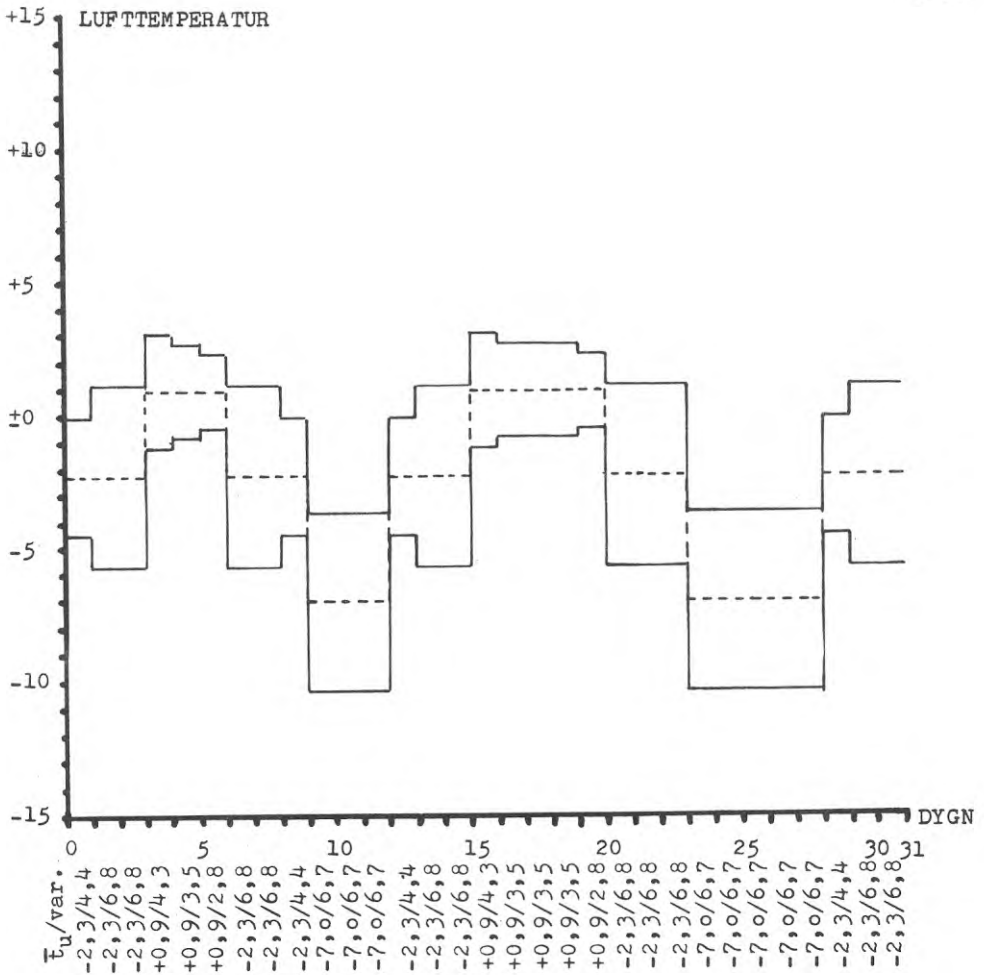


Fig. 1

## MARS.

Statistiskt medelförlopp för  
lufttemperatur och molnmängd  
enligt Taesler (1972). Karlstad.

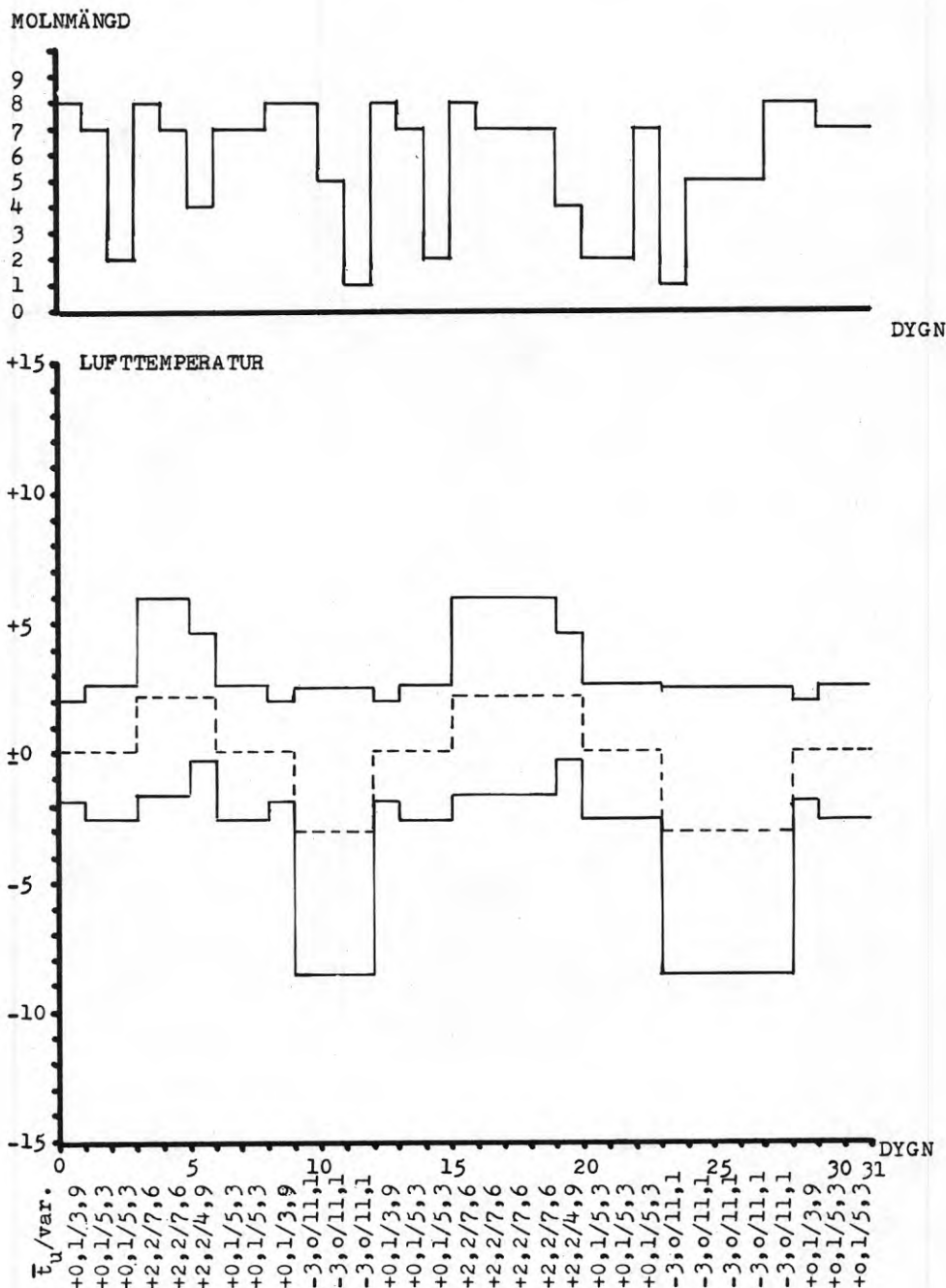


Fig. 2

MAJ.

Statistiskt medelförlopp för  
lufttemperatur och molnmängd  
enligt Taesler (1972). Karlstad.

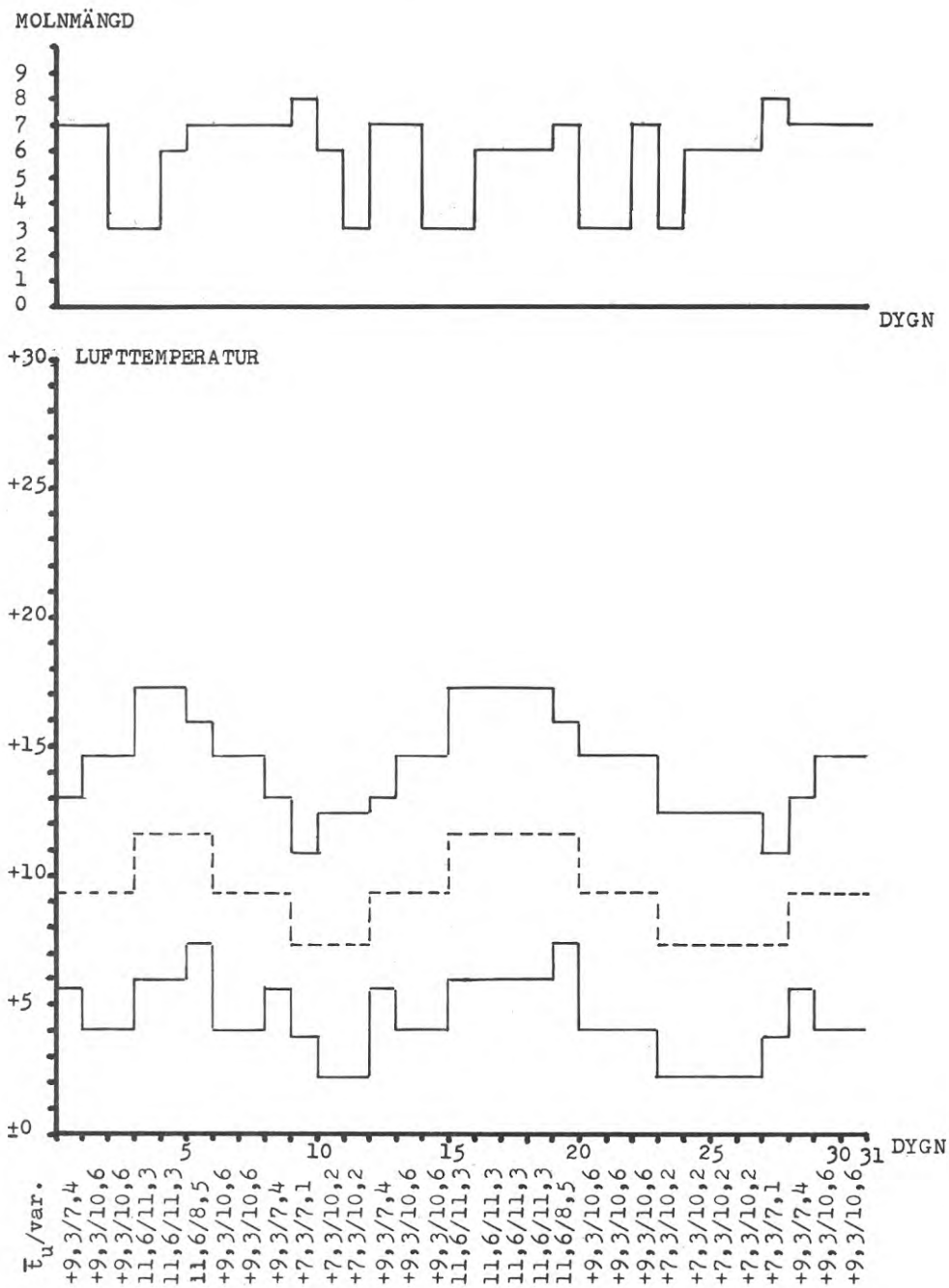


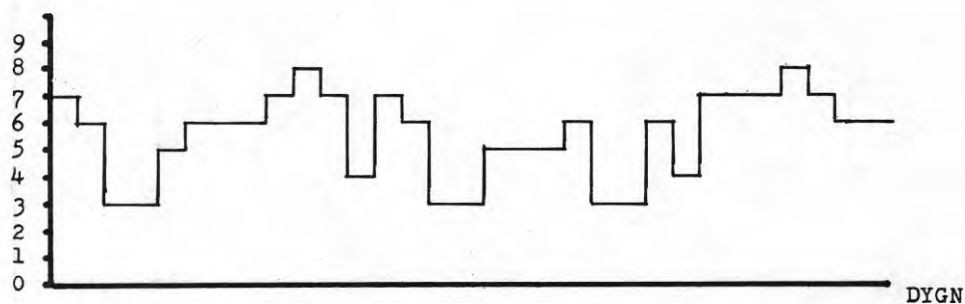
Fig. 3



## JULI.

Statistiskt medelförlopp för  
lufttemperatur och molnmängd  
enligt Taesler (1972). Karlstad.

## MOLNMÄNGD



## LUFTEMPERATUR

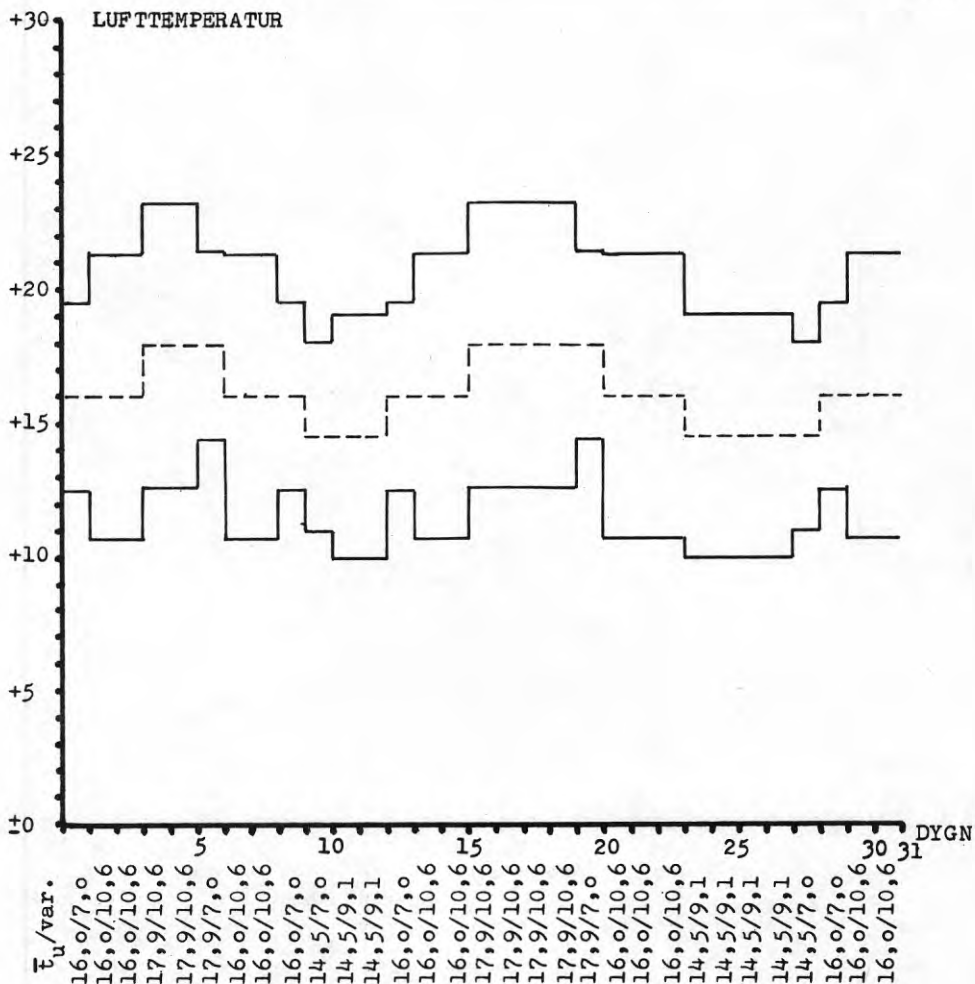


Fig. 4

## SEPTEMBER.

Statistiskt medelförlopp för  
lufttemperatur och molnmängd  
enligt Taesler (1972). Karlstad.

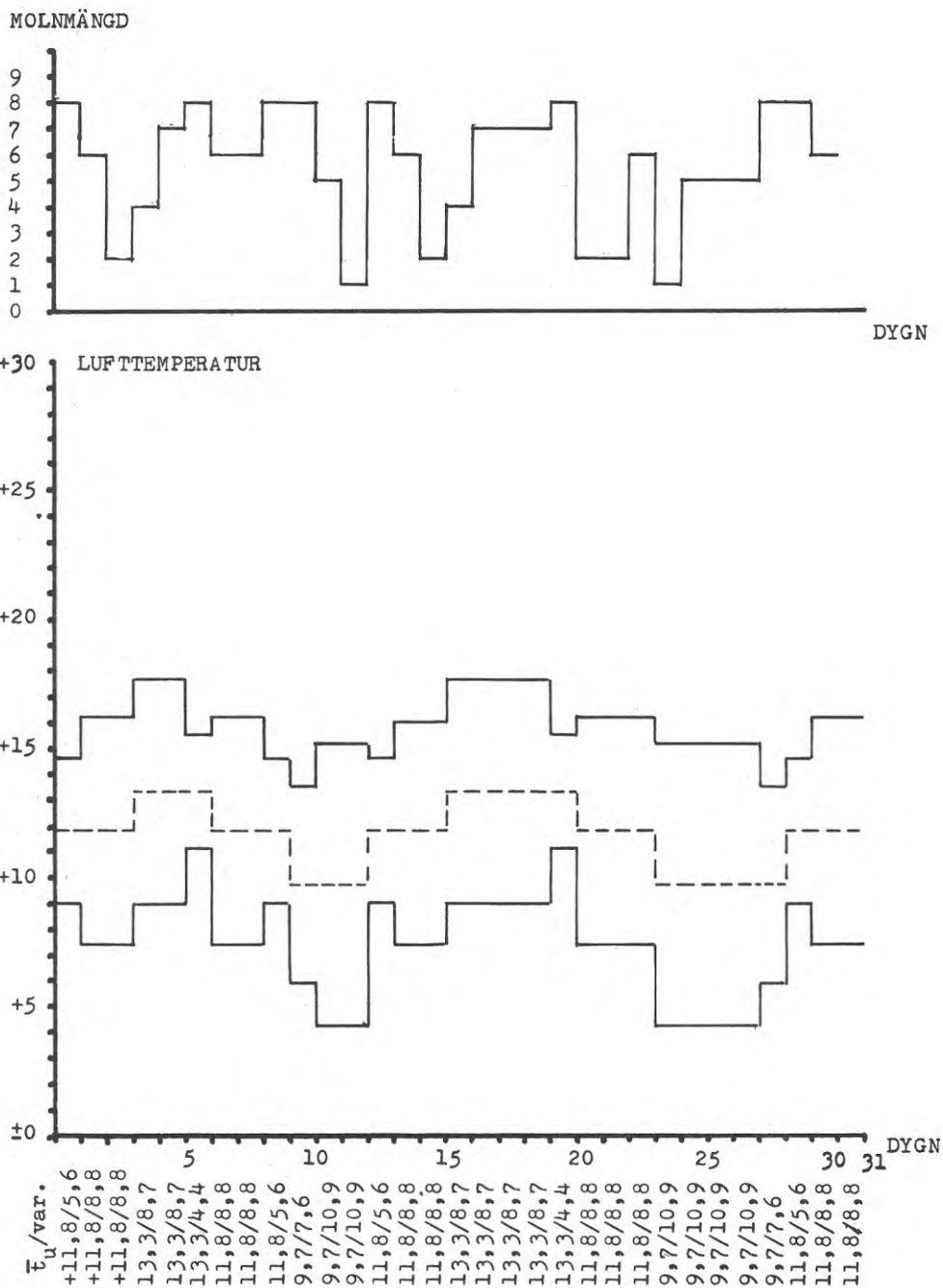


Fig. 5

## NOVEMBER.

Statistiskt medelförlopp för  
lufttemperatur och molnmängd  
enligt Taesler (1972). Karlstad.

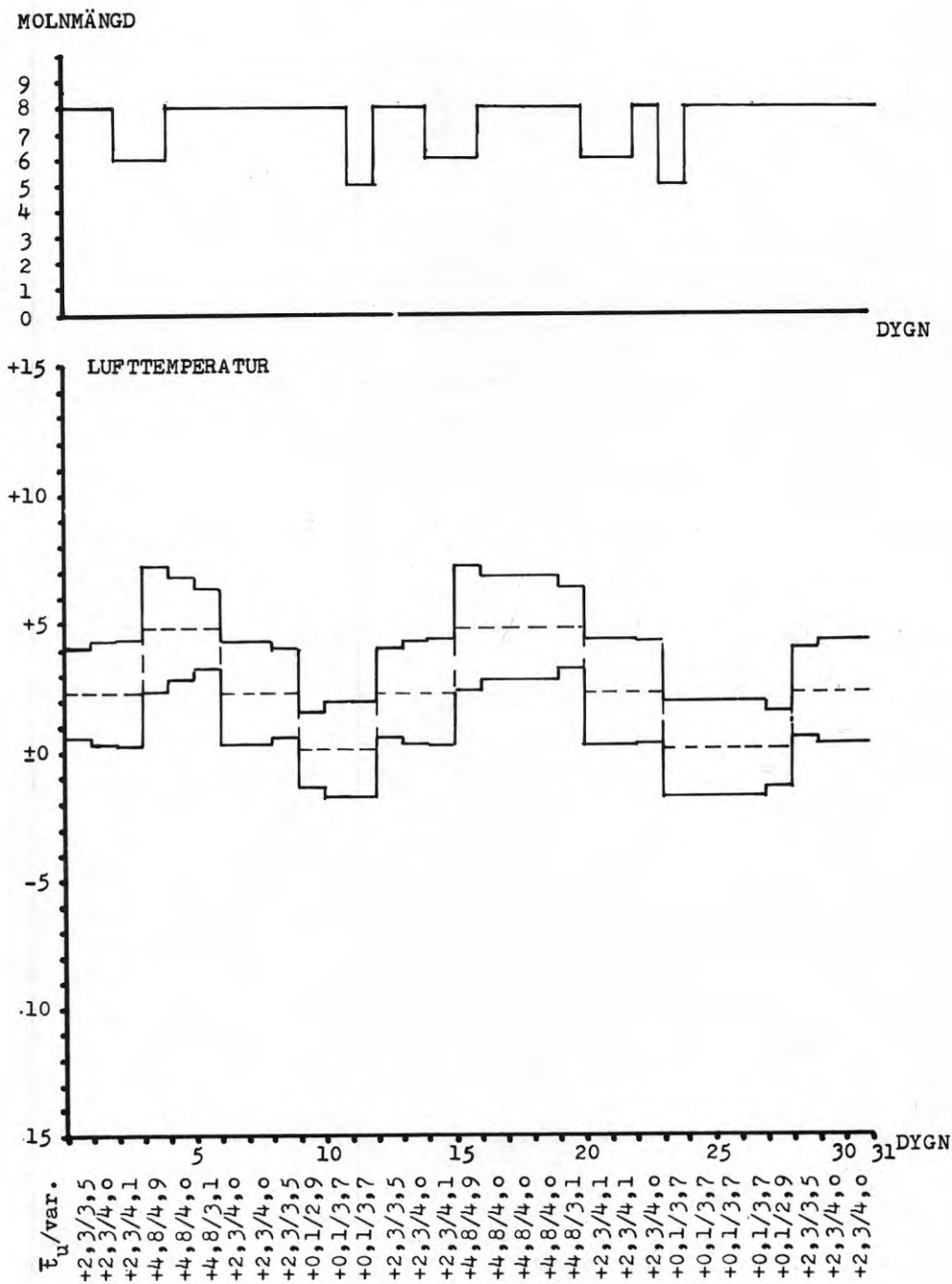


Fig. 6

### 1.5 Sammanfattande synpunkter på kostnadsanalyser.

Sammanfattningsvis kan framhållas att kostnadskalkyler bör genomföras med uppmärksamhet på en jämnt fördelad osäkerhetsfaktor. Det bör observeras att en kostnadskalkyl där endast jämförelser av kostnader för skilda utföranden är av intresse. kan göras med betydligt större noggrannhet än kalkyler där en absolut kostnad eftersträvas.

Energikostnaden har stor del i den totala kostnaden och rådande osäkerhet vid energikostnadskalkyler ger anledning att ägna särskilt intresse för denna del av kostnadskalkylen.

En för energikostnaden betydelsefull faktor är styrutrustningens egenskaper under verkliga driftsförhållanden. Reglersystemets följsamhet för undvikande av övertemperaturer med tillhörande energislöseri har mycket stor inverkan på energibehovet.

Vid beräkning av energikostnader bör man uppmärksamma att de taxor som numera generellt tillämpas är sammansatta av en fast del som bestäms av maximalt uttagen effekt och en rörlig del som bestäms av den mängd energi som uttages. Även för värme från egen panncentral bör en liknande uppdelning av kostnader tillämpas och kapitalkostnaden för central och distributionssystem således uppmärksammas.

## 2. FRÅNLUFTSFÖNSTERSYSTEM

Ventilation av byggnader enligt princip med frånluftsfönster innebär att luften från rummet suges ut mellan glasen i fönstren. Varje fönster är således över ett kanalsystem anslutet till frånluftsfälakten. Rumsluften strömmar in i fönstret genom en slits i fönstrets underkant och passerar mellan glasen till fönstrets överkant där den via en öppning i båge och karm är ansluten till frånluftssystemet.

Tilluften kan införas i rummet strängt taget var som helst under förutsättning att den eller de luftströmmar som tilluftsdonet orsakar ej stör komfortförhållanden i rummets uppehållszon där människor vistas. Genom att fönsterytan blir varm när rumsluften passerar fönstret är det möjligt att låta tilluftsströmmen följa taket i riktning mot fönstret utan risk för att denna ström skall adderas till ett kallras och orsaka obehag. Tilluftsdonen kan således placeras i korridorväggen varvid kanaldragnig för tilluft underlättas. Den ur strömnings- och termisk synpunkt mest korrekta placeringen av tilluftsdonen är dock fortfarande vid fönsterväggen i taket med inblåsningsriktning från fasadväggen. Därvid erhålles optimal inblandning mellan tilluft och rumsluft innan luftrörelsen påverkar en person sittande vid fönstret, vilken är den mest naturliga placeringen i ett fasadrum.

Frånluftsfönstrens funktion har tidigare utförligt studerats med stöd av anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning och rapporten från denna studie som har beteckning R 42:1970 finns att köpa på Svensk Byggtjänst. Principen har varit känd i mer

än 15 år men har endast utnyttjats i begränsad utsträckning sannolikt beroende på att fördelarna ej har meddelats i erforderlig utsträckning till arkitekter, konsulter och byggherrar.

I föreliggande rapport redovisas funktion och kostnad för ventilationssystem med frånluftsfönster i relation till motsvarande uppgifter för andra uppvärmnings- och ventilationssystem. Utredningen är avsedd att ge information i syfte att påvisa gynnsamheten med detta system och därmed gagna utnyttjandet.

Principen har under de senaste åren tillämpats såväl inom som utom landet i byggnader avsedda för sjukhus, kontor och banklokaler. Ett av dessa projekt, kv. Enigheten i Karlstad, en kontorsbyggnad som Folksam låtit uppföra, har valts som underlag för de undersökningar rapporten redovisar.

### 3. BESKRIVNING AV BYGGNADSPROJEKT UTGÖRANDE UNDERLAG FÖR JÄMFÖRANDE STUDIER

Den byggnad som valts för undersökningen är belägen vid stora torget i Karlstad. Byggnaden har två källarvåningar och fem våningar över mark. Det har ansetts omotiverat att studera hela byggnaden vid jämförande beräkningar. Den del som valts utgöres av fyra kontorsvåningar i fasaden mot torget, söder, våning 1 - 4 trappor. Huset är uppfört med platsgjuten stomme och infackningselement med modulmättet 1,2 m i fasaderna. Pelaravstånd i fasaden är lika med 4 moduler d.v.s. 4,8 meter. Våningshöjd är 2,95 m och varje fasadelement består av ett väggparti med ytan  $0,9 \text{ m}^2$  samt ett fönsterparti  $1,6 \text{ m}^2$ . Fasadrummens djup är 4,7 m och mellanväggarna i kontorsrummen är förutsatta flexibla. Vid aktuell tid har rum med 2 till 16 moduler förekommit.

All uppvärmning och ventilation av kontorslokalerna ombesörjes av ett luftbehandlingssystem med såväl tillufts- som frånluftsfläktar placerade i vindsvåningen. Tilluften filtreras, värms och befuktas innan den införs i kontorslokalerna. Utrymme har förberetts för luftkylare och kylmaskiner men erfarenheter efter 1,5 års drift tyder på att någon kylanläggning ej behöver installeras.

Tilluften distribueras i spiralfalsade runda kanaler så att ett tilluftsdon erhålles i varje modul. Tilluftsdonet som är av typ SF CTPB har placerats ca en halv meter från fasadväggen med inblåsningsriktning mot korridorväggen. För att erhålla en separat temperaturreglering för varje rum är tilluftskanalen försedd med en elektrisk värmare på 200 W. Dessa elvärmare styrs av termostater av bimetalldyp som placerats in till dörren till det rum de betjänar. Varje termostat styr max 8 moduler. Förekommer fler moduler i ett rum finns fler termostater. Några störningar av reglerförloppen i sådana rum har inte observerats sannolikt beroende på att aktuella effekter är små motsvarande ca  $18 \text{ W/m}^2$ .

Kanalsystemet är på vinden så utfört att frånluft kan överföras till tilluftssystemet. Efter konstorstid reduceras tilluftsflödet så att endast 30% av fullt flöde erhålles. Samtidigt stänges spjället för uteluft och tilluft erhålles genom en begränsad luftcirkulation vars enda syfte är att hålla en jämn temperatur i huset. I samband med nattdrift avstänges samtliga elektriska eftervärmare.

Det i kv. Enigheten använda frånluftsfönstret består av ett yttre isolerglas 3+12+3 samt innanför detta på 58 mm avstånd ett 3 mm maskinglas. Frånluftsflödet har vid utförda mätningar justerats till  $75 \text{ m}^3/\text{h}$  (21 l/s) och m fönsterbredd ( $55 \text{ m}^3/\text{h}$  och fönster (15 l/s). För att

Jämföra komfortförhållanden innanför ett frånluftsfönster med förhållanden innanför en vanlig isolerglasruta, med radiator under fönstret togs den inre fönsterbågen med maskinglas bort ur ett av fönstren varefter frånluftsslitsen tätades och en elektrisk radiator placerades framför fönsterbröstningen.

Vid de mätningar som utförts i Enigheten för att fastställa komfortförhållanden i fasadrum med frånluftsfönstersystem har också en modifiering av systemet studerats. Av detta skäl har 5 frånluftsfönster i fasaden mot torget utbytts enligt följande:

1. Yttre isolerglaset har ersatts av enkelt 3 mm maskinglas.
2. Yttre isolerglaset har ersatts av Emmaboda reflekterande LVR ruta.
3. Yttre isolerglaset har ersatts av 6 mm värmeabsorberande glas Spectrafloat Bronze.
4. Yttre isolerglaset har ersatts av 6 mm Antisun Float Grey.
5. Yttre isolerglaset har ersatts av 3 mm Antisun Float Grey.

Temperaturförhållanden har jämförts mellan ovan angivna fönster och det ordinarie frånluftsfönstret såväl under sommar- som vinterförhållanden. Vid studier av de värme-reflekterande och värmeabsorberande glasen har någon persienn inte förekommit i fönstren. I stället har en glest vävd, mediumljus, ylle-terylene gardin i vissa fall använts för att dämpa det direkta solinfallet.

Mätningarna har utförts i ett särskilt provrum där resp. fönster studerats i relation till ett referensfönster. Karmens och bågens måttoleranser har alltså medgivit att provade fönster har kunnat flyttas i byggnaden.

Ovan beskrivna fönstervarianter sitter fortfarande kvar på skilda håll i fasaden och den personal som nu sedan 1,5 år är verksam i lokalerna har vid olika till-



fällen tillfrågats om hur de upplever temperaturkomforten vid fasaden. Några klagomål har inte framförts från de personer som varit placerade intill de speciella fönstren. Kondens av vattenånga på de enkla yttre glasen har inte heller kunnat uppmärksammas under de två vintrar som huset har använts. Dessa vintrar har dock varit förhållandevis milda.

Det bör observeras att fönstren under denna tid varit försedda med persiennor som kunnat användas av personalen i önskad utsträckning. Hur ofta persiennorna har använts i de värmeabsorberande och reflekterande fönstren kan dock inte anges.

#### 4. FÖRTECKNING ÖVER JÄMFÖRDA ALTERNATIV

De varianter som studerats och de jämförelser som med ledning av detta genomförts framgår av följande uppställning. Som så ofta i dylika sammanhang har det varit nödvändigt att begränsa antal varianter för att få ett överskådligare material.

##### 4.1. Komfort vinterförhållanden.

- A.1. Vanligt fönster. Kopplade bårar med mellanglaspersienn. Radiatorer under fönstret. Tillluftsdon bakom radiatorn.
- A.2. Vanligt fönster. Isolerglasruta med värme-reflektion. Emmaboda LVR. Radiator under fönstret. Tillluftsdon i tak vid fasaden.
- B.1. Normalt frånluftsfönster i kv. Enigheten. Yttre isolerglas 3+12+3, luftspalt 58 mm med persienn, maskinglas 3 mm, ingen radiator. Tillluftsdon i tak vid fasaden.

- B.2. Frånluftsfönster med enkelt värmeabsorberande yttre glas "Pilkington Spektrafloat Bronze" 6 mm och inre klart maskinglas 3 mm, ingen radiator. Tilluftsdon i tak vid bakväggen.

#### 4.2. Komfort sommarförhållanden

- A.1. Vanligt fönster, kopplade bågar med mellan-glas-persienn, lameller i 45°.
- A.2. Vanligt fönster. Isolerglas med värmereflek-tion. Emmaboda LVR, invändig textilgardin.
- B.1. Normalt frånluftsfönster i Enigheten. Persienn med lameller 45°C.
- B.2. Frånluftsfönster med enkelt yttre värmeabsorberande glas "Pilkington Spektrafloat Bronze" 6 mm inv. textilgardin.

#### 4.3. Ekonomiska jämförelser.

Alternativ A1-B2 enligt komfortjämförelser ovan.

## 5. FUNKTION

Vid en meningsfull analys av kostnadsrelationer mellan alternativa konstruktiva lösningar för ett system som skall uppehålla en viss förutsatt komplex funktion måste givetvis även förekommande skillnader i funktion påvisas och medtagas vid utvärderingen.

Värmekomforten för personer vilka uppehåller sig i fasadrummens randzon intill fönster och yttervägg, påverkas främst av fönsteryttemperatur, radiatoryttemperatur och eventuell solinstrålning. Skillnaden i termisk komfort mellan studerade alternativ framgår enklast av mätresultat enligt Fig. 7.

Frånluftsfönsters fiktiva k-värde, rum till uteförhållanden, är för 2-glasutförande  $1,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  och för 3-glasutförande  $0,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  vid nominellt luftflöde  $60 \text{ m}^3/\text{h m}$ , bredd dagmått och fönsterhöjd 1,6 m. Generella värmeegenomgångstal anges i Brown & Isfält (1973), "Solinstrålning och solavskärmning", (BFR, anslag D 705). Redovisade mätningar i kv. Enigheten är utförda vid något större luftflöde.

Värmekomforten i randzonen är emellertid även beroende av temperaturstyrsystemets uppbyggnad och funktion. Under vinterförhållanden skall vid radiatorsystem fönstrets låga yttemperatur kompenseras genom värmeinstrålning från radiatorn. Denna temperatur styrs i enkla system av en utetemperaturgivare som är oberoende av eventuell solinstrålning. Ett sådant system ger en god värmekomfort om radiatorn inte avskärmas av möbler eller andra föremål men systemet reagerar inte för värmelaster i rummet. Detta medför alltså en ofta onödigt hög energiförbrukning. Kompletteras reglerstyret med rumtemperaturstyrda radiatorventiler reduceras denna olägenhet men istället erhålles under vissa perioder starkt asymmetriska temperaturförhållanden i rummet beroende på att fönstrets låga yttemperatur

ej längre kompenseras. Enligt studier av Fanger (1970) Biddison & Mc Nall (1971), m.fl. kan sådan temperaturasymmetri väl accepteras om den kännbara medeltemperaturen i rummet ligger inom angivna gränsvärden för värmekomfort. Rummet Fig. 7 skall exempelvis hålla en medeltemperatur  $>25^{\circ}\text{C}$  om glasytan är  $10^{\circ}\text{C}$ , aktiviteten 100 W, klädseln 0,75 clo och lufthastigheten 0,10 m/s. Dessa förhållanden medför således att radiatortermostaten får tillåtas reducera nominell radiator effekt först vid en rumstemperatur nära  $+25^{\circ}\text{C}$  om värmekomfortvillkoren skall innehållas. Den eftersträvide minskningen av energibehovet blir i så fall mindre betydande och kompenserar knappast initialkostnaden för termostatventiler och injusteringsförfarande. Praktiskt låter man vid dessa system värmekomforten något försämrats för att vinna fördelar i form av energibesparing.

Man bör notera att seriösa studier över långtidseffekter av exponering för starkt asymmetriska temperaturförhållanden ej till dags dato har publicerats. Enligt vissa källor kan exempelvis reumatiska besvär uppstå om delar av kroppen under längre perioder har väsentligt större värmeförluster än andra kroppsytor.

Under mycket stor del av året är inre och yttre värmelaster i kontorsrum av sådan storlek att de väl svarar mot värmebehovet. Emellertid är svårigheten avsevärd att rätt utnyttja dessa effekter så att kontorsrummet under kontorstid dylika perioder innehåller ställda värmekomfortkrav utan ytterligare energitillskott från uppvärmningssystemet.

Uppmätta komfortförhållanden redovisas genom en skiss av rummet med inlagda isotermer innanför fönstren. För såväl sommar som vinter har det visat sig att två alternativ ger samma komfortförhållanden varför endast tre fönster har erfordrats på skissen, trots att fyra alternativ jämföres.

Isotermerna gäller för ett rum med tre moduler innehållande tre lika fönster men för överskådlighetens och jämförelsens skull har alla alternativ inlagts på samma skiss med korresponderande isotermer innanför respektive fönster.

De isotermer som redovisas avser 21,5, 21,0 och 20,0°C vid vinterförhållanden. Dessa kännbara temperaturer har enligt Fanger (1970) följande värden för komfort-index PMV. (Predicted Mean Vote) och PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied).

°C	PMV	PPD
20,0	-0,85	21,0%
21,0	-0,57	12,0%
21,5	-0,43	8,5%

Angivna värden förutsätter medellufthastighet <math>\leq 0,10 \text{ m/s}</math>, aktivitet  $55 \text{ W/m}^2 = 100 \text{ W/person}$  (maskinskrivning), Klädsel 1,0 clo (kavaj-kostym).

Optimal värmekomfort PMV = 0, PPD = 5% föreligger vid dessa förutsättningar när kännbar temperatur är 23,0°C. PPD = 5% är således minimum. Dessa 5% är missnöjda med klimatet oavsett temperaturförhållanden.

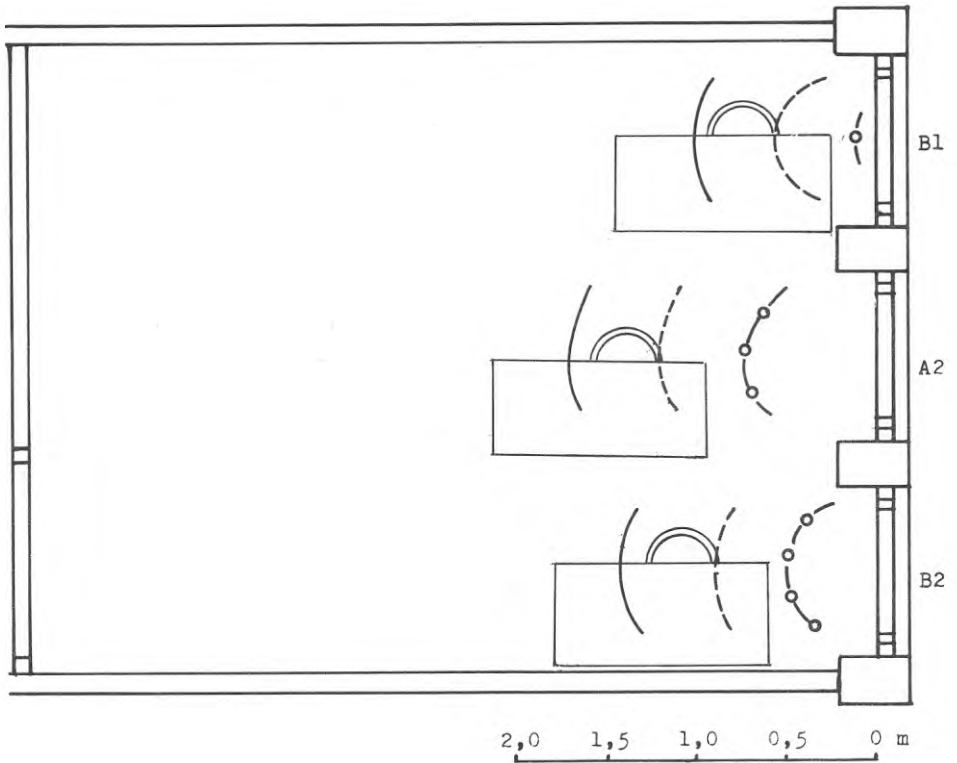


Fig. 7. Medelstrålningstemperatur för tre alternativa konstruktioner baserade på mätningar vid kv. Enigheten, Karlstad.  $-20^{\circ}\text{C}$  ute och  $+22^{\circ}\text{C}$  i rummet. Beteckningar enligt Fig.8.

— o — o —	isoterm	$20,0^{\circ}\text{C}$
-----	"	20,5 "
—————	"	21,0 "

## 6. FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR FUNKTIONSKOSTNADSANALYS.

Detaljerade förutsättningar med byggnadstekniska data vilka ligger till grund för funktionskostnadsberäkningen redovisas i Appendix 3.

Ventilationsanläggningen är för samtliga studerade alternativ utförd med primäraggregat placerade i vindsvåning och kanalstråk förlagda till korridor-undertak. Förekommande kopplingskanaler i rum är placerade i undertaksutrymmet mellan bjälklagets sekundärbalkar. Vid alt. A1 införs tilluften genom kanaler i underliggande plan med bjälklagsgenomböring vid radiatoren i varje modul.

Samtliga studerade alternativ har undertak i kontorsrummen men detta är luftgenomsläppligt och ligger enbart mellan sekundärbalkarna. Balkarnas undersida bildar således kompletterande takyta i rummet.

Tilluftsdon är för alt. A2, B1 B2 placerade i undertak. Ventilation sker med  $55 \text{ m}^3/\text{h}$ , modul kl, 07-18 motsvarande 4 vx/h. Utom dessa klockslag är ventilationen avstängd. Vid frånluftsfönstersystem går fläktarna med 1/3 flöde med enbart återluft.

Kostnader för värmeväxlare i källarens undercentraler, panncentral-kostnader och radiatorkostnader har fördelats på byggnadens samtliga 426 kontorsmoduler i syfte att undvika markanta marginalkostnader.

Kostnader för radiatorsystem förutsätter rördragning i samma plan med håltagning i fasadens utfackningspelare utförda i prefab utan kostnadssökning. Detaljerade kostnader framgår av Appendix 2.

Fasaden är utförd med utfackningspelare 1 c/c 1,2 m och mellanliggande element. Kostnaden för montering av dessa är lika i alla alternativ. Anslutningskostnad för frånluftsfönster specificeras separat. Kostnader för fönster framgår av Appendix 1 och redovisas även i Brown & Isfält (1973).

Angivna kostnader avser januari 1973 delvis kompletterade med priser maj 1975. Vid omräkningen har Index H63 använts.

## 7. ANLÄGGNINGSKOSTNAD.

Studien behandlar i detta avsnitt analys av skillnader i initialkostnad mellan olika studerade alternativ för konstruktion och utförande av klimatanläggningen för byggnaden. Dessa skillnader har sedan relaterats till den approximativa initialkostnaden för hela klimatanläggningen.

Föreliggande studie av anläggningskostnader kan schematiskt beskrivas på följande sätt:

0. Komponentkostnad enligt listpris.
1. Monteringskostnad enligt gällande avtal.
2. Transportkostnader, internt och externt.
3. Kostnad för spill (material och arbete).
4. Kostnad för arbetsledning.
5. Kostnad för planering och administrering.
6. Kostnad för konstruktion.
7. Kostnad för injustering och driftsstart.
8. Kostnad i annan entreprenad.
9. Övriga initialkostnader.

Under p. 9 faller kostnader för försäkringar, kostnad för besiktningar utförda av myndighet, kostnad för provningar m.m.



Komponentkostnaden varierar bl.a. med mängd och konkurrenssituation vid inköpstillfället. I kalkylen har separata utredningar utförts för tunga poster som fönster och radiatorsystem medan för andra poster gällande listpris tillämpats. Man bör observera att mycket stora kostnadsskillnader kan uppstå mellan skilda kvalitetsklasser eller utförandesätt. Detta gäller särskilt fönster och radiatorsystem.

Studerade system innefattar A 1, A 2, B 1, och B 2 enligt punkt 3.

Angivna priser avser kostnadsläge januari 1973 och maj 1975.

A 1. Fönster med två klara glas i kopplade bågar.  
Radiator. Tilluftsdon vid radiatorn.

	Pris jan -73	Pris maj -75	
Fönster, utförande 1, exkl montering 1)	310	450	Kr/modul
Mellanglaspersienn inkl montering 1)	40	55	"
Radiatorsystem, rörentreprenad 2)	240	340	"
" byggentreprenad	10	13	"
Tilluftsdon inkl montering	100	140	"
Kanalanslutning av tilluftsdon	30	42	"
Bjälklagsgenomböring inkl efterlagning	50	65	"
Frånluftsdon inkl montering, kanalanslutning och håltagning, 1 st/10 moduler	15	21	"
El för pumpar	<u>5</u>	<u>7</u>	"
	800	1133	"
Fönster enligt ovan	./.	310	450 "
Ventilationsanläggning, fast del efter 4,30 (6,00) Kr per m <sup>3</sup> /h vent.-luft eller totalt för A1 7,00 (9,70) Kr per m <sup>3</sup> /h	237	330	"
Reglercentral, ventilation, 3%	<u>12</u>	<u>16</u>	"
	739	1029	"
Värmecentral inkl projektering (15%)	102	138	"
Vent.-entreprenad, transporter 3)	2	3	"
" spill 3% 3)	4	6	"
" arbetsledning 4% 3)	6	8	"
" konstruktion 12% 3)	17	24	"
Rörentreprenad, transporter 3)	5	7	"
" spill 3% 3)	7	10	"
" arbetsledning 4% 3)	10	14	"
" konstruktion 12% 3)	29	41	"
" injustering och driftstart 2%	5	7	"
Byggentreprenad, spill 1% 3)	4	5	"
" arbetsledning 4% 3)	15	21	"
" konstruktion 6% 3)	22	32	"
Planering, administration 1% totalt	7	10	"
Besiktningar 1 % totalt	<u>7</u>	<u>10</u>	"
Jämförande initialkostnad	981	1365	"

Kommentar:

Montering av tilluftsdon kostar totalt 61 Kr (85 Kr 1975). Den redovisade jämförande initialkostnaden inkluderar hela ventilationsanläggningen och värmesystemet för fasadrummen i byggnaden. Kostnad för värmecentral anges exkl sekundära kostnader. Kostnad för injustering och driftstart av ventilationsanläggningen är lika för alla alternativ. Transportkostnaden avser även transporter inom byggplatsen.

1) Redovisas i Appendix 1.

2) Redovisas i Appendix 2)

3) Avser marginalkostnaden för installationer specificerade ovan.

A2. Fönster med isolerruta med två glas. Yttre glaset belagt med reflekterande skikt. Radiator. Tilluftsdon i tak vid fasaden.

	Pris jan-73	Pris maj-75	
Fönster, utförande 1, exkl montering 1)	461	646	Kr/modul
Radiatorsystem, rörentreprenad 2)	220	310	"
" byggentreprenad	10	13	"
Tilluftsdon inkl montering	100	140	"
Kanalanslutning av tilluftsdon	10	14	"
Frånluftsdon inkl montering, kanalanslutning och håltagning, 1 st/10 moduler	15	21	"
El för pumpar	<u>5</u>	<u>7</u>	"
	821	1151	"
Fönster enligt alt Al ./. 310	310	450	"
Ventilationsanläggning, 3 fast del efter 4,30 (6,00) per m <sup>3</sup> /h vent.-luft	237	330	"
Reglercentral vent, 3% 3)	<u>11</u>	<u>15</u>	"
	759	1046	"
Värmecentral inkl projektering (15%)	108	146	"
Vent,-entreprenad, transporter 4)	1	2	"
" spill 3% 4)	4	5	"
" arbetsledning 4% 4)	5	7	"
" konstruktion 12% 4)	15	21	"
Rörentreprenad, transporter 4)	5	7	"
" spill 3% 4)	7	9	"
" arbetsledning 4% 4)	9	12	"
" konstruktion 12% 4)	26	37	"
" injustering och driftstart 2%	5	6	"
Byggentreprenad, spill 1% 4)	5	7	"
" arbetsledning 4% 4)	19	26	"
" konstruktion 6 % 4)	28	40	"
Planering, administration 1% totalt	8	10	"
Besiktningar, 1% totalt	<u>8</u>	<u>10</u>	"
Jämförande initialkostnad	1012	1391	"

Kommentar:

Dimensionerande värmecentral-effekt ökar 9% eftersom tilluftstemperaturen måste läggas högre än vid alt Al där tilluftsdonet är placerat vid radiatorn. Radiatorerna är utförda en storlek lägre i höjd.

- 1) Redovisas i Appendix 1.
- 2) Redovisas i Appendix 2.
- 3) Innefattar ej kompensering och förregling över radiatorsystemet.
- 4) Avser marginalkostnad för ovan specificerade installationer.

B1. Frånlufts-fönster med yttre klart isolerglas och inre klart enkelglas, Mellanglaspersienn, Tilluftsdon i tak vid fasad.

	Pris jan -73	Pris maj -75
Fönster, utförande 1, exkl montering	473	674 Kr/modul
Mellanglaspersienn inkl montering	40	55 "
Tilluftsdon inkl montering	100	140 "
Kanalanslutning av tilluftsdon	10	14 "
Fläktmotorer och elutrustning för två hastigheter	6	8 "
Anslutningsstos för frånlufts-fönster inkl montering	35	50 "
Kanalanslutning av frånlufts-fönster	50	70 "
Genomföring i fasadvägg, byggentrepr.	40	50 "
	<u>754</u>	<u>1061</u>
Eleftervärme, 1 st à 200 W per 2 modu- ler inkl rumstermostat av bimetalltyp	70	95 "
Elförsörjning och förregling över rota- tionsvakt för fläkt	30	40 "
	<u>854</u>	<u>1196</u> "
Fönster enligt alt A1	310	450 "
Ventilationsanläggning, fast del efter 4,30 (6,00) Kr per m <sup>3</sup> /h vent.-luft	237	330 "
Reglercentral vent. 3% 2)	13	18 "
	<u>794</u>	<u>1094</u> "
Värmecentral inkl projektering 15%	85	115 "
Vent. entreprenad, transporter 3)	2	3 "
" spill 3% 3)	6	8 "
" arbetsledning 4% 3)	8	11 "
" konstruktion 12% 3)	24	34 "
Byggentreprenad, spill 1% 3)	5	7 "
" arbetsledning 4% 3)	21	29 "
" konstruktion 6% 3)	31	43 "
Planering och administration 1% totalt	9	12 "
Besiktningar 1% totalt	9	12 "
	<u>994</u>	<u>1368</u> "

Kommentar:

Posten "Kanalanslutning av frånlufts-fönster" innefattar kopplingskanal till korridorundertak. Rumstermostater för eleftervärmare levereras kalibrerade. Rotationsvakt för fläktar förutsattes i alla alternativ. Konstruktionskostnaden för frånlufts-fönster med anslutningar är totalt 41 (60) Kr/modul eller 33% (34%) av totalkostnaden för anslutningen. Blandningsdelar och styrutrustning för överföring av överskottsvärme mellan skilda fasadgrupper ingår ej. Sådant utförande kostar ca 30 (40) Kr per modul, år och medför energibesparing större än ca 12 Kr per modul, år för aktuellt fall. Besparingen är emellertid ej beräkningsbar med tillgängliga datorprogram.

- 1) Redovisas i Appendix 1.
- 2) Innefattar förregling över elvärmare och rotationsvakt för fläkt.
- 3) Avser marginalkostnad.

B2. Frånluftsfönster med yttre värmeabsorberande  
enkelglas 6 mm och inre klart maskinglas 3 mm.  
Tilluftsdon vid bakväggen.

	Pris jan -73	Pris maj -75	
Fönster, utförande 1, exkl montering	400	585	Kr/modul
Tilluftsdon inkl montering	100	140	"
Kanalanslutning av tilluftsdon i rela- tion till A2 och B1.	./.	5	7 "
Fläktmotorer och elutrustning för två hastigheter	6	8	"
Marg. kostnad för större luftvärmare	2	3	"
Anslutningsstos för frånluftsfönster inkl montering	35	50	"
Kanalanslutning av frånluftsfönster	50	70	"
Genomföring i fasadvägg, byggenrepr.	40	50	"
Textilgardin inkl skena och montering	<u>65</u>	<u>90</u>	"
	693	989	"
Eleftervärmare, 1 st à 200 W per 2 moduler, inkl rumstermostat av bimetall- typ	70	95	"
Elförsörjning och förregling över rotationsvakt för fläkt	<u>30</u>	<u>40</u>	"
	793	1124	"
Fönster enligt A1	./.	310	450 "
Ventilationsanläggning, fast del efter 4,30 (6,00) Kr per m <sup>3</sup> /h vent.-luft	237	330	"
Reglercentral vent 3% 2)	<u>13</u>	<u>18</u>	"
	733	1022	"
Värmecentral inkl projektering 15%	100	135	"
Vent. entreprenad, transporter 3)	2	3	"
" spill 3% 3)	6	8	"
" arbetsledning 4% 3)	8	11	"
" konstruktion 12% 3)	23	32	"
Byggenreprenad, spill 1% 3)	4	6	"
" arbetsledning 4% 3)	18	25	"
" konstruktion 6% 3)	26	38	"
Planering och administration 1% totalt	8	11	"
Besiktningar 1% totalt	<u>8</u>	<u>11</u>	"
Jämförande initialkostnad	936	1302	"

Kommentar:

Se under B1.

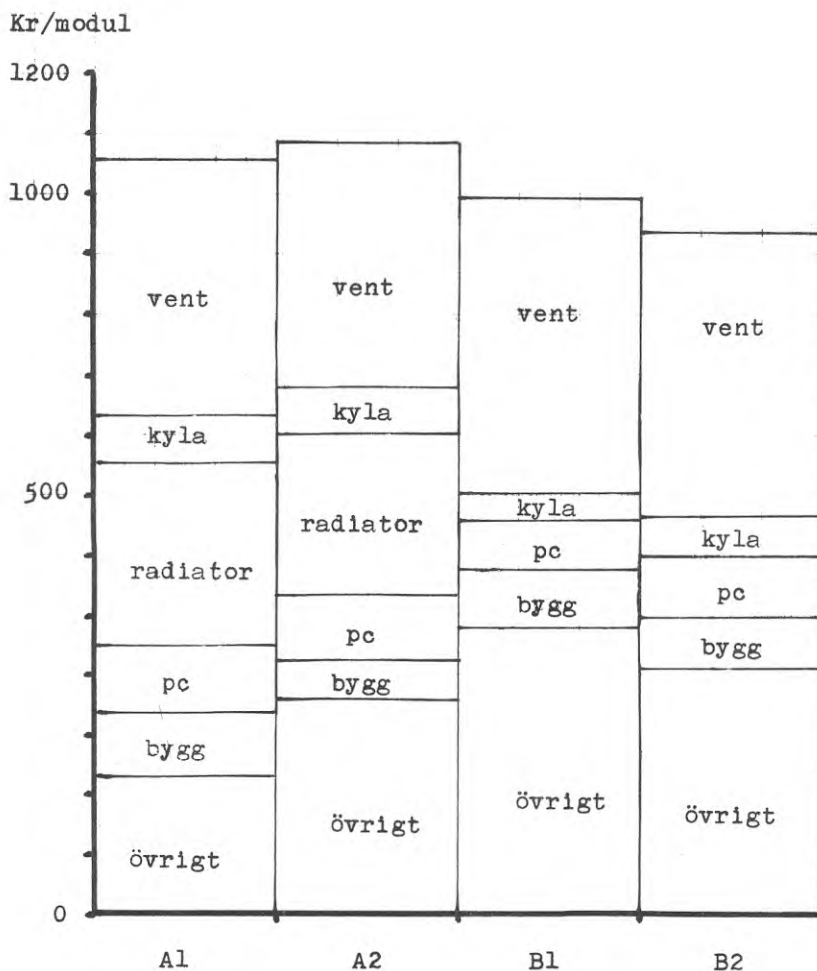


Fig. 8. Initialkostnader för studerade system för uppvärmning och ventilation.

- A1. Fönster med två klara glas i kopplade bågar. Radiator. Tilluftsdon vid radiatorn.
- A2. Fönster med isolerruta med två glas. Yttre glaset belagt med reflekterande skikt. Radiator. Tilluftsdon i tak vid fasaden.
- B1. Frånluftsfönster med yttre klart isolerglas och inre klart enkelglas. Mellanglaspersienn. Tilluftsdon i tak vid fasaden.
- B2. Frånluftsfönster med yttre värmeabsorberande enkelglas 6 mm och inre klart maskinglas 3 mm. Tilluftsdon i tak vid bakväggen.

Kylkostnad avser begränsad vent.kyla. Skillnader i fönsterkostnad ingår i "Övrigt".

## 7.1 Diskussion av anläggningskostnader.

Beräknade initialkostnader för skilda alternativ visar små skillnader. Angiven initialkostnad inkluderar hela uppvärmnings- och ventilationsanläggningen med sekundära kostnader och gäller för den studerade husdelen med sydfasad. Vid beräkning av bl.a. panncentral, värmeväxlare med säkerhetsutrustning och primäraggregat i luftbehandlingssystemet har dock initialkostnaden fördelats på hela byggnadens 426 moduler i syfte att undvika alltför markerade marginalkostnader.

Fördelningen över entreprenadgränserna inkl. sekundära kostnader men exkl. panncentral- och konstruktionskostnad framgår av uppställningen nedan. (januari 1973). Fönsterkostnaden ingår i Bygg.

	Vent.	Rör	Bygg.
A 1	38%	25%	37%
A 2	35%	21%	44%
B 1	46%	0%	54%
B 2	50%	0%	50%

Fördelningen blir ungefär densamma med 1975-års priser. Kostar ventilationsentreprenaden vid alt A1 100% blir relationen till A2 97%, B1 115% och B2 112%. Dessutom tillkommer kostnad för elvärmare vilket ökar vent. entreprenaden vid alt. B1 och B2.

Relaterar man entreprenadkostnad till redovisad totalkostnad inkl. fönsterkostnad och panncentral-kostnad erhåller man:

	Vent.	Rör.	Bygg.	Övrigt
A 1	31%	21%	30%	18%
A 2	30%	18%	37%	15%
B 1	36%	0%	41%	23%
B 2	36%	0%	37%	27%

Osäkerheten i redovisad beräkning beror främst av primärkostnaden för fönster, radiatorer och variation av kanalisering.

Konventionella fönster med kopplade bågar visar klart lägre, (ca 200 kr maj-75), kostnad än fönster med isolerruta. Fönster enligt B2 med värmeabsorberande glas är i princip lika A1, fönster med kopplade bågar, men innehåller två tätningsslister, slitsar för ventilationsluft samt expanderande infästning av det värmeabsorberande glaset.

Kostnaden för radiatorsystem avser anläggning med rördragning i samma plan och genomföringar i fasadens utfackningspelare. Dessa förutsättes levererade som prefab och håltagningar upptages ej som kostnad. Bjälklagsgenomföring med rörstråk placerade i undertak och korridortak är väsentligt dyrbarare. Kostnaden för injustering (2%) innefattar driftstart. Inreglering ingår i radiatorpris och konstruktionskostnad.

Kanalanslutning av frånluftsfönster kostar totalt (maj-75-priser) 170 kr/modul varav ca 80 kr utgör materialkostnad. Anslutningskostnaden kan jämföras med kostnad för bjälklagsgenomföring och tilluftsstos enligt alt A1 (tilluft bakom radiatören) vilket kostar 247 kr inkl. don. Materialkostnaden är här ca 95 kr/modul. Kostnadsskillnaden beror av bjälklagsgenomföringen.

Den elektriska eftervärmaren vid alt B1 och B2 kan placeras i tilluftsdonet eller i kanalen. Båda typerna finns i marknaden. Individuell temperaturstyrning kan lätt erhållas om termostaten utförs med manuellt inställbart börvärde men konsekvenser i elenergiförbrukning och effektagifter måste uppmärksammas.



Primärt fungerar elvärmaren som kompensator för el-ljusvärme och syftar till att begränsa temperaturfallet i outnyttjade rum. Värmaren behöver alltså ej belastas med effektagift.

Inför man komfortkyla och dimensioneras kylutrustningen för driftstid 500 h/år innebär detta för Karlstad driftsfall med dygnsmedeltemperatur  $18,1^{\circ}\text{C}$  och dygnsvariation  $11,0^{\circ}\text{C}$ . Dessa värden utgör medelvärden av temperaturen under de  $500/12 = 41$  varmaste dygnen per år. Medelmolnmängden under sådan period är  $4/8$  enligt Taesler (1972).

Vid förutsättningar enligt ovan och med tänd elbelysning samt  $t(\text{rum}) < 26,0^{\circ}\text{C}$  erhålles kyleffektbehoven:

A1	135 W/modul
A2	132 "
B1	77 "
B2	116 "

Dessa effektbehov förutsätter en konstant konvektiv kylning 12 h/dygn och solskydd under 100% av tiden. Vid alt B2 medför textiltgardinen att konvektionsandelen för instrålad solenergi ökar med 70%.

Den installerade kyleffekten är moderat och förutsätter att elbelysningen inte används vid dygnsmedeltemperatur över  $18,1^{\circ}\text{C}$  om  $t(\text{rum}) < 26^{\circ}\text{C}$  skall innehållas.

Marginalkostnaden för kylutrustning är ca 700 kr/kWh exkl. sekundära kostnader. Initialkostnadsbilden kan nu skrivas:

	jan 73	maj 75	
A1 Enligt spec. ovan	981,00	1365,00	Kr/modul
Kylutrustning	67,50	95,00	"
Projektering etc 15%	<u>10,10</u>	<u>14,00</u>	"
	1059,00	1474,00	"

		jan -73	maj -75	
A2	Enligt spec. ovan	1012,00	1391,00	Kr/modul
	Kylutrustning	66,00	92,00	"
	Projektering etc 15%	<u>9,90</u>	<u>14,00</u>	"
		1088,00	1497,00	"
B1	Enligt spec. ovan	994,00	1368,00	Kr/modul
	Kylutrustning	38,50	54,00	"
	Projektering etc 15%	<u>5,80</u>	<u>8,00</u>	"
		1038,00	1430,00	"
B2	Enligt spec. ovan	936,00	1302,00	Kr/modul
	Kylutrustning	58,00	81,00	"
	Projektering etc 15%	<u>8,70</u>	<u>12,00</u>	"
		1003,00	1395,00	"

## 8. ÅRSKOSTNAD

Den årliga kostnaden för byggnadens klimatanläggning kan uppdelas i kapitalkostnad, skötsel och underhåll samt energikostnad.

Kapitalkostnaden är lätt beräkningsbar efter förutsett kalkylränta och avskrivningstider. Räntan har här valts till 8% och avskrivningen överensstämmer med för branschen normerande, exempelvis enligt Berglund & Lilja (1972).

Byggnad	40 år
Installationer	15 år
Persienner	8 år

Energikostnaden har för resp. system beräknats efter kalkyl avvärmebalansförlopp timma för timma under månaderna jan, mars, maj, juli, sept, nov.

Uteklimatdata har efter Taesler (1973) bearbetats till månadsmedelförlopp enligt redovisade diagram. Man tar således hänsyn till inverkan av klimatvariationer, genom datorberäkning enligt en icke stationär värmebalansmetod vilken då även inkluderar studier över inverkan av styrsystem för resp. alternativ A1-B2. Ventilationsluftflödet är generellt  $55 \text{ m}^3/\text{h}$  modul med  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  uteluft vid temperatur ute  $0^\circ\text{C}$ . När utetemperaturen är mindre än  $0^\circ$  sker en linjär reducering av uteluftandelen ned till  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  modul vid  $-20^\circ\text{C}$ .

Tillämpad beräkningsmetod utvecklad av Andersen & Becher (1971), DIA, Köpenhamn har för rumstypen kalibrerats mot resultat från Byggeforskningens program BRIS enligt Brown & Isfält med avseende på ingående konstanter. Som framgår av Fig. III sid 92 är överensstämmelsen god.

## 8.1 Kapitalkostnader

Uppställningen nedan förutsätter avskrivningstid 40 år för byggnad, 15 år för installationer och 8 år för persienner och solskydd. Kalkylränta 8%. Konstruktionskostnader och andra sekundära kostnader ingår.

### A1. Fönster med två klara glas i kopplade bågar.

#### Radiator. Tilluftsdon vid radiatorn.

			jan -73
Ventilation	15/8%	(423 Kr)	49,40 Kr/modul, år
Radiatorsystem	15/8%	(301 Kr)	35,20 "
PC	15/8%	(102 Kr)	11,90 "
Vent.kyla	15/8%	(78 Kr)	<u>9,10 "</u>
			105,60 "
Bygg	40/8%	(101 Kr)	8,50 "
Fönster	40/8%	(310 Kr)	26,00 "
Solskydd	8/8%	(40 Kr)	7,00 "
Övrigt	40/8%	(14 Kr)	<u>1,20 "</u>
			148,30 "

### A2. Fönster med isolerruta med två glas. Yttre glaset belagt med reflekterande skikt. Radiator. Tilluftsdon i tak vid fasaden.

			jan -73
Ventilation		(408 Kr)	47,70 Kr/modul, år
Radiatorsystem		(267 Kr)	31,20 "
PC		(108 Kr)	12,60 "
Vent.kyla		(76 Kr)	<u>8,90 "</u>
			100,40 "
Bygg		(62 Kr)	5,20 "
Fönster		(461 Kr)	38,70 "
Övrigt		(16 Kr)	<u>1,30 "</u>
			145,60 "

B1. Frånlufts-fönster med yttre klart isolerglas och inre klart enkelglas. Mellanglaspersienn. Tilluftsdon i tak vid fasad.

jan -73		
Ventilation	(491 Kr)	57,40 Kr/modul, år
PC	(85 Kr)	9,90 "
Vent.kyla	(44 Kr)	<u>5,10 "</u>
		72,40 "
Bygg	(97 Kr)	8,10 "
Fönster	(473 Kr)	39,70 "
Solskydd	(40 Kr)	7,00 "
Övrigt	(18 Kr)	1,50 "
Elvärmare	(100 Kr)	<u>11,70 "</u>
		140,40

B2. Frånlufts-fönster med yttre värmeabsorberande enkelglas 6 mm och inre klart maskinglas 3 mm. Tilluftsdon vid bakväggen.

jan -73		
Ventilation	(477 Kr)	55,70 Kr/modul, år
PC	(100 Kr)	11,70 "
Vent.kyla	(67 Kr)	<u>7,80 "</u>
		75,20 "
Bygg	(88 Kr)	7,40 "
Fönster	(400 Kr)	33,50 "
Övrigt	(16 Kr)	1,30 "
Elvärmare	(100 Kr)	<u>11,70 "</u>
		129,10 "

Kostnadsskillnaden mellan skilda alternativ är liten. Posten "Vent.kyla" avser marginell kostnad för utrustning med begränsad kyleffekt enligt spec. under avsnitt om anläggningskostnad ovan. Kostnader för installationer minskar något vid frånlufts-fönstersystem vilket ger mer markant inverkan på kapitalkostnaden eftersom avskrivningstider får betydelse.

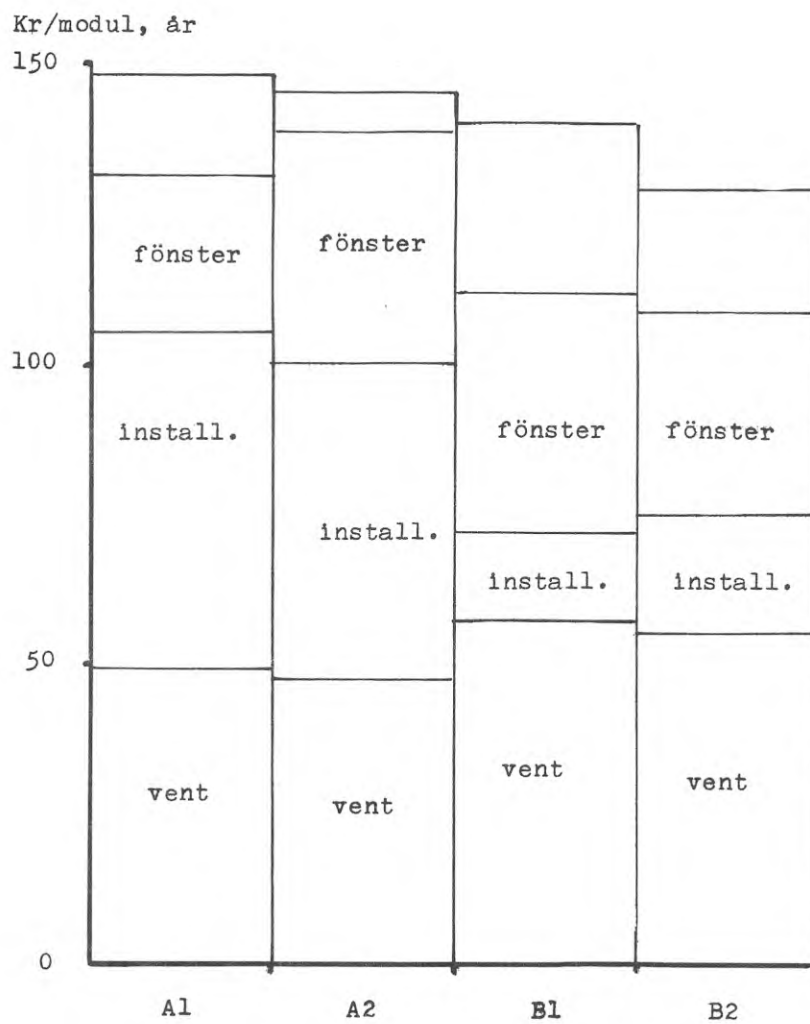


Fig. 9. Kapitalkostnader för studerade system.  
Beteckningar A1-B2 enligt Fig.8.

## 8.2 Underhåll.

Generellt är kostnad för skötsel och underhåll 2% av investering i installationer exkl. sekundära kostnader. Kostnaden innefattar byte av filter, justering av repdrifter samt kontroll av styrutrustning och reglercentral. Faktorn 2% är baserad på erfarenhetsvärden, jämför Berglund & Lilja (1972).

Skötsel och underhåll för byggnad begränsas i kalkylen till kostnad för fönsterrengöring samt byte av tätningslister i fönstren.

Fönsterrengöring kostar 1973 ca 1,20 kr per m<sup>2</sup> glasyta och putstillfälle eller för 2-glasfönster vid frekvens 3 ggr/år 16 kr/fönster, år. Motsvarande kostnad för isolerruta är 8 kr/fönster, år.

Frånluftsfönster smutsas mindre än fönster med kopplade båggar beroende bl.a. på att ventilation mellan glasen sker med rumsluft som generellt är renare än uteluft. I frånluftsfönstrets luftspalt förhindras sedimentering av partiklar på persiennlameller och andra ytor genom den konstant uppåtriktade luftströmmen.

Försmutsning av tobaksrök minskas genom att frånluftsfönstrets varmare inre glasyta resp. större hastigheter i luftspalten reducerar termodiffusion och adhesion. Erfarenhetsvärden från bl.a. byggnad i Helsingfors visar att de tre inre ytorna i frånluftsfönstret behöver tvättas endast 2 ggr/år i relation till 4 ggr/år för vanligt kopplat fönster. I kalkylen förutsättes frånluftsfönstrets utsida tvättas 3 ggr/år och inre glasytor 2 ggr/år. Kostnaden blir 12 Kr/år, fönster.

Underhåll av fönster innebär bl.a. byte av tätningsslister efter 10 år vid förutsatt neoprenutförande samt justering av kopplingar och beslag. För konventionella fönster blir årskostnaden för detta lika med 1% av investeringen. Fönster i utförande 1 enligt kalkylen är förutsatta underhållsfria med avseende på målningsarbeten etc men det torde vara befogat att ändå räkna med en underhållskostnad på 1% av investeringen. Frånlufts-fönster har dubbla tätningsslister men endast den yttre har kritisk betydelse för fönstrets funktion.

Persiennerna kostar årligen i underhåll 3% av investeringen. Detta innebär att efter 10 år 2 av 9 persiennerna helt ersatts om årlig prisstegring är 3%.

A 1 Fönster med två klara glas i kopplade båg-  
radiator. Tilluftsdon vid radiatorn.

Underhåll & skötsel, ventilation 2%	7,90	Kr/modul,år
" radiatorsystem 2%	<u>4,80</u>	"
Summa installationer	12,70	"
Underhåll & skötsel, fönster 2%	6,20	"
" persienn 2%	1,20	"
Rengöring, fönster	<u>16,00</u>	"
	36,10	"

A 2. Fönster med isolerruta med två glas. Yttre glaset  
belagt med reflekterande skikt. Radiator. Tilluftsdon  
i tak vid fasaden.

Underhåll & skötsel, ventilation 2%	7,50	Kr/modul,år
" radiatorsystem 2%	<u>4,40</u>	"
Summa, installationer	11,90	"
Underhåll & skötsel, fönster 2%	9,20	"
Rengöring, fönster	<u>8,00</u>	"
	29,10	"



B 1. Frånluftsfönster med yttre klart isolerglas  
och inre klart enkelglas. Mellanglaspersienn.  
Tilluftsdon i tak vid fasad.

Underhåll & skötsel, ventilation 2%	9,00	Kr/modul,år
" elvärmare 2%	<u>2,00</u>	"
Summa, installationer	11,00	"
Underhåll & skötsel, fönster 2%	9,50	"
" persienn 2%	1,20	"
Rengöring, fönster	<u>12,00</u>	"
	33,70	"

B 2. Frånluftsfönster med yttre värmeabsorberande  
enkelglas 6 mm och inre klart maskinglas 3 mm.  
Tilluftsdon vid bakväggen.

Underhåll & skötsel, ventilation 2%	8,80	Kr/modul,år
" elvärmare 2%	<u>2,00</u>	"
Summa, installationer	10,80	"
Underhåll & skötsel, fönster 2%	8,00	"
Rengöring, fönster	<u>12,00</u>	"
	30,80	"

Man ser att kostnad för underhåll av enbart installationer är lägst för frånluftsfönsteralternativen. Däremot visar alt. A2 med reflekterande isolerruta markant lägre kostnad för underhåll och rengöring av fönster.

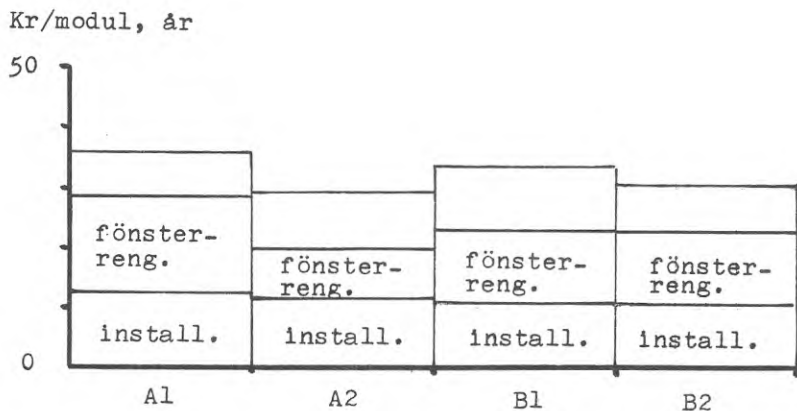


Fig. 10. Kostnad för underhåll, service och fönsterrengöring. Andel för ventilation, värme och elvärmare exkl pc har separerats. Beteckningar enligt Fig. 8.

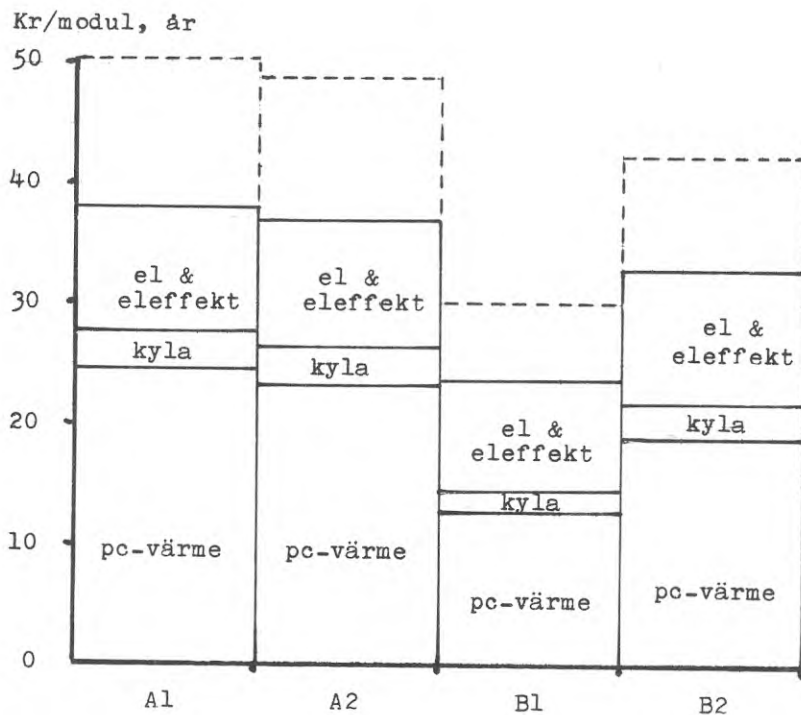


Fig. 11. Energikostnader. PC-energi förutsättes kosta 0,031 Kr/kWh. Inverkan av 50% prisökning markeras med streckad linje. Kostnad för kyla avser begränsad kyl-effekt. Effektavgiften för el är beräknad efter 130 Kr per kW. Effektavgift för pc-energi ingår ej.

### 8.3 Energikostnader.

Kostnaden för energi inkluderar effektavgifter för elenergi till pumpar, fläktar och kylkompressor. Effektkostnad för oljeenergi redovisas som pc-kostnad under kapitalkostnader.

Elenergi förutsättes kosta 0,06 Kr/kWh med effektavgift 130 Kr/år och installerad kW. Eleffekten till kylmaskinens elmotor antages uppgå till 0,3 kW per kW kyleffekt enligt Glas (1972). För elvärmare i frånluftsfönstersystem utgår ingen effektavgift eftersom dessa förutsättes styras av rumstermostat med fast börvärde. Elvärmaren fungerar uteslutande som kompensator för belysningsvärme i tillfälligt outnyttjade rum.

Energibehov för uppvärmning av ventilationsluft och radiatorer har beräknats timma för timma över sex av årets månader enligt ovan och enligt spec. i Appendix 3. Kostnaden för eldningsolja är för närvarande labil och här beräknad efter energipris 0,031 Kr/kWh. Effekten av icke osannolik prisökning med 50% har specificerats separat.

#### Al. Fönster med två klara glas i kopplade bågar. Radiator. Tilluftsdon vid radiatorn.

		jan-73
Elenergi, fläktar	(48,6 kWh)	2,90 Kr/modul, år
" pumpar	(22,8 kWh)	1,40 "
Effektavgifter, fläktar		2,20 "
" pumpar		<u>0,50 "</u>
		7,00 "
Elenergi, vent.kyla	(20,3 kWh)	1,20 "
Effektavgifter, vent.kyla		<u>5,30 "</u>
		13,50 "
PC-energi, 792 kWh à 0,031 Kr		<u>24,60 "</u>
		38,10 "
(50% prisökning, pc-energi)		<u>(12,30)"</u>
		(50,40)"

Anm.: Energipriset  $0,031 + 50\% = 0,047$  Kr/kWh motsvarar oljepris 358 kr/m<sup>3</sup> (Eo 4 maj-75 Göteborg 367 Kr/m<sup>3</sup>) vid 75% totalverkningsgrad

A2. Fönster med isolerruta med två glas. Yttre glaset belagt med reflekterande skikt. Radiator. Tilluftsdon i tak vid fasaden.

Elenergi, fläktar	(48,6 kWh)	2,90 Kr/modul, år
" pumpar	(22,8 kWh)	1,40 "
Effektavgifter, fläktar		2,20 "
" pumpar		<u>0,50 "</u>
		7,00 "
Elenergi, vent.kyla	(19,8 kWh)	1,20 "
Effektavgifter, vent.kyla		<u>5,30 "</u>
		13,50 "
PC-energi, 759 kWh à 0,031 Kr		<u>23,50 "</u>
		37,00 "
(50% prisökning, pc-energi)		<u>(11,80) "</u>
		(48,80) "

B1. Frånluftsfönster med yttre klart isolerglas och inre klart enkelglas. Mellanglaspersienn. Tilluftsdon i tak vid fasaden.

Elenergi, fläktar	(65,3 kWh)	3,90 Kr/modul, år
Effektavgifter, fläktar		<u>2,20 "</u>
		6,10 "
Elenergi, vent.kyla	(11,6 kWh)	0,70 "
Effektavgifter, vent.kyla		<u>3,00 "</u>
		9,80 "
Elenergi för värmare 1)		<u>1,70 "</u>
		11,00 "
PC-energi, 410 kWh à 0,031 Kr		<u>12,70 "</u>
		23,70 "
(50% prisökning, pc-energi)		<u>( 6,40) "</u>
		(30,10) "

1) 100 W/modul under 0,10x11x260=286 h/år

B2. Frånlufts-fönster med yttre värmeabsorberande  
enkelglas 6 mm och inre klart maskinglas 3 mm.  
Tilluftsdon vid bakväggen.

		jan -73
Elenergi, fläktar	(65,3 kWh)	3,90 Kr/modul, år
Effektavgifter, fläktar		<u>2,20 "</u>
		6,10 "
Elenergi, vent.kyla	(17,4 kWh)	1,00 "
Effektavgifter, vent,kyla		<u>4,50 "</u>
		11,60 "
Elenergi för värmare <sup>1)</sup>		<u>2,40 "</u>
		14,00 "
PC-energi, 608 kWh à 0,031 Kr		<u>18,90 "</u>
		32,90 "
(50% prisökning, pc-energi)		<u>( 9,50 )"</u>
		(42,40)"

1) 100 W/modul under 0,20x11x260=572 h/år

8.4 Diskussion av årskostnader.

Den årliga kostnaden för energi kan specificeras enligt  
(jan -73-priser)

	A1	A2	B1	B2
Elkostnader	13,50	13,50	9,80	11,60 Kr/modul, år
Elvärmare	-	-	1,70	2,40
pc-energi	<u>24,60</u>	<u>23,50</u>	<u>12,70</u>	<u>18,90</u>
	38,10	37,00	24,20	32,90
	(100%)	(97%)	(64%)	(86%)
50% prisökning pc-energi	<u>12,30</u>	<u>11,80</u>	<u>6,40</u>	<u>9,50</u>
	50,40	48,80	30,60	42,40
	(100%)	(97%)	(61%)	(84%)

Alt B2 med värmeabsorberande glas bör förses med persienn som medger bättre utnyttjande av instrålad solenergi för uppvärmning av ventilationsluft. Därvid uppnår man i det närmaste de egenskaper och värmeenergikostnader som gäller för alt B1. Detta orsakas av att frånluftstemperaturen stiger brant vid luftens passage genom ett helt eller delvis solbelyst frånluftsfönster om persiennen användes.

Energikostnaden är kalkylerad efter förutsättning att återluftsflödet är  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ , modul (27%) vid  $t(\text{ute}) > 0^\circ\text{C}$ . Annan återluftsandel kan ge ännu lägre energikostnad för frånluftsfönstersystem.

Energi i den ej återförda andelen frånluft,  $40 \text{ m}^3/\text{h}$ , modul kan utnyttjas för uppvärmning av ventilationsluft till ej solbelysta fasader. Vid årsmedeltemperatur för Karlstad,  $+5,9^\circ\text{C}$ , och medianmolnmängden  $5/8$  har frånluften efter fönstret en temperatur av  $24,7^\circ\text{C}$ . Solinstrålning förutsättes efter mars månad. Om frånluftsflödet användes för återföring till skuggade fasadrum kan alltså effekten  $40 \times 0,35 \times (24,7 - 16,2) = 119 \text{ W/modul}$  motsvarande 97% av värmebehovet för uppvärmning av ventilationsluft återföras.  $16,2^\circ$  utgör tilluftstemperatur enligt förutsättningar i värmebalanskalkyl vid årsmedeltemperatur  $5,9^\circ\text{C}$ . Antager man att 30% av kv. Enighetens 426 moduler vid visst tillfälle är utsatta för solinstrålning, dagsmedeltal för mars  $422 \text{ W/m}^2$ , erhåller man  $15,2 \text{ kW}$  att fördela på 298 moduler dvs  $51 \text{ W/modul}$ . Återför man nominell luftmängd  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  modul kan 36% av värmebehovet dagtid vid 1/1 luftflöde tillgodoses genom överföring av värme från solbelysta fasader.

Emellertid är storleken, i.e. årlig besparing, av sådan energiöverföring ej beräkningsbar med tillgängliga datorprogram. Driftserfarenheter från kv. Enigheten visar exceptionellt låga energibehov men någon seriöst genomförd uppmätning av total tillförd energi har hittills av tekniska skäl ej kunnat genomföras.

Summerar man den totala årskostnaden för studerade alternativ erhålles:(jan-73-priser)

A1 ...tilluftsdon vid radiatorn.

Kapitalkostnad	148,30 Kr/modul, år
Underhåll...	36,10 "
Energi	<u>38,10 "</u>
(100%)	222,50 "

A2 ...isolerruta med reflekterande skikt.

Kapitalkostnad	145,60 Kr/modul, år
Underhåll...	29,10 "
Energi	<u>37,00 "</u>
(95%)	211,70 "

B1 ...frånluftsfönster med tre glas och persienn.

Kapitalkostnad	140,40 Kr/modul, år
Underhåll...	33,70 "
Energi	<u>23,70 "</u>
(89%)	197,80 "

B2 ...frånluftsfönster med värmeabsorberande glas.

Kapitalkostnad	129,10 Kr/modul, år
Underhåll...	33,70 "
Energi	<u>32,90 "</u>
(88%)	195,70 "

Alt A1, B1 och B2 tillåter att undertaket i rummet slopas. Frånluftsfönstersystemen förutsättes då ha kanalisering i eller vid fasaden. Kostnadsbesparingen blir av storleksordning 250 Kr/modul i initialkostnad vilket motsvarar 21 Kr/modul, år vid 40 års avskrivning för undertaket. Enligt bl a SF (1973) kan vid frånluftsfönster tilluften införas genom don i bakväggen vilket ger en ytterligare kostnadsreduktion för dessa alternativ.

## 9. KOMMENTAR

Generellt har vid utredningens genomförande faktiska förutsättande data från den studerade byggnaden, kv Enigheten, Karstad, använts. Ventilationsluftflöde och elbelysningsstyrka har reducerats något till mer frekventa värden enligt specifikation.

Erforderliga effekt- och energibehov för studerade alternativ principer har minimerats genom kalkyl av värmebalansförlopp över perioden en vecka. Detta förfarande leder till de förhållandevis låga värmebehov vilka redovisas i utredningen. Max effektbehov inträffar vid utetemperatur  $-12^{\circ}$ ,  $-15^{\circ}$ C,  $-10^{\circ}$ C och  $-16^{\circ}$ C för respektive alternativ A1, A2, B1 och B2.

Kyleffekt och kylenergi har beräknats efter liknande princip. Fasadrum med vanliga solskydd, inläckning 40%, elljus 700 lux och fönsterarea enligt kv. Enigheten visar i juni vid klar himmel momentana kylbehov av storleksordning  $100 \text{ W/m}^2$ . Sådana effekter är mycket besvärliga att kompensera genom enbart kylning med ventilationsluft eftersom komfortstörningar från lågtempererade luftstrålar från tilluftsdonet lätt uppträder. Reducerar man solinläckningen, särskilt den långvågiga värmestrålningen, genom införande av frånluftsfönster och samtidigt genom lämpligt utförande av byggnad och styrutrustning utnyttjar huskroppen för dämpning av temperatursvängningar kan stora komfort och energivinster göras. Alternativt får kyltak installeras om man vill ha fullgod komfort vid alla driftsfall. I föreliggande utredning har endast begränsad kylning förutsatts. Vid extremt hög dygnsmedeltemperatur,  $>18^{\circ}$ C får elljuset inte användas under dagtid vid klar himmel om kännbar rumstemperatur skall hållas  $< 26^{\circ}$ C.



Vid simulering av temperaturförlopp i rum genom beräkning i dator kan slumpvis uppträdande fel i signaler från temperaturgivare inte kalkyleras. Likaså är fel i värmeeffektfordelning i radiator- och ventilationssystem besvärliga att simulera. Eftersom man eftersträvar marginaler till komfortstörningar överdimensioneras ofta både anläggning och börvärden i styrsystem. Detta leder lätt till kraftigt ökande energitillskott från värmeanläggningen med åtföljande kostnader. System med en värmebärare, ventilationsluft, är lättare att praktiskt hantera i detta avseende bl.a. därför att styrsystemet har kort ställtid.

Utredningen påvisar frånluftsfönstersystems egenskaper och kostnader i relation till representativa system. Av stort intresse är frånluftsfönsterprincipers dokumenterade låga energikostnader och påvisade möjligheter till ytterligare reducering.

## LITTERATUR

- Adamson, B., 1968, Värmebalans vid rum och byggnader. Arbetsrapport 1968:1, LTH, Lund.
- ASHRAE, 1972, Handbook of Fundamentals. ASHRAE. New York
- Andersen, B., 1971, Beregning af temperaturforlob i bygninger, VVS, Vol. 5, 1971, Köpenhamn.
- Andersen, B & Boström, T., 1972, Värmebalansberäkning på programmerbar elektronisk kalkylator, VVS, Vol. 8, 1972, Stockholm.
- Becher, P., 1971, Varme og ventilation, Teknisk forlag 1971, Köpenhamn.
- Berglund, K.-O. & Lilja, G., 1972, Underläg för kostnadsbedömningar vid klimatisering av cellkontor. VVS, Vol. 11, 1972, Stockholm.
- Biddison, R.E. & Mc Nall, P.E., 1970, Thermal and Comfort Sensations of Sedentary Persons Exposed to Asymmetric Radiant Fields (ASHRAE Transactions, Part. 1, Vol. 76), New York.
- Brown, G. & Isfält E., 1969, Instrålning från sol och himmel i Sverige under klara dagar. (Statens Institut för Byggnadsforskning) Rapport 19, Stockholm.
- Brown, G. & Isfält, E. Solinstrålning och solavskärmning. (Statens Institut för Byggnadsforskning) Anslag D 705.1973.
- Elmroth, A. & Höglund, I., Värmebalans i småhus. Teoretiska och experimentella undersökningar avseende ett mineralulls-isolerat regelhus. (Statens Institut för Byggnadsforskning) Rapport 7, 1973.
- Fanger, P.O., 1970, Thermal Comfort (Danish Technical Press), Köpenhamn.
- Glas, L.-O., 1972, Klimatbehandling i kontor och varuhus. VVS. Vol. 12, 1972, Stockholm.
- Höglund, I., 1973, Metod för beräkning av extrema yttemperaturer hos isolerade ytterkonstruktioner. (Statens Institut för Byggnadsforskning), Rapport 6, Stockholm.
- Isfält, E. A Computer Analysis of Window Shading Coefficients by Calculating Optical and Thermal Transmission. Symposium: Use of computers for Environmental Engineering Related to Buildings. (Nat. Bur. Stand. (U.S.) September 1971. New York.

Nielsen, O., 1973, Skaev strålning. VVS. Vol. 3. Köpenhamn.

Olivieri, J.B., 1971, A proposed air-conditioning rating system. ASHRAE Symposium on Evaluation and Classification of Air-Conditioning Systems, 1971. Philadelphia.

AB Svenska Fläktfabriken, Katalog 1973. sid. 867.

Södergren, D., & Boström, T., 1971, Ventilation and temperature control system with "exhaust air windows" and electric heaters in supply air diffusers. 5th International Congress for Heating, Ventilating and Air-Conditioning. (Polyteknisk forlag) 1971. Köpenhamn

Södergren, D., & Boström, T., Nytt system för värme och ventilation. Är radiatorernas tid ute? Sjukhuset Vol.3. 1972, Stockholm.

Södergren, D., & Boström T, 1971. Ventilating with the exhaust air window. (ASHRAE J. 1971), New York.

Södergren, D., 1970, Fullskaleprov av ventilationsprincip med frånluftsfönster och elvärmare i tilluft. (Statens Institut för Byggnadsforskning), Rapport 42. 1970.

Taesler, R., Klimatdata för Sverige, 1972, (Statens institut för Byggnadsforskning) Beckmans Tryckerier, 1972.



## APPENDIX 1

Kostnader för fönster och solskydd  
i skilda utföranden.

Initial- och årskostnader för en byggnads klimatiseringsanläggning är relaterad till kostnaden för fönster och solskydd genom skillnader i olika konstruktioners termiska funktion. Värmebelastningen i fasadrum sommartid utgöres till en dominerande del av genom fönster instrålad solvärme. Vintertid utgör värmetransmission genom fönster en avsevärd del av rummets värmebehov. Vid funktionskostnadsanalyser för klimat-anläggningar för fasadzoner är således kostnader och termiska egenskaper för fönster och solskydd av största betydelse.

Solskydd av olika slag kan kombineras med skilda fönsterkonstruktioner. Den totala kostnaden för fönster och solskydd är alltså avgörande för kostnadsbilden vid klimatanläggningar under drift sommartid. Vissa solskydd, exempelvis reflekterande Ni-skikt, kan endast kombineras med isolerrutor och bestämmer på detta sätt fönsterkonstruktionen.

Föreliggande undersökning visar kostnadsläge maj 1975 för de vanligast förekommande konstruktionerna av solskydd och fönster. Kostnader anges exkl. moms och transportkostnader för generellt två olika utförandeklasser för fönster enligt specifikationer nedan. Priser gäller för mängder  $> 500 \text{ m}^2$  karmyttermått. Stora variationer förekommer vid andra mängder och utförandeklasser.

Kostnadsläge för fönster maj 1975, kan omräknas till dagspris efter index H63.

Förutsättningar:

Fönster, utförande 1.

Båge & karm i furu klass B enligt SIS 818102 med lamellimmad karm och innerbåge. Hopfogning enligt SIS 818116. Bågen är i förekommande fall förborrad för persienn.

Karmdjup 154 mm eller vid kopplade 2-glasfönster samt 2-glasfönster med isolerruta 125 mm.

Ytterbåge utförs tryckimpregnerad. Karm & båge grund- och färdigmålas enligt SIS 056811 i kval P3 och egenskapsklass al med undantag för ut-sidor vilka behandlas i kval P4 och klass bl.

Ytterbåge och karm beslås med strängpressade eloxerade Al-profiler enligt SIS 4104.

Tätningsslister i neopren, 2 st bärggj och 2 st koppelggj enligt SIS 386901, blankförzinkade 4" resp. 3". Espanjolett med sidkolvar av vridtyp. Stjärnstift vid hörn. Koppelhakar enligt SIS 818112. Handtag i blankförnicklat utförande.

Glasning av isolerruta utförs med neoprengummi-profiler samt glasningsskena och tillhållarlistor i strängpressade Al-profiler. Glasning av yttre enkelglas med neoprengummi-profiler och tillhållarlistor i Al. Glasning av inre enkelglas med tillhållarlistor av trä.

Fönster, utförande 2.

Båge & karm i furu klass B enligt SIS 818102. Hopfogning enligt SIS 818116. Bågen i förekommande fall förbörad för persienn.

Karmdjup 154 mm eller vid tvåglasfönster 125 mm.

Karm & båge grundmålas enligt SIS 056811 och färdig-målas med enkel strykning. Tätningslister i ylleomspunnen plast.

Beslagning, gångjärn, koppel- och stängningsbeslag enligt Utförande 1.

Glasning av isolerruta utförs med neoprengummiprofiler och glasningsskena av strängpressade Al-profiler. Tillhållarlistor av trä. Yttre och inre enkelglas glasas i kitt med tillhållarlistor av trä.

Anläggningskostnader

Nedan specificeras anläggningskostnader för fönster och solskydd i skilda utföranden. Kostnaden gäller fönster med storlek, karmyttermått, 1,3 m<sup>2</sup> med b+h 2,3 m och dagmått 0,94 m<sup>2</sup>. Kostnaden för andra fönsterstorlekar kan beräknas efter pris för b+h men gäller b+h ≤ 2,8m.

(1) Isolerruta, 2-glas (klarglas), enkel båge.

3+12+3 mm.

Utförande 1

Båge & karm	117 Kr/fönster
Impregnering	13 "
Isolerruta	119 "
Glasning, arb	31 "
" mtrl (inkl glasningsskena)	68 "
Beslag	23 "
Målning	33 "
Al-profiler	<u>74 "</u>
	478 "

(2) Utförande 2,

Avgår:

Impregnering	13	
Glasning, mtrl	16	
Målning	15	
Al-profiler utv	74	<u>./.</u> 118
		360 Kr/fönster

(3) Isolerruta, 2-glas, Ni-skikt, enkel båge  
3+12+3 mm. (maskinglas, kval A).Utförande 1

Som (1) ovan men glaskostnad	<u>193</u>	Kr/fönster
Totalt	552	"

(4) Utförande 2.

Som (2) ovan men glaskostnad	<u>193</u>	"
Totalt	434	"

(5) Isolerruta, Ni-skikt, enkel båge.  
4+12+4 mm. (spegelglas).Utförande 1.

Som (1) ovan men glaskostnad	<u>214</u>	Kr/fönster
Totalt	573	"

(6) Utförande 2.

Som (2) ovan men glaskostnad	<u>214</u>	Kr/fönster
Totalt	455	"

(7) Isolerruta, Cu-skikt, enkel båge.  
4+12+4 mm (spegelglas).Utförande 1.

Som (1) ovan men glaskostnad	<u>281</u>	Kr/fönster
Totalt	640	"



- (7) Utförande 2.  
 Som (2) ovan men glaskostnad 281 Kr/fönster  
 Totalt 522 "
- (8) Isolerruta, Au-skikt, enkel båge.  
4+12+4 mm (spegelglas).  
Utförande 1.  
 Som (1) ovan men glaskostnad 308 Kr/fönster  
 Totalt 667 "
- (9) Utförande 2.  
 Som (2) ovan men glaskostnad 308 Kr/fönster  
 Totalt 549
- (10) Isolerruta, 6 mm värmeabsorberande  
glas ("float"), enkel båge.  
6+15+6 mm (spegelglas).  
Utförande 1.  
 Som (1) ovan men glaskostnad 164 Kr/fönster  
 Totalt 523 "
- (11) Utförande 2.  
 Som (2) ovan men glaskostnad 164 Kr/fönster  
 Totalt 405 "
- (12) Frånluftsfönster. 6 mm värmeabsorberande  
glas ("float") + 3 mm maskinglas, kval A.  
Kopplade bågar.  
Utförande 1.
- |                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| Båge & karm                    | 166 Kr/fönster |
| Impregnering                   | 13 "           |
| Värmeabsorberande 6 mm "float" | 50 "           |
| Maskinglas, kval A             | 20 "           |
| Glasning, arb.                 | 43 "           |
| " mtrl (exp.don)               | 55 "           |
| Beslag                         | 31 "           |
| Målning                        | 46 "           |
| Al-profiler, utv.              | 74             |
|                                | <hr/>          |
|                                | 498            |

(13) Utförande 2.

Avgår:

Impregnering	13	
Glasning	16	
Målning	22	
Al-profiler, utv	74	<u>./. 125</u>
		373 Kr/fönster

(14) Frånluftsfönster. Isolerglas 3+12+3 mm,  
klarglas. Inre maskinglas, kval A.3 mm.  
Mellanglaspersienn.Utförande 1.

Båge & karm	166	Kr/fönster
Impregnering	13	"
Isolerruta	119	"
Maskinglas	20	"
Glasning, arb.	43	"
" mtrl (Al- skena)	64	"
Beslag	31	"
Målning	46	"
Al-profiler, utv	<u>74</u>	"
	576	"
Mellanglaspersienn, lameller 25 mm	<u>55</u>	"
	631	"

(15) Utförande 2.

Avgår:

Impregnering	13	
Glasning, mtrl	16	
Målning	22	
Al-profiler, utv	74	<u>./. 125 Kr/fönster</u>

- (16) Fönster, 3 glas, med yttre maskinglas 3 mm och inre isolerglas 3+12+3 mm (klarglas). Mellanglaspersienn.

Utförande 1.

Som (14) ovan men båge & karm	<u>141</u> Kr/fönster
Totalt	551 "
Mellanglaspersienn, lameller	<u>55</u> "
25 mm	606 "

- (17) Utförande 2.

Som (15) ovan men båge & karm	<u>141</u> Kr/fönster
Totalt exkl persienn	426 "

- (18) Fönster, 2 glas, kopplade bågar. Maskinglas, kval A. Mellanglaspersienn.

Utförande 1.

Båge & karm	118 Kr/fönster
Impregnering	13 "
Glas	42 "
Glasning, arb	27 "
" mtrl	46 "
Beslag	23 "
Al-profiler, utv.	<u>74</u> "
	385 "
Mellanglaspersienn, lameller	
25 mm	<u>55</u> "
	440

- (19) Utförande 2.

Avgår:

Impregnering	13	
Glasning, mtrl	20	
Målning	22	
Al-profiler, utv	74	<u>129</u> Kr/fönster
Totalt exkl persienn	256	"

Solskydd

- (20) Mellanglaspersienn, lameller 25 mm.  
Ljus standardfärg, Linmanövrerade.  
Monterade i förborrad båge. 55 Kr/fönster
- (21) Som (20) men lameller 35 mm. 59 "

Redovisade kostnadsdifferenser innefattar kostnader för solskydd i kombination med anpassad fönsterkonstruktion. Angivna kostnader inkluderar emellertid inte skillnader i klimatanläggningens utförande efter olika krav från solvärmebelastningar vid skilda alternativ och ej heller olikheter betingade av varierande egenskaper under vinterförhållanden. Den totala kostnadsbilden framgår först efter ytterligare analys.

## APPENDIX 2

## Kostnader för radiatorsystem.

Beräkningen avser bestämning av investeringskostnad för radiatorsystem enligt alternativ A1 med tilluft vid radiatorn och alternativ A2 med tilluft vid tak.

Radiatorn är för A1 utförd en storlek högre än för A2 medan systemen i övrigt är i stort sett lika. System A1 har ett ökat energibehov för radiatorvärmning av tilluften vilket medför vissa ändrade dimensioner i rörnätet.

Kostnaden för rörstråk och stammar är beräknad för fyra kontorsplan i huskroppen mot söder i studerad byggnad kv. Enigheten, Karlstad. Rörstråken är förlagda i betjänade plan längs fasaden med genomföringar i utfackningspelare. Stammar är förlagda till ventilationsschakt.

Kostnaden för värmeväxlare, variatorcentral och säkerhetsutrustning har fördelats på byggnadens samtliga 426 kontorsmoduler. Värmeväxlarkostnaden är marginell och upptagen med 1/3 i kostnads-sammanställningen för radiatorsystem. Kostnaden för temperaturstyrutrustning förutsätter separat reglering för nordfasad och sydfasad. Fasader i den nord-syd belägna huskroppen inkluderas i denna uppdelning.

Komponentpriser är beräknade efter gällande listpris, januari 1973. Arbetskostnader är baserade på löpande röravtal med påslag enligt nedan.

SPECIFIKATIONER.Alt A2, ...tilluftsdon i tak vid fasaden.

108 st	Radiatorer AGA TPl-307 (färdigmålade inkl ventil)	5360 Kr	200 part.
108 st	Inkopplingar etc	108 "	222 "
108 st	Returkopplingar	500 "	-
208 m	Rör 10	408 "	83 "
280 m	" 15	660 "	112 "
26 m	" 20	74 "	12 "
13 m	" 25	53 "	7 "
5 m	" 32	26 "	3 "
	Transport	7189 Kr	639 part.

	Transport	7189 Kr	639 part.
	Tillhörande rördelar	735 "	76 "
4 st	Stamkopplingar 15	-	2 "
68 m	Färdigisolering 15	750 "	-
26 m	" 20	292 "	-
13 m	" 25	148 "	-
5 m	" 32	59 "	-
92 m	Slitsar 15	<u>155 "</u>	<u>9 "</u>
		<u>9328 "</u>	<u>726 "</u>
Kostnad för arbete, jan 73			8574 Kr
Semesterören			1481 "
Sociala kostnader 17,4%			<u>1492 "</u>
			<u>11547 "</u>
Summa kostnader, distributionssystem, 20875/108 =			193 Kr/modul

2 st	Pumpar, shuntgrupper	2000 Kr	20 part.
10 st	Ventiler, "	618 "	13 "
	Styrutrustning "	1800 "	16 "
	Övrigt	<u>110 "</u>	<u>4 "</u>
		<u>4528 "</u>	<u>53 "</u>

Reglercentral 1200 Kr -

1 st	Exp.kärl	500 Kr	15 part.
10 m	Rör 40	63 "	6 "
5 m	" 50	45 "	4 "
	Tillhörande rördelar	108 "	10 "
	Färdigisolering 40	204 "	-
	" 50	104 "	-
1 st	Värmeväxlare	5900 "	-
4 st	Ventiler	600 "	-
	Övrigt	68 "	-
	Arbete (marginellt)		25 "
	Tillhörande rördelar	<u>1000 "</u>	<u>25 "</u>
		(8592)"	(85 ")

Anm. Kostnaden för exp.kärl och värmeväxlare, 8592 Kr, är för radiatorsystemet marginellt och utgör 1/3 av totalkostnaden

Summa kostnader i undercentral:

Material.	4538 Kr
	1200 "
	8592 "
	<u>./. 5728 "</u>
	<u>8592 "</u>

Arbete, $53+85-(35 \times 2/3)=115$ part.	1358 Kr
Semesterören	235 "
Sociala kostnader 17,4%	236 "
	<u>1829 "</u>
Totalt, mtrl och arbete	10421 Kr
Uppdelat på 426 moduler	25 Kr/modul
Distributionssystem enligt ovan	<u>193 Kr/modul</u>
Totalt för radiatorsystemet, A2	218 Kr/modul

Alt A1, ...tilluftsdon vid radiatorn.

Radiatorn är här utförd en storlek högre i syfte att medge en tillfredsställande värmeövering mellan radiator och införd ventilationsluft. Detta innebär en merkostnad i material av Kr 4,90 per modul och en ökning i arbete med 0,45 part. beroende på att radiatoren överskrider en viktgräns i avtalet. Merkostnaden för arbete blir 7,15 Kr/modul inkl semesterören och sociala kostnader. Systemet innebär en omfördelning av värmeförseln från luftvärmarkretsen till radiatorkretsen vilket medför en kostnadsökning på radiatorsidan med ca 9 Kr/modul. Totalt blir kostnadsökningen 21 Kr/modul eller 10%. Luftvärmarkretsen kan minskas något i dimension men åtföljande kostnadsreduktion är liten och ej beräkningsbar.

Radiatorsystem 239 Kr/modul

Anm. Förutsatt andel i huvudvärmväxlare, 1/3, kan i detta fall diskuteras eftersom värmeförseln delvis omfördelats från luftvärmare till radiatorsystem.

DISKUSSION.

Beräknade priser för radiatorsystem, 220 resp. 240 Kr/modul, inkluderar semesterören och 15% sociala kostnader. Resterande omkostnader redovisade som sekundärkostnader i rapportens initialkostnadsspecifikation. Det totala tillägget för omkostnader etc, exkl semesterören, utgör 50% av nettolönen.

Med hänsyn till att radiatorsystemet förutsättes vara en marginell utökning av rörentreprenaden samt att motsvarande pålägg gäller för approximativt samma numeriska arbetskostnad i vent.entreprenaden kan beräkningsprincipen anses ge en reell bild av kostnadsfördelningen.

Upphandlingsförfarandets betydelse för totalkostnaden är givetvis stor. En kostnadsökning av storleksordning 20 Kr/modul kan lätt uppstå för radiatorsystemet. Rapportens initialkostnads-sammanställning visar att i så fall alternativ A2 "...isolerruta...med reflekterande skikt" blir markant dyrare än övriga alternativ.



REVIDERING TILL PRISNIVÅ MAJ 1975, INDEX H63.SPECIFIKATIONER.Alt A2, ...tillluftsdon i tak vid fasaden.

108 st Radiatorer AGA TP1-307 (färdigmålade inkl ventil)	7075 Kr	200 part.
108 st Inkopplingar, etc	212 "	222 "
108 st Returkopplingar	980 "	-
208 m Rör 10	800 "	83 "
280 m Rör 15	1294 "	112 "
26 m Rör 20	145 "	12 "
13 m Rör 25	104 "	7 "
5 m Rör 32	51 "	3 "
Tillhörande rördelar	1441 "	76 "
4 st Stamkopplingar 15	-	2 "
68 m Färdigisolering 15	1103 "	-
26 m " 20	429 "	-
13 m " 25	218 "	-
5 m " 32	87 "	-
92 m Slitsar 15	228 "	9 "
	<u>14167 "</u>	<u>726 "</u>

Kostnad för arbete inkl omkostnader enligt specifikation i jan 73 -pris	11547 Kr
Indexreglering (H63) till maj 75	<u>3350 "</u>
	14897 "

Summa kostnader, distributionssystem,  
29064/108 = 269 Kr/modul

2 st Pumpar, shuntgrupper	3180 Kr	20 part.
10 st Ventiler "	1063 "	13 "
Styrutrustning "	2160 "	16 "
Övrigt	<u>216 "</u>	<u>4 "</u>
	6619 "	53 "
Reglercentral	1450 "	-
1 st Expansionskärl	950 "	15 "
10 m Rör 40	123 "	6 "
5 m Rör 50	88 "	4 "
Tillhörande rördelar	212 "	10 "
Färdigisolering 40	300 "	-
" 50	153 "	-
1 st Värmeväxlare	9150 "	-
4 st Ventiler	1100 "	-
Övrigt	68 "	-
Arbete (marginalkostnad)		25 "
Tillhörande rördelar	2000 "	25 "
	<u>22145 "</u>	<u>138 "</u>

Kostnaden för expansionkärl och värmväxlare är för radiatorsystemet marginell och utgör 1/3 av totalkostnaden, dvs  $0,33 \times 14076 = 4692$  Kr. 9384 Kr faller på ventilation, osv.

Summa kostnader i undercentral:

Material	6619 Kr
Reglercentral	1450 Kr
Värmväxlare etc	<u>4692 Kr</u>
	12761 Kr

Kostnad för arbete inkl omkostnader enligt specifikation i jan 73 -pris	1829 Kr
---	---------

Indexreglering (H63) till maj 75	<u>530 Kr</u>
	2359 Kr

Totalkostnad för undercentral, radiator-system	15120 Kr
Uppdelat på 426 moduler	36 Kr/modul
Distributionssystem enligt ovan	269 Kr/modul

<u>Totalt för radiatorsystem A2 "Fönster med ..."</u>	<u>305 Kr/modul</u>
---	---------------------

Alt A1 ...tilluftsdon vid radiatorn".

Enligt specifikation ovan i priser jan 73 ökar kostnaden med 10% för detta alternativ.

<u>Totalt för radiatorsystem A1</u>	<u>336 Kr/modul</u>
-------------------------------------	---------------------

## APPENDIX 3

Förutsättningar, värmebalansberäkningar och energibehovskalkyler.

Kontorsrum 2 moduler, kv. Enigheten, Karlstad

Beräknat rum ligger i plan 3, sydfasad, mot torget med fri horisont utan skärmande byggnader eller träd. På alla sidor om det beräknade rummet ligger identiskt lika rum utsatta för samma termiska belastningar.

Rummets dimensioner.

Golvarea	11,3 m <sup>2</sup>
Volym	27,6 m <sup>3</sup>
Våningshöjd	2,95 m
b x dj x h(undertak)	= 2,4x4,7x2,45 m

Material och konstruktioner.

Golv.

Nålfiltmatta 0,006 m och 0,013 m träfiberplatta direkt på betongbjälklaget.

Tak.

Sekundärbalkar (bxh) 0,25x0,30 m i c/c 1,20 m med mellanliggande undertak bestående av lättmetall-kassetter på balknät. Undertaket är luftgenomsläppligt och uppbär lysrörsarmaturerna. Takytan utgöres till 21% av undersida sekundärbalkar, 10% elarmaturer och resterande 69% kassettundertak.

Yttervägg.

Utfackningspelare i c/c 1,20 m och dimensioner (bxdj) 0,25x0,35 m samt mellanliggande väggelement med fönster. Väggdelen är utförd med 0,006 m träfiberplatta, mineralullsisolering, träfiberplatta, luftspalt och ytbeklädnad av granit. Väggdelens k-värde är mindre än 0,40 W/m<sup>2</sup>K. Väggdelens area inkl fönsterbåge och karm är 1,5 m<sup>2</sup>/modul.

Utfackningspelarens area är  $0,7 \text{ m}^2/\text{modul}$ . Resterande area utgöres av fasadbalken i bjälklag  $0,24 \text{ m}^2/\text{modul}$  samt fönstrets glasdel  $1,11 \text{ m}^2/\text{modul}$ .

Mellanväggar.

Gipsplattor  $2 \times 0,013 \text{ m}$ , mineralull och plattor  $2 \times 0,013 \text{ m}$ .  
k-värde  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Bakvägg.

Samma utförande som mellanvägg. Dörr med area  $1,75 \text{ m}^2$  och k-värde  $2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Fönster.

Frånluftsfönster med yttre klart isolerglas,  $3+12+3 \text{ mm}$ , och inre klart maskinglas,  $3 \text{ mm}$ . Glasavstånd  $58 \text{ mm}$ . Ljus mellanglaspersienn med  $25 \text{ mm}$  lameller. Frånluftsflöde vid 1/1 ventilation  $55 \text{ m}^3/\text{h}$  fönster lika med  $75 \text{ m}^3/\text{h}$  m (bredd dagmått). Frånluftsfloede vid 1/3 ventilation  $18$  resp.  $25 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Bjälklag.

Gjutet bjälklag med  $0,125 \text{ m}$  betongskiva med underliggande balkar i c/c  $1,2 \text{ m}$  och dimension (bxh)  $0,25 \times 0,30 \text{ m}$ . Vid fasaden balk med dimension (bxh)  $0,25 \times 0,20 \text{ m}$ .

Bestämning av konstanter för materialdata enligt Andersen & Becher:s metod för värmebalans.

Placering av fiktiva värmelagrande skikt.

Värmetransmissionen mellan golvytan och ett skikt i bjälklagsskivan kan skrivas

$$\dot{q}_{G1} = 11,3 \times \left( \frac{1}{0,006/0,10 + 0,013/0,15 + d/1,5} \right) \text{ W/K,}$$

där  $d$  = avståndet i m till det fiktiva skiktet.

På motsvarande sätt är värmeöverföringen till skiktet från undersida bjälklagsskiva

$$\dot{q}_{T1} = 8,9 \times \left( \frac{1}{(0,125-d)/1,5} \right) \text{ W/K.}$$

Värmetransmissionen från undersida eller sida av sekundärbalk till värmelagrande skikt är

$$q_{B1} = (2,37 + 4,7) \times \frac{1}{0,3/1,5} \quad \text{W/K,}$$

där 0,3 m är medelavstånd till fiktivt skikt och 4,7 m<sup>2</sup> arean av sekundärbalkarnas vertikala sidor.

Placeras det fiktiva värmelagrande skiktet 0,025 m från ovsidan bjälklagsskiva erhålles värmeöverföringen.

$$Ba(\text{tak}) = 8,9 \times 15 + (2,37 + 4,7) \times 5 = 169 \text{ W/K.}$$

$$Ba(\text{golv}) = 11,3 \times 6,12 = 69 \text{ W/K.}$$

Värmekapaciteten i balkar och 0,10 m bjälklagsskiva är

$$\begin{aligned} S_T &= 2300 \times 0,244 \times (0,30 \times 0,25 \times 4,7 \times 2 + 0,10 \times 4,7 \times 2,4) = \\ &= 1029 \text{ Wh/K.} \end{aligned}$$

Värmekapacitet i golvvkonstruktion och 0,025 m bjälklagsskiva är

$$\begin{aligned} S_G &= 0 + 0,37 \times 4,7 \times 2,4 \times 0,013 \times 1000 + 0,244 \times 4,7 \times 2,4 \times \\ &\quad \times 0,025 \times 2300 = 54,3 + 158,3 = 213 \text{ Wh/K.} \end{aligned}$$

Tidskonstanterna blir för takdelen 1029/169 = 6,1 h och för golvdelen 213/69 = 3,1 h. Differensen tillåter att skiktet placeras enligt ovan.

Värmekapacitet, S.

Enligt ovan är

$$S(\text{tak}) = 1029 \text{ Wh/K.}$$

$$S(\text{golv}) = 213 \quad "$$

$$S(\text{mv-vä}) = 0,302 \times 900 \times 4,7 \times 2,45 \times 0,026 = 81 \text{ Wh/K.}$$

$$S(\text{mv-hö}) = 81 \text{ Wh/K.}$$

$$S(\text{bakvägg}) = 0,302 \times 900 \times 2,4 \times 2,45 \times 0,026 = 42 \text{ Wh/K.}$$

$$S(\text{yttervägg}) = 0,244 \times 2300 \times 0,25 \times 0,35 \times 2,45 \times 2 + 0 = 241 \text{ Wh/K.}$$

Summa S = 1687 Wh/K.

Värmetransmission rumsyta till fiktivt värmelagrande skikt, Ba.

Enligt ovan är

$$Ba(\text{tak}) = 169 \text{ W/K.}$$

$$Ba(\text{golv}) = 69 \text{ W/K.}$$

$$Ba(\text{mv-vä}) = 4,7 \times 2,45 \times \frac{1}{0,026/0,221} = 97,9 \text{ W/K.}$$

$$Ba(\text{mv-hö}) = 97,9 \text{ W/K.}$$

$$Ba(\text{bakvägg}) = 2,4 \times 2,45 \times 8,5 = 50,0 \text{ W/K.}$$

$$Ba(\text{yttervägg}) = (0,25 + 0,35 \times 2) \times 2,75 \times 2 \times \frac{1}{0,125/1,5} = 62,7 \text{ W/K.}$$

Korrigeras efter medeltidskonstant för rummet erhålles

	S	Ba	S/Ba = $\gamma$	%S av $\sum S$	%S $\gamma$
Tak	1029	169	6,1	61%	3,72
Golv	213	69	3,1	13%	0,40
Mv-vä	81	98	0,8	5%	0,04
Mv-hö	81	98	0,8	5%	0,04
Bakvägg	42	50	0,8	2%	0,02
Yttervägg	241	63	3,8	14%	0,53
					4,75

$$\text{Korrigerat medelvärde för Ba} = \frac{1687}{4,75} = 355 \text{ W/K.}$$

Ventilation.

$$55 \text{ m}^3/\text{h} \text{ modul motsvarar } 2 \times 55 \times 0,35 = 38,5 \text{ W/K.}$$

$$1/3 \text{ luftflöde motsvarar } 12,8 \text{ W/K.}$$

Vid helt avstängd ventilation antages rummet ventilerat med inläckande uteluft  $0,3 \text{ vx/h} = 4 \text{ m}^3/\text{h}$  modul motsvarande för rummet  $2,8 \text{ W/K.}$

Värmeöverföring rumsluft till rumsytor.

Enligt Adamson (1968) är dygnsmedelvärdet för det vertikala värmeöverföringstalet  $\alpha$  (konvektion) =  $3,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  och för motsvarande horisontella  $\alpha$  (konvektion) =  $2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Dessa värden gäller för ett icke möblerat rum. Emellertid kan visas att värmemotstånd mellan yta och fiktivt värmelagrande skikt är bestämmande för värmeutbyte och temperaturförlopp i rum av beräknad typ varför mindre

variationer av dygnsmedelvärdet för  $\bar{\alpha}$  (konv.) ej ger kritiska förändringar i beräknad rumstemperatur.

Värmeöverföring mellan rumsluft och ytor kan med hänsyn till vertikala delar av balkar skrivas

$$B_o = 160 \text{ W/K.}$$

Värmetransmission till korridor.

Bakväggens k-värde =  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  och dörrens  $2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Man har

$$B_r = 4,1 \times 0,5 + 1,75 \times 2,7 = 6,8 \approx 7 \text{ W/K.}$$

Värmetransmission till uteförhållanden.

Enligt ovan är värmetransmissionen

$$B_u = (0,25 + 0,35 \times 2) \times 2,75 \times 2 \times \left( \frac{1}{0,17 + 0,3/1,75 + 0,05/0,04} \right) + 3,5 \times 0,4 + 2,22 \times k(\text{fönster}) = 3,3 + 1,4 + 2,22 \times k(\text{fönster}).$$

För studerade fönsterkonstruktioner erhålles

$$\begin{aligned} B_u(\text{frånluftsfönster}/75 \text{ m}^3/\text{h m})^{1/} &= 0,7 \times 2,22 + 4,7 = 6,3 \text{ W/K.} \\ B_u(\text{"-"/25 "}) &= 1,2 \times 2,22 + 4,7 = 7,4 \text{ W/K.} \\ B_u(\text{LVR isolerruta}) &= 2,6 \times 2,22 + 4,7 = 10,5 \text{ W/K.} \\ B_u(2\text{-glas, kopplat})^{2/} &= 2,9 \times 2,22 + 4,7 = 11,1 \text{ W/K.} \\ B_u(\text{frånluftsfönster, abs.glas})^{3/} &= 1,3 \times 2,22 + 4,7 = 7,6 \text{ W/K.} \\ B_u(\text{"-"/"-})^{4/} &= 1,8 \times 2,22 + 4,7 = 8,7 \text{ W/K.} \end{aligned}$$

1/ yttre klart isolerglas och inre klart maskinglas.

2/ medelvärde för k vid persienn 20% av tiden.

3/ yttre värmeabsorberande 6 mm bronsglas och inre klart enkelglas,  $75 \text{ m}^3/\text{h m}$ .

4/ som 3/ men  $25 \text{ m}^3/\text{h m}$ .

Sammanfattning, beräkningskonstanter.

$$S = 1687 \text{ Wh/K.}$$

$$B_a = 355 \text{ W/K.}$$

$$B_l(1/1) = 38,5 \text{ W/K.}$$

$$B_l(1/3) = 12,8 \text{ W/K.}$$

$$B_l(0) = 2,8 \text{ W/K.}$$

$$B_o = 160 \text{ W/K.}$$

$$B_r = 7 \text{ W/K.}$$

$$B_u = \text{enligt ovan för resp. fönsterkonstruktion.}$$

### Övriga förutsättningar, värmebalanskalkyl.

Periodiskt varierande värmebelastningar till rummet utgöres dels av interna sådana, elljus och personvärme, och dels av externa, utetemperatur, vindpåverkan och solinstrålning.

Interna värmelaster.

Varje 1,2 m modul med rumsdjup 4,7 m har två lysrörsarmaturer à 2x40 W exkl. reaktorer. Approximativt avger dessa armaturer 40 W/m<sup>2</sup> golvarea till rummet. Enligt Glas (1970) är konvektionsandelen 30% vid aktuell armaturinfästning.

Vid beräkningen har förutsatts en personvärmebelastning på 1 person 8 h/dygn under 5 dygn/vecka i ett 2-modulrum. Detta motsvarar ungefär av Berglund & Lilja (1972) använda värden; 2 personer per 3 moduler och beläggningsgrad 70%. I föreliggande kalkyl har 1 person antagits avge totalt 100 W varav 75W genom konvektion och 25 W genom långvägig strålning. Dessa värden är generella för samtliga studerade alternativ varför korrektioner efter temperaturdifferenser ej ansetts nödvändiga.

Man erhåller

$$I(\text{konvektion})/8-17.00/ = 135 + 75 = 210 \text{ W.}$$

$$I(\text{strålning})/8-17.00/ = 315 + 25 = 340 \text{ W.}$$

Externa värmelaster.

Klimatdataboken, Taesler (1972), ger numera visst underlag för studier av frekvensen för samvariation mellan klimatvariabler som lufttemperatur, entalpi för uteluften, dygnsvariationer och molnmängder. Emellertid föreligger inte några angivna "normala" klimatvariabler, exempelvis månadsförlopp för lufttemperatur, entalpi och strålningsintensitet i samvariation med angivande av relativ frekvens.

I syfte att erhålla periodiskt varierande klimatparametrar baserade på statistiskt underlag från åren 1931-1960 enligt Taesler (1972) har här en fiktiv "normalmånad" utformats.



Principen bygger på att klimatparametrarna varierar mellan värden för median, undre kvartil och övre kvartil varvid en begränsad statistiskt underbyggd månadsvariation erhålles. Därvid har i första hand symmetriska förlopp använts. Dygnsmedeltemperaturen varierar exempelvis enligt mönstret; median, övre kv., median, undre kv. median, övre kv., osv. Tillhörande värden för utetemperaturens dygnsvariation har kopplats till variationer i molnmängd så att max dygnsvariation i temperatur inträffar vid min molnmängd och vice versa.

Den använda konstruktionen leder till månadsförlopp enligt:

Dygn:	Dygnsmedel- temp.:	Lufttempe- raturens dygnsvaria- tion sfa dygnsmedel- temperatur:	Molnmängd sfa lufttemperatur:
1	median	undre kv.	Övre kv.
2	"	median	median
3	"	Övre kv.	undre kv.
4	Övre kv.	Övre kv.	undre kv.
5	"	median	median
6	"	undre kv.	Övre kv.
7	median	median	median
8	"	"	"
9	"	undre kv.	Övre kv.
10	undre kv.	undre kv.	Övre kv.
11	"	median	median
12	"	Övre kv.	undre kv.
13	median	undre kv.	Övre kv.
14	"	median	median
15	"	Övre kv.	undre kv.
16	Övre kv.	Övre kv.	undre kv.
17	"	median	median
18	"	"	"
19	"	"	"
20	"	undre kv.	Övre kv.
21	median	Övre kv.	undre kv.
22	"	"	"
23	"	median	median
24	undre kv.	Övre kv.	undre kv.
25	"	median	median
26	"	"	"
27	"	"	"
28	"	undre kv.	Övre kv.
29	median	undre kv.	Övre kv.
30	"	median	median
31	"	"	"

Dygnsmedeltemperaturen varierar således aldrig direkt från värden för övre kvartil till värden för undre kvartil. Molnmängden varierar dygn 12 till 13 direkt

från undre kvartil till övre kvartil dvs en simulering av hastig förändring i molnighet till mulet väder. Dygn 20 till 21 sker en motsvarande variation från övre kvartil till undre kvartil dvs till hastigt lättande molntäcke. Utetemperaturens dygnsvariation som enligt ovan är kopplad till molnmängdens samvarierar således vid dessa tillfällen uppåt eller nedåt beroende på årstid. Lördagar och söndagar infaller enligt 1973.

Solinstrålningen till beräknat rum bestäms efter Brown & Isfält (1969) samt korrigeras dels för fönsterarea och använd solavskärmning och dels för molnmängd gällande för det beräknade dygnet.

Solinstrålningen till rummet beräknas således enligt

$$I_{\text{sol}} = I_{\text{Brown}} \times A_{\text{fönster}} \times F_1 \times (1-m/8) W.$$

Instrålningen uppdelas i en strålningsandel och en konvektionsandel beroende av typ av utnyttjat solskydd enligt Becher (1971). Instrålningen förutsättes alltid helt diffuserad. I beräkningen användes solskydd för dygn med molnmängd  $\leq 5$ .

Principer för temperaturstyrutrustningen.

1. System med frånluftsfönster med tre glas,  $k = 0,7/1,2$ .

Tilluftstemperaturen i kanalsystemet fram till tilluftsdonet styrs av en utetemperaturgivare placerad så att uteluftens medeltemperatur avkännes utan hänsyn till solstrålning mot givaren.

Den elektriska värmaren vid tilluftsdonet förutsättes använd enbart för temperaturhållning i icke utnyttjade rum utan elljusvärme och personvärme. Elenergi för hållning i icke utnyttjade rum ingår i energikostnadskalkylen. Tilluftstemperaturen bestäms enligt ekvationen

$$t_{\text{tilluft}} = - \frac{t_{\text{ute}}}{6,10} + 15,7^{\circ} \text{C}.$$

Vid utetemperaturer högre än  $13,5^{\circ}$  ersätts föregående ekvation av villkoret

$$t_{\text{tilluft}} = t_{\text{uteluft}}$$

Vid ventilation utom kontorstid med 1/3-flöde gäller

$$t_{\text{tilluft}} = - \frac{t_{\text{ute}}}{1,66} + 21,6^{\circ}\text{C}.$$

För samtliga tilluftstemperaturer gäller att en temperaturhöjning av  $1,5^{\circ}$  för uppvärmning i fläkt och kanaler adderas till värde enligt ovan. Vidare gäller att temperaturen kl 07-08 vid frånluftsfönstersystem momentant höjs med  $4^{\circ}\text{C}$ . Angivna villkor för tilluftstemperaturen leder vid  $-20^{\circ}\text{C}$  ute till en rumstemperatur kl 07.30, före arbetstidens början, större än  $20^{\circ}\text{C}$ . Detta är ett generellt förutsättande klimatkrav i värmebalanskalkyler.

2. System med frånluftsfönster med två glas,  $k = 1,3/1,8$ .

Tilluftstemperaturen bestäms efter villkor enligt 1. ovan men den använda ekvationen korrigeras till

$$t_{\text{tilluft}} = - \frac{t_{\text{ute}}}{4,09} + 16,8^{\circ}\text{C}$$

Samma tilluftstemperatur vid 1/3-flöde som för alt. B1 med 3-glas frånluftsfönster.

3. System med reflekterande isolerruta (LVR) och radiator.

Tilluftstemperatur under kontorstid enligt samma villkor som vid frånluftsfönster med 3-glas. Vid avstängd ventilation utom kontorstid sker naturlig ventilation med  $0,3$  vx/h. Tilluftstemperaturen således lika med utetemperaturen. Ventilationsgraden  $0,3$  vx/h är baserad på mätningar av ofrivillig ventilation i småhus enligt Elmroth & Höglund (1973).

Radiatoreffekten är beräknad enligt

$$P(\text{vad.}) = 116 - 6,67 \times t_{\text{ute}} \quad \text{W/modul}$$

Transmissionsförlusten vid  $-20^{\circ}$  ute är 220 W/modul. Tilluftstemperaturen är inkl fläktuppvärmning  $20,5^{\circ}\text{C}$ . Resterande uppvärmning till  $22^{\circ}\text{C}$  kräver ca 30 W. Inläckande uteluft fordrar vid avstängd ventilation ca 60 W. Summa förluster under ett dygn blir 6,4 kWh. Summa tillskott från radiatorer blir 6 kWh. Underskottet 0,4 kWh medför temperatursänkning i outnyttjade rum vid mulet väder. Vid  $0^{\circ}\text{C}$  är motsvarande summor för förluster 3,5 kWh och tillskott 2,8 kWh. Tilluftstemperaturer och radiatoreffekter vilka står i ett lineärt förhållande till utetemperaturen har därför valts efter studier av värmebalansförlopp över en vecka. Energitillskottet har minimerats efter värmebehov i utnyttjade rum vilka i undantagsfall tillåts hålla  $\langle +19^{\circ}\text{C} \text{ men } >18^{\circ}\text{C}$  efter en 3-dygnsperiod. Dylåka fall inträffar företrädesvis under november och december då molnmängden är stor och alltså energitillskottet från solinstrålning litet.

Generellt har för samtliga studerade alternativ sådan minimering av energibehovet utförts. Av komfortskäl kan tilluftstemperaturen inte tillåtas underskrida  $15^{\circ}\text{C}$  vid något tillfälle och detta villkor bestämmer energibehov för uppvärmning av uteluftandelen. Vid årsmedeltemperatur ute  $+5,9^{\circ}\text{C}$  i Karlstad är tilluftstemperaturen  $16,3^{\circ}\text{C}$  och vid undre kvartil  $+0,6^{\circ}\text{C}$ ,  $17,1^{\circ}\text{C}$ .

4. System med kopplat 2-glasfönster och tilluft vid radiatorn.

Radiatorn har här valts en storlek högre, 0,40 m för att tillåta sänkning av tilluftstemperatur i don vilket ger en energibesparing.

Tilluftstemperaturen styrs enligt

$$t_{\text{tilluft}} = - \frac{t_{\text{ute}}}{66,5} + 13,7^{\circ}\text{C}$$

eller approximativt konstant  $14^{\circ}\text{C}$ .

Radiatoreffekten har ökats något till

$$P(\text{rad}) = 156 - 8,69 \times t_{\text{ute}} \quad \text{W/modul}$$

Summa energitillskott vid  $-20^{\circ}\text{C}$  ute blir 7,9 kWh/dygn och förluster 8,1 kWh/dygn. Differens i radiatoreffekt till alt med tilluft vid tak är vid  $-20^{\circ}\text{C}$  ute lika med 80 W/modul motsvarande uppvärmning av ventilationsluften med ca  $4^{\circ}\text{C}$ .

Radiatoreffekt och tilluftstemperatur har även vid detta alternativ valts så att rumstemperaturen blir  $>18^{\circ}\text{C}$  i outnyttjade rum efter en 3-dygnperiod. Värmebalanskalkylen över en vecka visar att övervärmning, i.e.  $>26^{\circ}\text{C}$  i rummet, lätt inträffar vid samtidig solinstrålning och belastning från elljus och personvärme. Detta är typiskt för system där tillförd värmeeffekt enbart styrs efter utetemperaturen.

#### Beräkningsgång.

Värmebalansmetoden tillhörande ekvationssystem med ingående konstanter enligt ovan har programmerats på en Monroe 1880 kalkylator. Ekvationer för tilluftstemperaturer och radiatoreffekter har lagts in med hänsyn till villkor för resp. driftsfall. Värmelasten från sol, elljus och personer ingår likaså i resp. program med korrektioner för solskydd, molnmängd, konvektions- och strålningsandelar samt driftstider. Utetemperatur och molnmängd har varierats enligt redovisade diagram över klimatvariationer.

För frånluftsfönstersystem har skilda ekvationer för k-värden och tilluftstemperatur använts vid dag resp. nattdrift av ventilationsanläggningen. Vid värmebehovsberäkningen har separat program utvecklats för bestämning av frånluftens temperaturändring vid passage genom frånluftsfönstret. Detta program baseras på Isfälts metod för motsvarande beräkning. Därvid har använda samband för konvektivt värmeöverföringstal sfa frånluftsflöde förenklats och beskrivits med ekvationer gällande för vid denna beräkning aktuella intervall. Det i Brown & Isfält (1971) angivna sambandet luftflöde till  $\alpha_k$  ger vid  $75 \text{ m}^3/\text{h m}$   $\alpha_k = 4,7 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  medan kalkylatorprogrammet ger  $4,3 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Vid  $25 \text{ m}^3/\text{h m}$  är motsvarande värden  $3,7$  resp.  $3,9 \text{ kcal/hm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ . En dylik approximation gällande för beräknade fönster kan tillåtas med hänsyn till vinster i hanterlighet.

Frånluftens energitillskott från instrålad solvärme har bestämts på liknande sätt. Isfälts resultat har för resp. fönstertyp och fönsterstorlek beskrivits med enkla ekvationer med begränsad giltighet vilka analyserats med avseende på beräkningsosäkerhet.

Dessa ekvationer har använts i kalkylatorprogrammet vilket därmed kunnat utföras inom given maximal storlek. Energibehovsberäkningen är utförd i 4416 tidsteg om 1 h för varje studerat system och detta omfång har nödvändiggjort viss rationalisering. Vid jämförelser funna avvikelser i beräknad frånluftstemperatur har varit mindre än  $1^\circ\text{C}$ . Vid nominell återluftandel  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  modul ger  $1^\circ\text{C}$  fel i temperatur  $5,3 \text{ W}$  fel i beräknad energiomsättning vilken totalt uppgår till  $275 \text{ W/modul}$  exkl. instrålad solenergi.

Energibehovsberäkningen har utförts över 6 av årets månader, jan., mars, maj, juli, september, november och för varje månad har beräkningen utgått från ett starttillstånd med konstant  $+22^{\circ}\text{C}$  i bjälklag, rumsytor och rumsluft.

Kyleffekt och kylenergibehov har beräknats efter medeldriftstid 500 h/år och max tillåten rumstemperatur  $+26$  vid tänd elbelysning. Utetemperatur och molnmängd har valts enligt medelvärde för de 500/12 varmaste dygnen under året. Solinstrålning enligt värden för juli månad. I samtliga fall ventileras byggnaden nattetid med 1/1 flöde utan kylning i syfte att reducera temperaturen i byggnadsstommen.

Den använda kalkylatortypen medger att max 4096 programsteg och 522 register utnyttjas automatiskt utan manuella operationer. Vid större krav på kapacitet får tapetillsats eller disc-minne tillkopplas. Trots den betydande initialkapaciteten fordras en viss rationalisering av programuppbyggnaden för att uppnå tillfredsställande automatik i beräkningsförloppet. Emellertid ger det principiellt enkla programmeringsförfarandet stora vinster ifråga om hanterlighet och enkel variering av programmen.

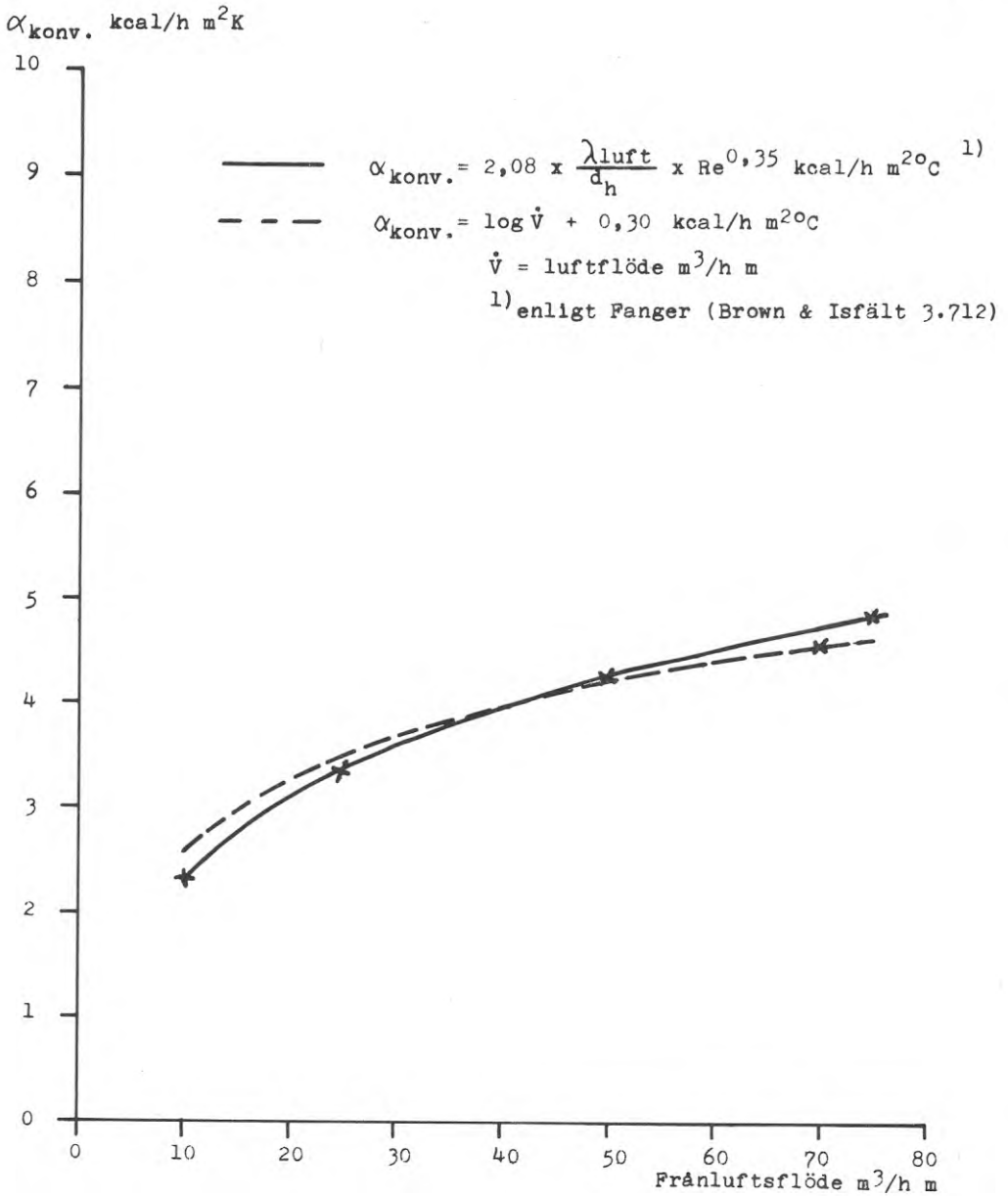


Fig. I. Konvektivt värmeöverföringstal i frånlufts-fönstrets luftspalt enligt Fanger och enligt ekvation för kalkylatorprogram.



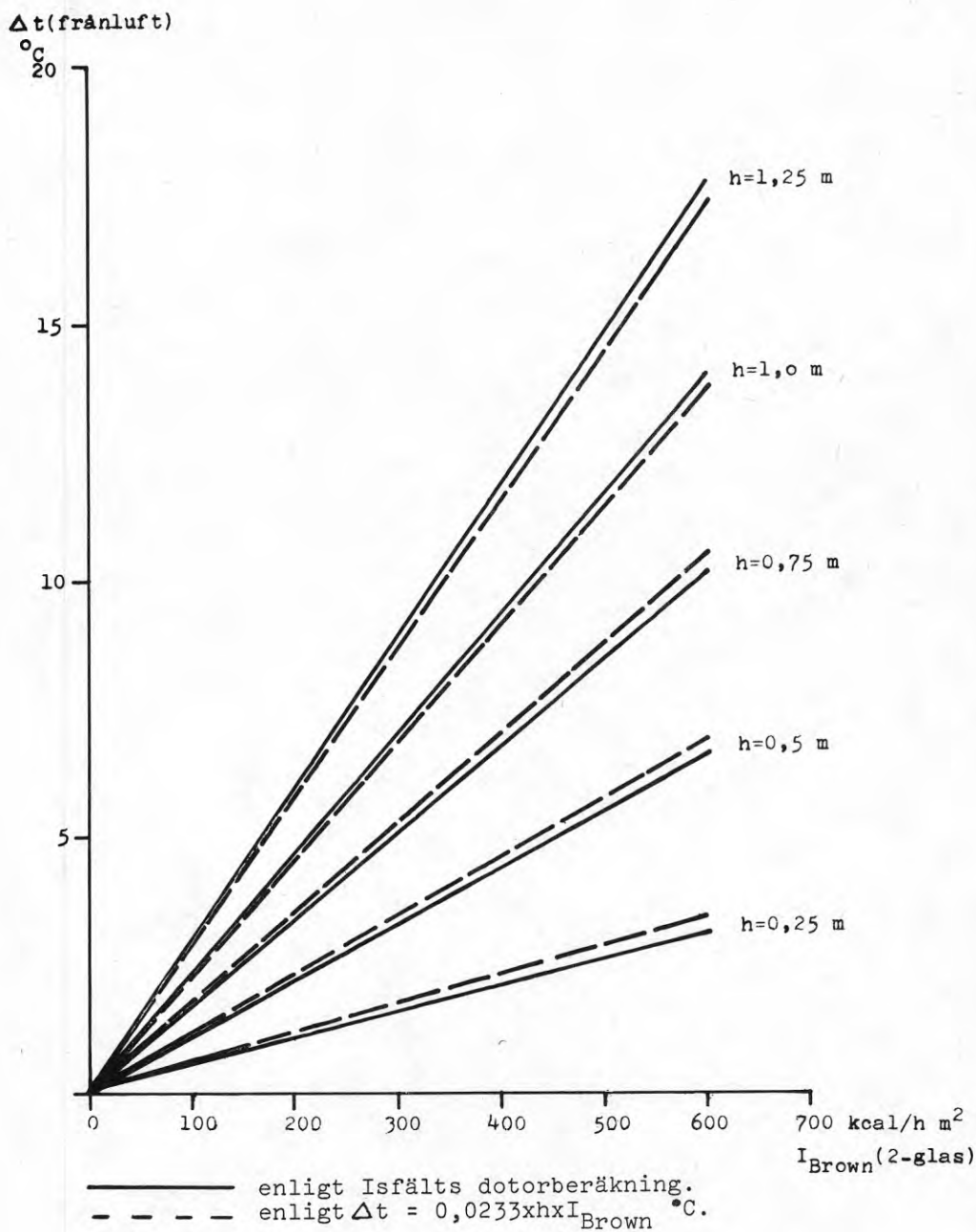
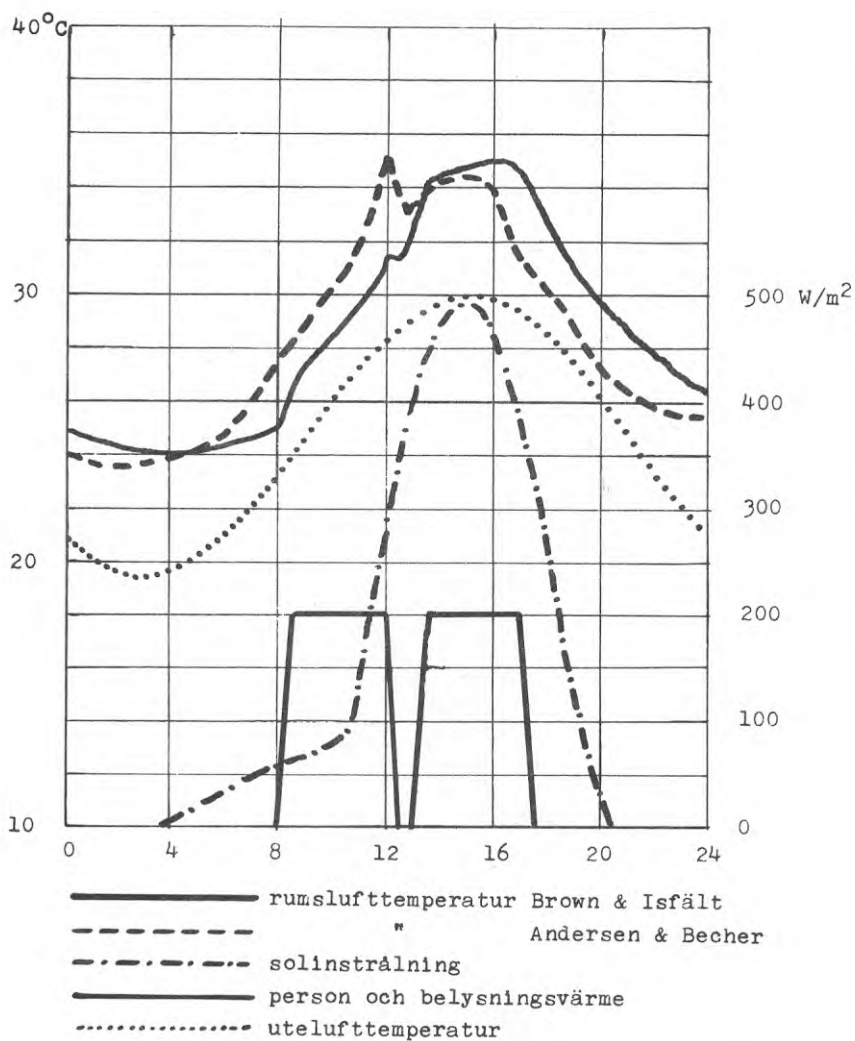


Fig. II. Temperaturhöjning av frånluft vid passage genom frånluftsfönster med yttre isolerglas, persienn 45° och inre enkelglas och samtidig solinstrålning.  $t(\text{ute})=t(\text{rum})$ .



Beräkningen avser dygn 3 från start med 20°C i konstruktionen. Vid metod enligt Andersen & Becher har utetemperaturer approximerats till cosinusförlopp med max kl 14 varför en viss förskjutning i resultaten uppträtt.

Ref. Isfält, E. , 1972. "Värmelagringseffekter i byggnader", VVS nr 12, vol 43, Stockholm. (Jämförelsen avser FIG 3 i artikeln).

Fig. III. Temperaturförlopp i rum av lätt konstruktion enligt beräkning efter Brown & Isfält resp. Andersen & Becher.

R2:1975

Denna rapport hänför sig till anslag D 912 från Statens råd  
för byggnadsforskning till David Södergren, Paul Peterson  
Konstruktionsbyrå AB.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm  
Grupp: installation

Pris: 20 kronor + moms