



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.



CARL MICHAEL JOHANNESSON

# Stockholmsprojektet – luftsolångare och värmelagring i bjälklag

Kv Kejsaren

R13: 1993

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400129254

 BYGGFORSKNINGSRÅDET

R13:1993

Plac: BFR  
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
VÄG- OCH VATTENBYGGNAD  
BIBLIOTEKET

**STOCKHOLMSPROJEKTET - LUFTSOLFÅNGARE  
OCH VÄRMELAGRING I BJÄLKLAG**

**Kv Kejsaren**

**Carl Michael Johannesson**



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
880339-0 från Byggforskningsrådet till Tekniska  
högskolan i Stockholm, EHUB, Projektgruppen för  
energihushållning i byggnader, Byggnadsteknik,  
Stockholm.**

## REFERAT

Kejsaren är ett av de sex experimentprojekt som ingår i Stockholmsprojektet, sex energisnåla nya flerbostadshus. I det projektet prövas och utvärderas olika nya tekniska lösningar som inte tidigare prövats i full skala. De sex experimenthusen har fått sina namn efter de kvarter där de är belägna. Kejsaren är beläget på Södermalm i centrala Stockholm.

Experimentdelen av kv Kejsaren, som byggdes 1983-84, består i att med solvärme och värmelagring i byggnadens stomme minska byggnadens energibehov. Byggnaden har därför försetts med en aktiv luftsolfångare som integrerats med takkonstruktionen i yttertaket. En del av luftens värmeinnehåll kan lagras i lägenhetsbjälklagen via ingjutna kanaler.

Utvärderingen har haft till syfte att kartlägga fastighetens totala energibalans med särskild inriktning på hur stor del solvärme som används i byggnaden. De mätningar som utförts har i första hand inriktats på att analysera tillförsel av energi och i andra hand på att förklara fördelningen på olika förbrukningskällor.

Resultatet av undersökningen är att den verkliga energiförbrukningen överskridit den kalkylerade med mellan 57% och 91%. Avvikelserna beror bland annat på felaktigt antagna och otillräckligt analyserade ingångsdata för i första hand elenergi och en högre verklig inomhustemperatur än den simulerade, 22°C mot +20°C.

Utvärderingen av drift- och underhållsskedet har visat att driften av solfångar- och installationssystemet inte varit problemfritt. Idrifftagningen av dessa har visat på många missar i kontrollen av såväl bygg- som installationssystemen. Trots detta kan kv Kejsaren räknas som ett energisnålt flerbostadshus med en förbrukning av köpt energi på ca 125 kWh/m<sup>2</sup> BRA, år. Ändå motiverar energibesparingen ännu ej merkostnaderna för energiexperimentet.

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

**Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.**

**R13:1993**

**ISBN 91-540-5526-1  
Byggeforskningsrådet, Stockholm**

# Innehållsförteckning

Förord	1
Byggnaders energistatus	3
Byggnadsteknik, ekonomi	7
Faktasammanställning	23
Mät- och utvärderingsprogram	27
Vad tycker de boende?	40
Köpt energi	61
Spårgasmätning med diffusions- provtagning - försöksdokumentation	74
Simuleringsmodeller	83



## Sammanfattning

Stockholmsprojektet är ett experiment- och demonstrationsprojekt. Det har genomförts i samarbete mellan byggföretag, konsulter, förvaltningsbolag, Stockholms stad och Kungl. Tekniska Högskolan. Den energitekniska utvärderingen utfördes av EHUB, projektgruppen för energihushållning i byggnader vid KTH. Stockholmsprojektet påbörjades 1983. När husen planerades var elenergi billig och olja dyr. Under de år som Stockholmsprojektet pågått har förhållandena förändrats.

Den bärande idén med kv Kejsaren är att med solvärme och värmelagring i byggnadens stomme minska byggnadens energibehov. Huset har därför försetts med en aktiv luftsolfångare som integrerats med takkonstruktionen samt med värmelagring i bjälklagen.

Kv Kejsaren är ett innerstadshus i ett slutet kvarter på Södermalm i Stockholms innerstad. Huset har fem våningar med två bostäder per plan. I bottenvåningen finns garage och en butik. Tvättstuga finns i en särskild gårdsbyggnad.

Luftsolfångaren har en yta av glas och arean är 100 m<sup>2</sup>. Solfångaren är uppdelad på 15 parallellkopplade moduler. Luft passerar i luftspalterna mellan plåtarna i absorbatormodulerna. Den yttre plana plåten har en selektiv beläggning. Solfångarna fungerar som ett yttertak. Taklutningen, mot horisontalplanet, är 55°. Uteluften förvärms i en korsströms ventilationsväxlare. I sommarfallet passerar luften genom solfångaren och värms till maximalt +80 °C. Den värmda ventilationsluften blåses in i lägenheterna efter att ha passerat luftkanaler som är ingjutna i bjälklagen. En del av luftens värmeinhåll kan lagras i bjälklagen. Den värme som finns lagrad i lägenheternas bjälklag återförs till lägenhetsluften dels genom att kallare ventilationsluft (+18 °C) passerar genom bjälklaget nattetid, dels genom att värme tillförs lägenheterna genom värmeavgivning från bjälklagen.

Lägenheterna har värmesystem normalt 1,3 luftomsättning per timme. Detta uppnås genom en recirkulering av ca 0,8 oms/h utöver uteluftsutbytet på 0,5 oms/h. I varje lägenhet finns ett luftcirkulationsaggregat med ett värmebatteri. Detta är anslutet till abonnentcentralen för fjärrvärme. Återluften till lägenheterna filtreras med elektrofilter. Den tilluft som tillförs lägenheterna passerar genom kanaler som är ingjutna i respektive lägenhets betongbjälklag.

Lufttemperaturen i lägenheten regleras centralt vid luftcirkulationsaggregatet. Två typer av luftvärmeförsel provas i huset.

I fem av lägenheterna tillförs luftvärmeförsel rummet under fönstren, s k framkantsinblåsning. I de övriga fem lägenheterna tillförs luften från ventilationsdon som placerats i innervägg, i taknivå, s k bakkantsinblåsning.

Utvärderingen av energimätningarna i kv Kejsaren har haft

till syfte att kartlägga fastighetens totala energibalans med särskild inriktning på hur stor andel solvärme som nyttiggörs byggnaden. Mätningarna inriktas i första hand på att analysera tillförsel av energi till huset samt i andra hand på att ge förklaringar till hur olika energislag fördelas på olika användning på "förlustsidan".

Det mätprogram som togs fram för kv Kejsaren avsåg att besvara hur solmottagaren och delsystemen samverkade (systemets effektivitet). Delsystemen som betraktades var följande:

- Ventilationsvärmeväxlare
- Kylbatteri för solvärt tappvarmvatten
- Förvärmningsackumulator för solvärt tappvarmvatten
- Reglersystem för solvärme och luftvärmesystem

Solmottagarens verkningsgrad beräknas med hjälp av uppmätt solinstrålning och den mängd energi som solmottagarsystemet levererar.

Det värmelagrande hålbjälklagets karakteristik studeras endast i två representativa lägenheter (en med framkants- och en med bakkantsinblåsning). Det som studeras är lagrets dimensionering och dess temperatur.

För att få fram de boendes åsikter gör Utrednings- och statistikkontoret, USK, i Stockholm personliga intervjuer med en slumpmässigt vald representant för varje lägenhet. Intervjun genomförs ett år efter inflyttning.

Huset utmärker sig inte i någon särskild riktning vare sig när det gäller upplevelsen av ventilation eller värme. Möjligen upplevs värmen något jämnare än i övriga hus.

Vid en totalbedömning av luftvärme som sådan anses största fördelen vara att man slipper elementen. Till nackdelarna hör dock bruset. Om de boende hade haft möjlighet att välja mellan ett system med luftvärme eller ett med vanliga radiatorer skulle man i sex av de nio lägenheterna valt luftvärme.

När man idag talar om sunda hus med bra inneklimat, är det viktigt att även betona betydelsen av att lägenheterna skall ha bra ljud- och ljusförhållanden. Vid uppläggningsen av den tekniska utvärderingen valde man dock att inte mäta och kontrollera vare sig ljudnivåer eller ljusförhållanden. Resurserna satsades helt på att utvärdera det termiska klimatet.

Uppföljningen av distributionssystemen med bakkants- och framkantsinblåsning visar på att kallras inte varit något problem i lägenheter med bakkantsinblåsning trots att egentligt kallrasskydd saknas under fönstren i dessa lägenheter. De har tvärtom haft ett bättre inomhusklimat än de med framkantsinblåsning.

De klagomål som förekommit i kv Kejsaren gällde störande stomljud orsakat av varmluftsaggregatets placering i garderob utan särskild ljudisolering.

I boendeundersökningen ställdes frågor om ljusförhållandena i lägenheten. Först en generell fråga om hyresgästen tycker sig ha "i stort sett en ljus eller mörk lägenhet". Mörkast lägenheter



tycker man sig ha i kv Kejsaren och kv Konsolen. I kvarteret Kejsaren är det i ungefär var tredje lägenhet som man tycker att det vintertid kommer in för lite solljus.

Byggnadens energiförbrukning har i ett tidigt skede av projektet beräknats med datorsimuleringar i programmen BRIS och DEROB. Resultaten från beräkningarna visar ett årligt behov av köpt energi på mellan 82 kW/m<sup>2</sup>,år (BRIS) och 100 kW/m<sup>2</sup>,år (DEROB).

För att få ett med andra hus mera jämförbart värde på energiförbrukningen måste hänsyn tas till att fastigheten förutom bostäder innehåller lokaler och har en friliggande tvättstuga.

Garaget håller lägre temperatur än normal bostadstemperatur. Butiken förväntades förbruka mycket elenergi för belysning etc och bedömdes därmed få en lägre värmeförbrukning. Tvättstugan som är friliggande bedömdes få större transmissionsförluster än huset i övrigt.

Bild A1 visar den totala mängden uppmätt köpt energi från 1986 och 1987 års mätningar för hela fastigheten. 1987 får här ett högre värde än 1986 trots att felaktigheter i solfångaranläggningen har rättats till mellan de bägge åren. 1987 var dock betydligt kallare än 1986 vilket troligtvis är huvudorsaken till det högre värdet 1987.

Av resultatredovisningen framgår att den köpta energin vida överstiger de värden som framräknats i förhandssimuleringarna. Totalförbrukningen för "huset" är mellan 57 och 91 % större än i simuleringarna.

Avvikelsen för de tre delposterna fjärrvärme, hushållsel och fastighetsel gentemot BRIS-simuleringen är respektive 87, 30 och 466 % (!). Den stora avvikelsen i elposterna beror på felaktigt antagna eller otillräckligt analyserade ingångsdata.

Bild A1 Köpt energi kv Kejsaren årsvis 1986-1987, fördelat på fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel. Graddagsjusterade och ytnormerade värden. (kWh/m<sup>2</sup> BRA). Fastighetens yta.

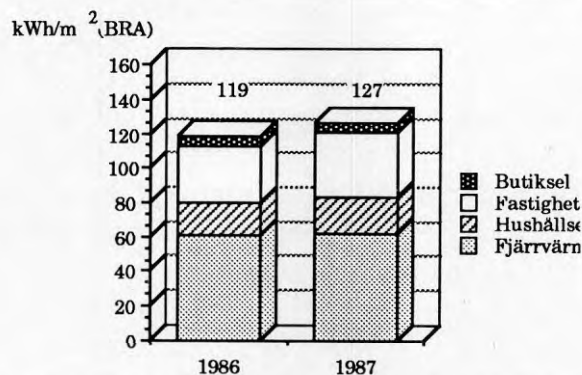
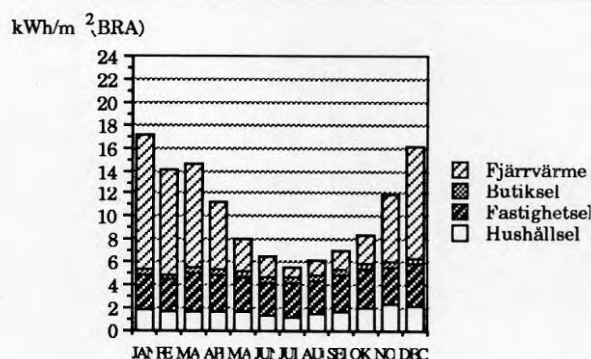


Bild A2 Köpt energi kv Kejsaren månadsvis 1987- fördelat på fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel. Graddagsjusterade och ytnormerade värden. (kWh/m<sup>2</sup> BRA). Fastighetens yta.



leringarna antar en lägre inomhustemperatur (20 °C) än den verkliga (ca 22 °C) och delvis på att simuleringarna baseras på väderdata för 1971 vilket var ett något varmare år än normalåret. Den stora avvikelsen i elposterna beror framförallt på felaktigt antagna eller otillräckligt analyserade ingångsdata.

Spårgasmätningar har utförts främst i obebodda mätlägenheter i tre av husen i Stockholmsprojektet samt i samtliga lägenheter i kv Kejsaren. Alla lägenheter har mätts samtidigt. Här användes samma spårgas för lägenheterna samt en annan spårgas för trapphuset. Resultaten visar att koncentrationen av trapphusluft är av samma storleksordning i alla lägenheter, även de obebodda.

Kv Kejsaren planerades och byggdes vid en tidpunkt när erfarenheterna från solfångarlösningar och åtföljande värmelagring var fåtaliga. Det är viktigt vid en bedömning, så här några år efteråt, att komma ihåg att huset inte är optimerat efter storleken på solfångarsystemet eller bjälklagslagret.

Huset utgör ett intressant typhus som smälter väl in i omgivande bebyggelse. Såväl planlösning som exteriörutformning kan anses typiska för det tidiga 1980-talet. Den takmonterade solfångaren har en karaktäristisk lutning som ger innerstadshuset en profil.

I energisparhänseende har huset inte varit problemfritt. Idrifttagningen av solfångarsystemet visade på många missar i kontroll av bygg- och installationssystemen. I dag har vi, mycket tack vare sådana experimenthus som kv Kejsaren, byggt upp en rik kunskaps- och erfarenhetsbank kring idrifttagning av flerbostadshus. Kv Kejsaren är ett energisnålt flerbostadshus. Bidraget energi från solfångaren motiverar dock ännu ej merkostnaderna. Det faktum att man byggde solfångaren vid en tidpunkt när förväntningarna på solfångare var höga och att man analyserade och utvärderade resultaten från kv Kejsaren har medfört stora besparingar för alla dem som senare själva byggt liknande system.

# Förord

Stockholmsprojektet är ett experiment- och demonstrationsprojekt. Det har genomförts i samarbete mellan byggföretag, konsulter, förvaltningsbolag, Stockholms stad och Kungliga Tekniska Högskolan. Den energitekniska utvärderingen utfördes av EHUB, projektgruppen för energihushållning i byggnader vid KTH under ledning av professor Arne Elmroth. Det är ett stort och omfattande forskningsprojekt som genomförts med stöd från bland andra Byggeforskningsrådet. Stockholmsprojektet omfattar sex nybyggda flerbostadshus i Stockholm. Syftet var "att i experimentform, i full skala, pröva nya byggmetoder och installationssystem som kunde leda till minskat behov av köpt energi." I första hand tillämpades känd och beprövad teknik. I vart och ett av husen användes dessutom en eller flera nya metoder för energihushållning som inte tidigare hade prövats i fullskala. Varje delprojekt har gett många intressanta erfarenheter under arbetets gång. En slutredovisning av projektet beräknas ligga färdig under 1992.

Stockholmsprojektet har pågått sedan 1983. När husen projekterades var elenergi billig och olja dyr. Under de år som stockholmsprojektet pågått har förhållandena förändrats. Olja som värmekälla har en gång ersatts av elenergi. Som en följd av kärnkraftsolyckan i Tjernobyl i Sovjetunionen i april 1986, påskyndades beslutet om avveckling av svensk kärnkraft. Nu, 1992, råder stor osäkerhet om vilken energikälla som kommer att dominera i framtiden. Det enda som tycks självklart är att behovet av elenergi måste minimeras. Flera av de hus som ingår i Stockholmsprojektet har därigenom fått ändrade förutsättningar.

Förutsättningarna för energibesparingen var följande när projektet planerades och inleddes:

Sverige, liksom övriga västvärlden stod mitt uppe i en energikris. Beroendet av importerad olja var betydande och priset på denna olja medförde omfattande ekonomiska ställningstaganden. Energisparandet i sitt tidiga skede i mitten av 70-talet innebar att statsmakterna försökte spara på bruttobebehovet av energi för olika användningar. För uppvärmningen av byggnader innebar det att normer infördes som reglerade hur nya hus skulle utformas för att minska behovet av köpt energi.

Med stigande oljepriser och en allt mer besvärande skuldbörda sökte staten en väg ut ur oljeberoendet. Priset på elektrisk energi var förhållandevis lågt och kostnadsutvecklingen för elenergi bedömdes, inom de närmaste decennierna, vara betydligt gynnsammare än för olja.

I ett riksdagsbeslut från 1978 bestämdes att en stor del av ansvaret för energibesparingen för uppvärmning i bebyggelse skulle vila på de enskilda kommunerna. Dessa skulle inom en begränsad period redovisa planer för genomförandet av den lokala energiplaneringen.

I Stockholms kommun anordnades en tävling för att få fram nya idéer om hur man sparar energi i flerbostadshus. Mer än ett hundra förslag kom in och av dessa utvaldes ett tiotal. Den eventuella belöningen för dessa låg i att staden skulle ordna med tomt och sakkunnig energiteknisk utvärdering. En förutsättning var dock att idén var godtagbar för byggherren och för dem som beviljade experimentanslag. Under hösten 1982 gjordes granskningar av sju projekt. Av dessa valdes slutligen fem som skulle följas av en forskningsgrupp vid KTH. Efter omkring ett år tillkom ytterligare ett projekt, Skogsalmen, som färdigställdes samtidigt med Stockholmsprojektets övriga byggnader men som inte funnits med i stadens uttagning av projekten. Skogsalmen var av samma karaktär som Stockholmsprojektets övriga delprojekt. Därför kunde det finnas stora fördelar med att låta Skogsalmen ingå.

Nu, snart tio år efter starten, har vi lärt oss mycket om hur nya byggnader fungerar och var bristerna ligger, framför allt i nya installations- och byggsystem. Projekttiden har förlängts med flera år, mycket på grund av idrifttagningsproblem som beror på att gängse teknik inte uppfyller de krav man ställt i experimentet. Brister finns både i nya och i konventionella system. Vissa system har visat sig ohållbara i praktiken medan andra har lett till efterföljd. I det sammanhanget måste en viktig sak betonas: ett experimentbyggnadsprojekt är inte en process som säkert leder till ekonomisk lönsamhet i det enskilda projektet. Nyttan med experimentet är främst att man genom att utföra det ökar kunskapen inom området.

Denna sammanställning består av utdrag och sammanfattningar från rapporter, uppsatser och PM där kv Kejsaren ingår. Sammanställningen är upplagd på ett sådant sätt att en heltäckande bild ges av experimenthuset och dess ingående system och av de boendes uppfattning och synpunkter. I boendeavsnittet ges också en jämförelse med andra hus i Stockholmsprojektet och med ett särskilt utvalt referenshus.

Förutom diskussioner med författarna har jag haft hjälp av två av utvärderarna inom Stockholmsprojektet. Dels med faktakontroll av civ.ing. Sven-Olof Eriksson, projektgruppen för energihushållning i byggnader, EHUB, dels av civ.ing. Göran Werner, AIB Installationskonsult AB som varit min diskussionspartner i såväl detaljfrågor som i uppläggning och helhetsbild. Till dessa och tidigare medarbetare riktar jag ett varmt tack.

Stockholm i februari 1992

Carl Michael Johannesson

# Byggnaders energistatus

Bertil Pettersson, BFR, VVS&Energi 10-86

Under de senaste åren har det totala bostadsbyggandet minskat kraftigt inte minst när det gäller nya flerbostadshus. Under den senaste tioårsperioden har den sammanlagda uppvärmda byggnadsarean för flerbostadshus legat på en i stort sett oförändrad nivå, ca 1/3 av den totala bostadsytan. Småhusytan uppvisar en kraftig tillväxt under 1970-talet till följd av stor nyproduktion och ringa rivning. För flerbostadshusen avstannar ökningen vid mitten av 70-talet på grund av minskad nyproduktion och oförändrad rivning. En kraftig omstrukturering av boendet har ägt rum. Närmare 800 000 personer har flyttat från flerbostadshus till småhus under de senaste 10 åren. Bostadsbeståndet omfattar ca 3,7 miljoner lägenheter, varav ca 2,1 miljoner i flerbostadshus. I Bild 1 visas utvecklingen av den uppvärmda ytan efter 1960 för olika byggnader.

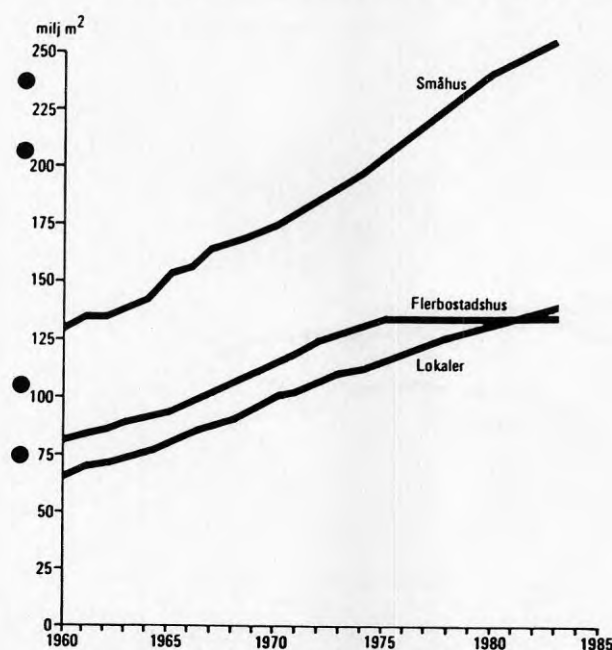


Bild 1 Utveckling av den uppvärmda ytan efter 1960

## Flerbostadshusens energiförbrukning minskar

I en för Energi -85-utredningen genomförd statistisk urvalsundersökning av bebyggelsens energistatus framkom bl a hur isolerstandarderna varierar i olika typer av byggnader med olika ålder. I Bild 2 visas  $U$ -värden, som är ett mått på isolerstandarderna, för vindskonstruktioner i småhus, flerbostadshus och lokaler i dagens bestånd. Det kan t ex noteras att åtgärder vidtagits i de äldsta flerbostadshusen som därmed fått ett lägre  $U$ -värde än hus från perioden 1941-60.

Den totala energiförbrukningen i småhus och flerbostadshus efter 1960 redovisas årsvis i Bild 3. Småhusen som utgör en större del av den totala bostadsytan, förbrukar totalt sett mer energi än flerbostadshusen.

Eftersom både antalet lägenheter och den uppvärmda ytan ökat under perioden bör man, för att kunna dra riktiga slutsatser om energianvändningens utveckling, analysera specifika användningstal. Utvecklingen av den specifika användningen fördelad på uppvärmd yta redovisas i Bild 4.

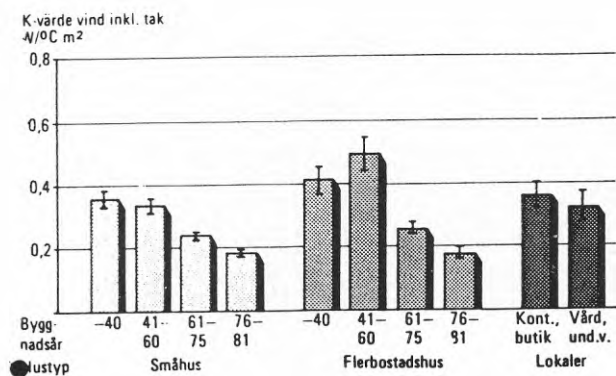


Bild 2 U-värden för vindskonstruktioner i småhus, flerbostadshus och lokaler 1983-84.

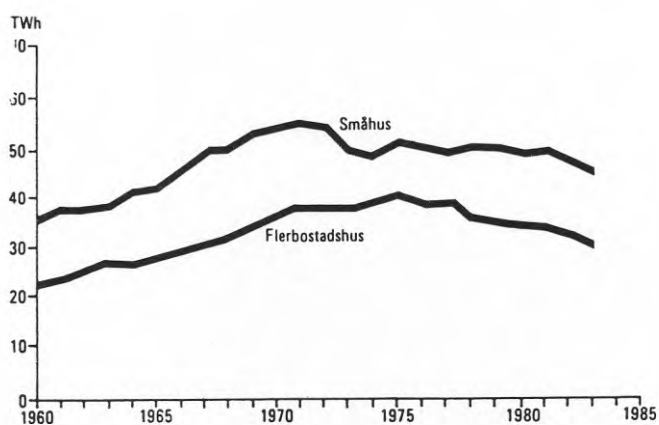


Bild 3 Total energianvändning brutto (exkl hushållsel) i småhus och flerbostadshus efter 1960

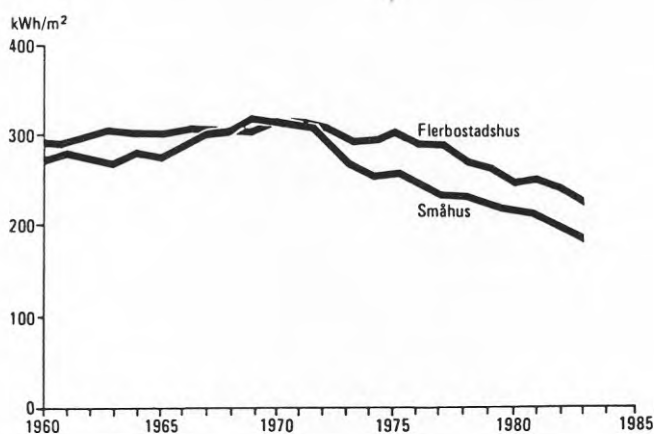


Bild 4 Specifik bruttoenergianvändning för uppvärmning och varmvatten i småhus och flerbostadshus

## Lågt energibehov i nya flerbostadshus

Energianvändningen i en byggnad påverkas på i princip tre olika sätt nämligen:

- \* Ändring av inomhusklimat, varmvattenförbrukning etc.
- \* Effektivare uppvärmningssystem och distribution.
- \* Minskning av värmeförluster genom väggar, golv och tak samt ventilation.

Här spelar brukarinvärkan, drift- och skötselåtgärder samt tekniska åtgärder stor roll för en god energihushållning. De senaste årens forsknings- och utvecklingsresultat har visat att det är tekniskt möjligt att väsentligt minska energibehovet i våra hus från dagens nybyggnadsstandard som ligger på ca 11 000 kWh/lgh för uppvärmning och varmvatten för en normal lägenhet under ett år. Därtill kommer hushållsel motsvarande ca 3 000 kWh.

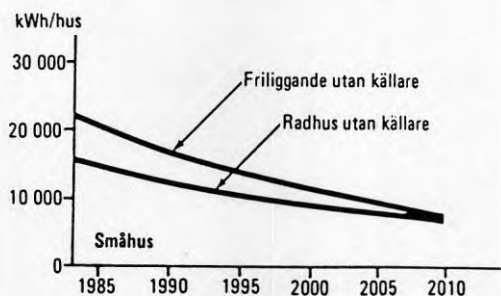
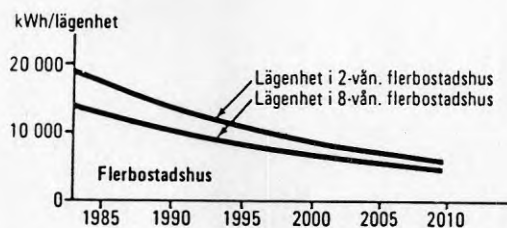


Bild 5 Minskning av framtida energibehov för uppvärmning och varmvatten.

Tabell 1 Beräknat energibehov för uppvärmning och varmvatten för bostäder och lokaler i kWh/m<sup>2</sup> uppvärmd yta. Byggnader i mellersta Sverige med vattenburen värme. (Källa Anderlind et.al; BFR rapport R140:1984)

Hustyp	Energibehov för uppvärmning och varmvatten, kWh/m <sup>2</sup> uppvärmd yta			
	1983	1985-1995	1995-2000	2010
Friliggande småhus utan källare	135	94	66	33
Radhus utan källare	113	85	57	42
<i>Flerbostadshus</i>				
2 våningar	173	120	87	43
8 våningar	122	88	63	28

### *Kvalitetssäkring*

Utvecklingen visar således att energibehovet i framtidens bostäder kan komma att ligga på mycket låga nivåer. Den tekniska utvecklingen på detta område går snabbt. För den praktiska tillämpningen av olika tekniska lösningar är det viktigt att ha tillräckliga kunskaper om följdverkningar i olika avseenden t ex beständighet, tillförlitlighet, miljöeffekter och olika slag av flexibilitet. Kvalitetsäkra hus förutsätter kvalificerad projektering, professionellt arbetsutförande, väl utförd kontroll och besiktning. Detta är även en förutsättning för att negativa följdverkningar, som problem med radon, fukt och mögel eller liknande inte uppstår. En investering med denna inriktning och hög kvalitet i framtidens bostäder kommer att ge en god bostad till låga kostnader för energi, drift och underhåll. I kvarteret Sjuksköterskan har ett särskilt projekt genomförts med inriktning kvalitetssäkring.



# Byggnadsteknik och ekonomi

Carl Michael Johannesson, Konstruktionslära, KTH, rapport 24, 1988

Experimenthuset Kejsaren beskrivs på följande sidor.  
Redovisningen är indelad i följande delar:

*Byggnadsteknik* En allmän del beskriver byggnaden ur byggnadsteknisk synvinkel. I de fall lufttäthetsmätningar gjorts i husen redovisas medelvärden av dessa.

*Experiment* Under rubriken "Experiment" beskrivs de delar av experimenthusen som är utsatt för en särskild energiteknisk utvärdering. Varje hus innehåller två eller flera system för energihushållning som särskilt utvärderas. Förutom en allmän beskrivning av systemen ges en redovisning av merkostnaderna för dem. Kostnadsredovisningen baseras på uppgifter från respektive byggherre eller hans ombud.

*Drift och underhållskostnader* redovisar de kalkylerade merkostnader för drift och underhåll som tagits fram i samråd med byggherren eller hans ombud.

*Kostnads kalkylen* visar en årskostnadsberäkning enligt nuvärdesmetoden på underlag från investeringskostnads- och drift- och underhållsuppgifterna.

*Areauppgifter* Uppgifterna är hämtade från Konstruktionslära rapport nr 23, "Areaberäkningar i flerbostadshus" som bland annat beskriver areorna i Stockholmsprojektets byggnader.

*Finansieringsuppgifter* redovisas särskilt. De är hämtade från lånehandlingar och beslut om slutligt låneunderlag hos länsbostadsnämnden i Stockholm.

*Faktasammanställningen* ger en kortfattad redogörelse av kv Sjuksköterskan. I sammanställningen ingår bland annat uppgifter om isolering, ansvariga för projektering och byggande, värme- och ventilationssystem och investerings- och drift- och underhållskostnader.

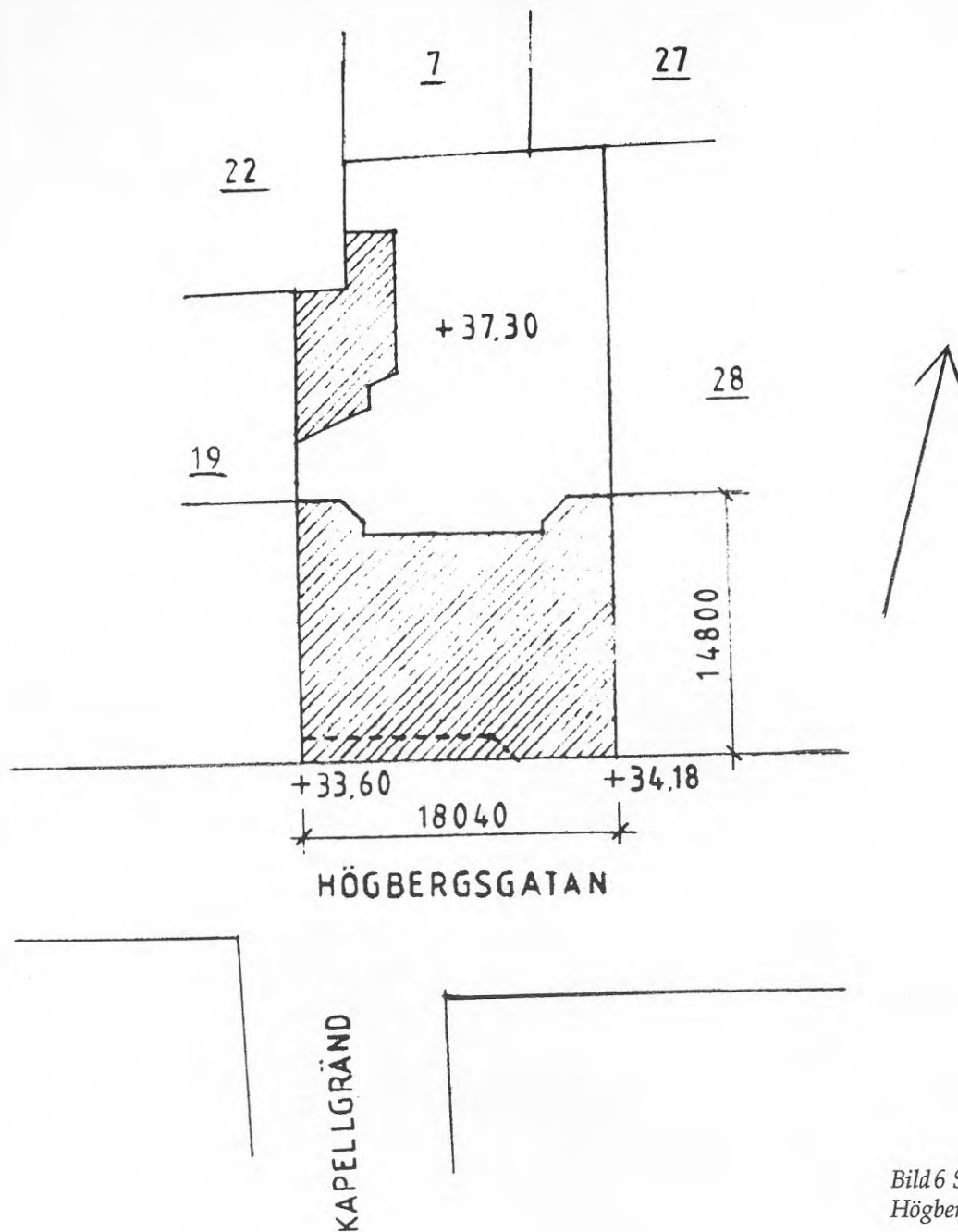


Bild 6 Situationsplan, kv Kejsaren,  
Högbergsgatan 20.

Kejsaren är ett innerstadshus i ett slutet kvarter på Södermalm i centrala Stockholm. Huset har fem våningar med två bostäder per våningsplan. I bottenvåningen finns garage och en butikslokal och i källarplanet förråd och undercentral. På gården finns en friliggande tvättstuga.

#### Stomme

Stommen är uppförd av platsbytet betong. Utfackningsväggar mot gård och gata består av limmade lättbetongblock med puts. Under hela betongplattan finns markisolering, dvs isoleringen är kontinuerlig under kantbalkar, bärande innerväggar och pelare. På det översta våningsplanet är fasaden delvis inglasad.

### Ytterväggar

Ytterväggarna mot gård och gata är uppbyggda av limmade 400 mm lättbetongblock med densiteten 400 kg/m<sup>3</sup>. Vid de utkragade balkongplattorna har intermitterent isolering använts. Det innebär att isoleringen delvis är genombruten av armerad betong.

### Yttertak

Yttertaket består av uppstolpade trätakstolar. Isoleringen på vindsbjälklaget består av 240 mm mineralull med vindskydd av papp.

### Fönster

Fönstren är 3-glas (2+1). I det översta våningsplanet finns isolerglas med selektiv beläggning.

### Lufttäthet

Lufttätheten har provats i sju lägenheter. Medelvärdet för 6 lägenheter är 0,35 omsättningar per timme. Resultatet som visas är medelvärden av över- och undertryck vid 50 Pa tryckskillnad. Täthetskravet i SBN 80 (1,0 oms/h) har därmed uppfyllts med god marginal.

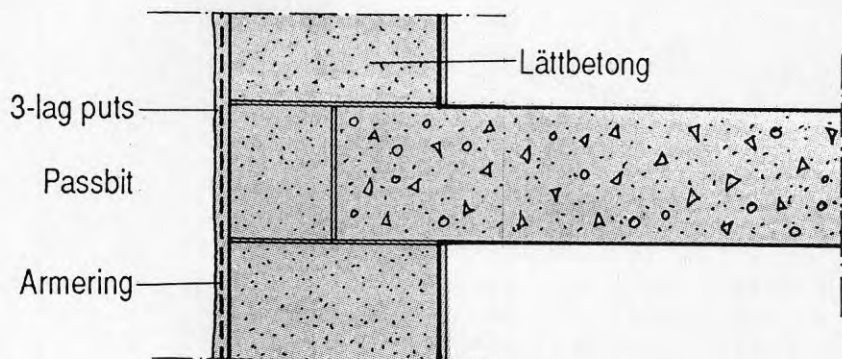


Bild 7 Kv Kejsarens lättbetongväggar är 400 mm tjocka. Vid bjälklagsanslutningen är isoleringen halverad och bjälklagskanten är isolerad med endast 200 mm lättbetong.

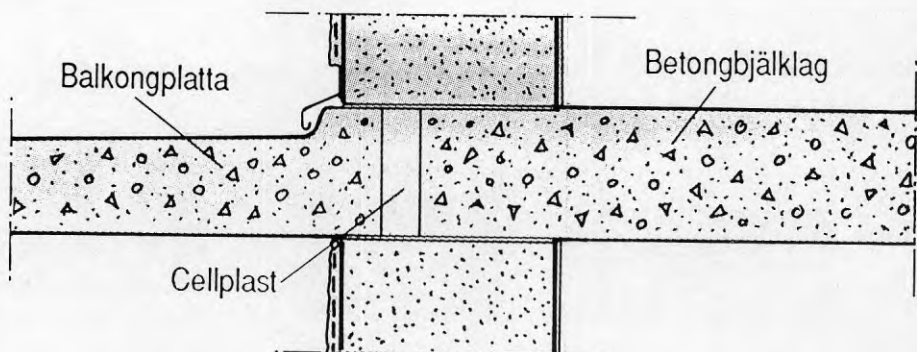


Bild 8 Vid balkonggenomföringarna i kv Kejsaren har intermitterent isolering använts. Betydande köldbryggor uppstår.

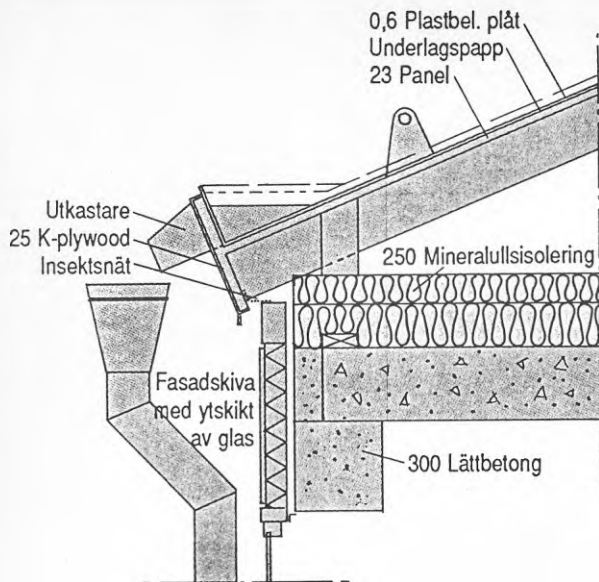


Bild 9 Kv Kejsarens vindsbjälklag är täckt med 250 mm mineralullsisolering. Översta våningsplanet har fasadelement med 70 mm mineralullsisolering och med ytskikt av glas. Lättbetongmurverket uppgår till 300 mm.

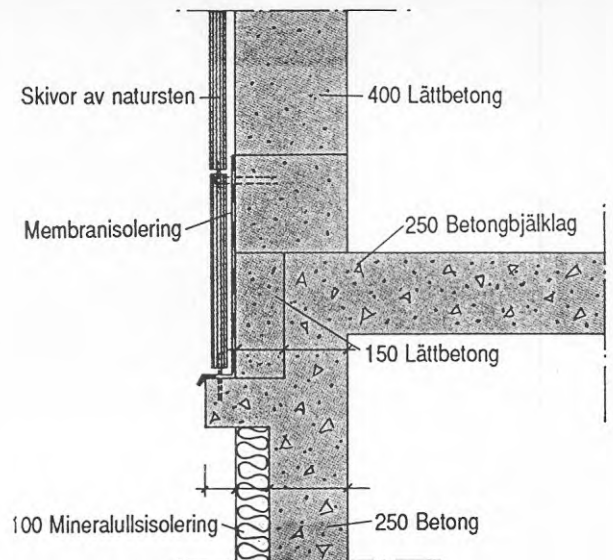


Bild 10 Kv Kejsaren är ett innerstadshus med källare. Lättbetongmurverket vilar på en utkragande del av betonggrunden. Utkragningen utgör en betydande köldbrygga. Grunden är isolerad på utsidan mot gata med 100 mm mineralullsisolering (markskiva). Fasaden är klädd med natursten. Källarrummet innehåller undercentral och lägenhetsförråd.

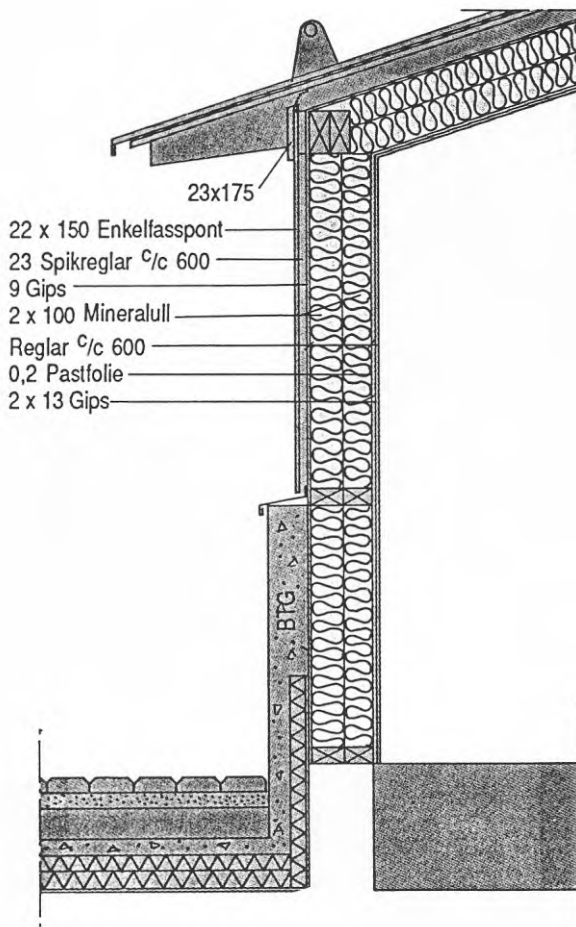


Bild 11 Vägghonstruktionen till tvättstugan i kv Kejsaren består av en konventionell träregeltomme med 200 mm mineralullsisolering.

# Experiment

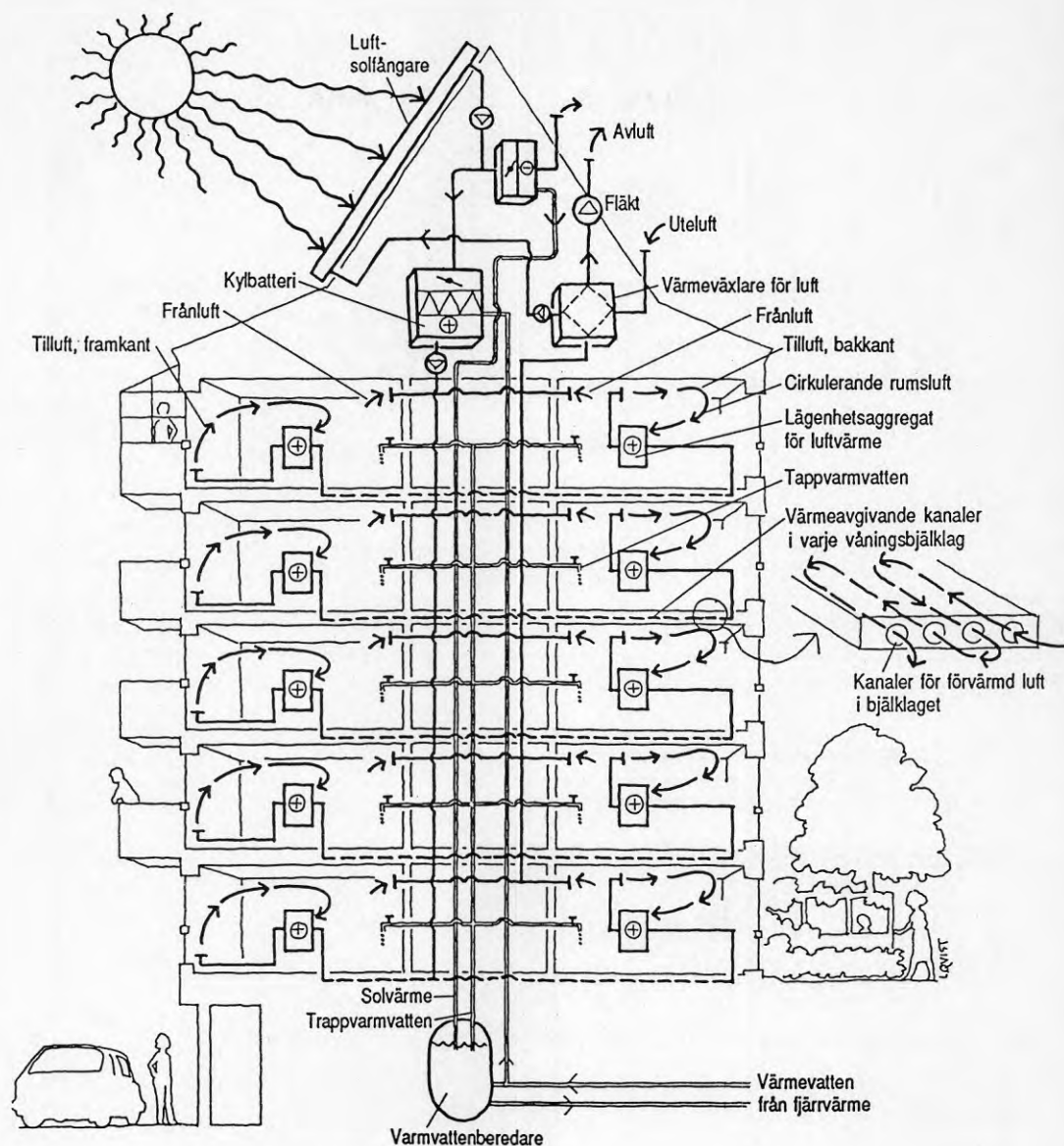


Bild 12 Systemskiss som visar tillförsel och bortförsel av energi i byggnaden. Bild: Leif Qvist.

## Takmonterad luftsolångare

Luftsolångaren har en yta av glas och arean är 100 m<sup>2</sup>. Solångaren är uppdelad på 15 parallellkopplade moduler. Luft passerar i luftspalterna mellan plåtarna i absorbatormodulerna. Den yttre plana plåten har en selektiv beläggning. Solångarna fungerar som ett yttertak. Taklutningen, mot horisontalplanet, är 55°. Uteluften förväms i en korsströms ventilationsväxlare. I sommarfallet passerar luften genom solångaren och värms till maximalt +80°C. Den värmda ventilationsluften blåses in i lägenheterna efter att ha passerat luftkanaler som är ingjutna i bjälklagen. En del av luftens värmeinnehåll kan lagras i bjälklagen. Den värme som finns lagrad i lägenheternas bjälklag återförs till lägenhetsluften dels genom att kallare ventilationsluft (+18°C) passerar genom bjälklaget nattetid, dels genom att värme tillförs lägenheterna genom värmeavgivning från bjälklagen.

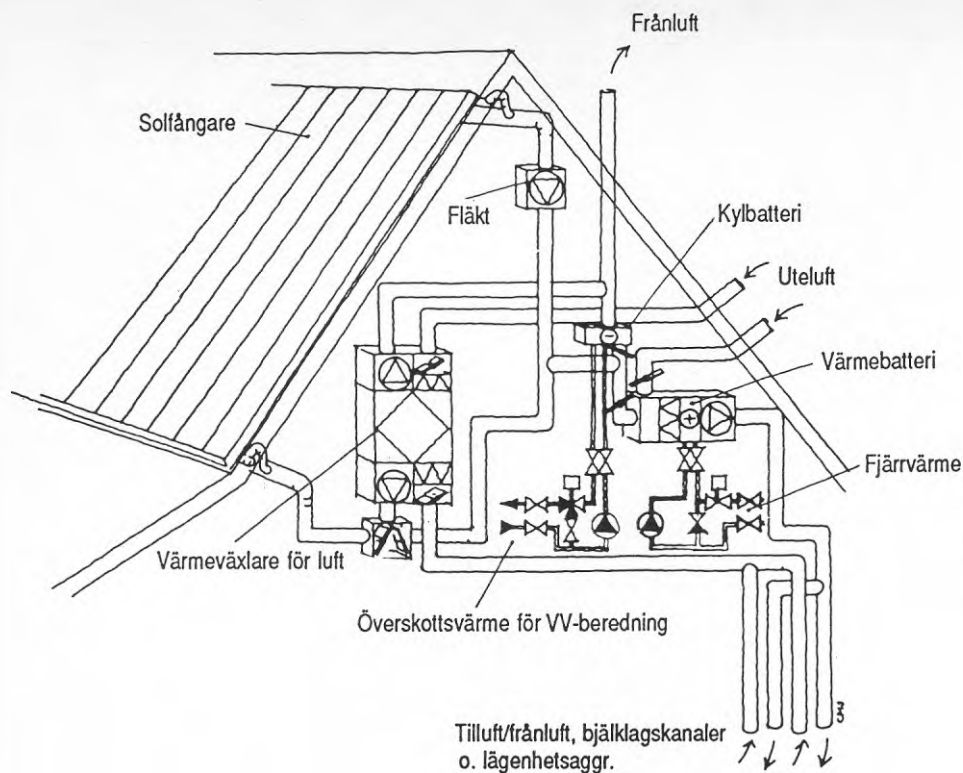


Bild 13 Principiell uppbyggnad av den takmontrade luftsolfångaren, värmeväxlaren och värmebatteriet i kv Kejsaren.

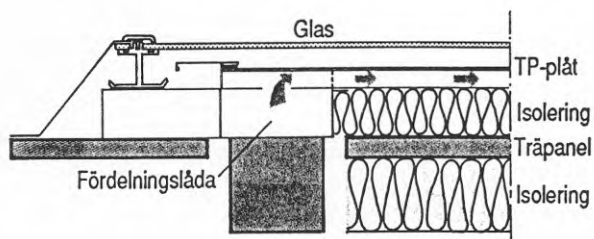


Bild 14 Sektion genom luftsolfångarelementet i kv Kejsaren.

#### Redovisad merkostnad för luftsolfångarsystemet

Extra åtgärder i stomme, bjälklag, fläktrum, takstolar	20 000 kr
Inglasning av takintegrerad solmottagare	65 000 kr
Solmottagarmodul, absorbator	100 000 kr
Anslutningar till solmottagare	18 000 kr
Lyftfixtur för solmottagare	12 000 kr
Fasta kostnader orsakad av förlängd entreprenadtid till följd av projektets komplexitet, ränte- och kreditivkostnader, byggherre- och kreditivkostnader samt mervärdeskatt	116 000 kr
Projektering	52 000 kr
<b>Summa</b>	<b>383 000 kr</b>

Prisläge februari 1983

Index för stomkomplement feb 1983-juli 1988: 1,38

Kostnaden för förstärkning av takstolar är uppskattad till 20 000 kr.

## Luftvärme

Lägenheterna har normalt en luftomsättning på 1,3 omsättningar per timme. Detta uppnås genom en recirkulering av ca 0,8 oms/h utöver uteluftsutbytet på 0,5 oms/h. I varje lägenhet finns ett luftcirkulationsaggregat med ett värmebatteri. Detta är anslutet till abonnentcentralen för fjärrvärme. Återluften till lägenheterna filtreras med elektrofilter.

Totalt kan motsvarande ca 1,3 omsättningar varmluft per timme tillföras lägenheterna för att täcka värmeförlusterna. Temperaturen på den distribuerade luften kan regleras i varje lägenhet.

I det fall energitillskottet från solvärmern överstiger lägenheternas värmebehov inom det närmaste dygnet, växlas överskottet till värmning av tappvarmvatten. Då solvärmern inte räcker till för husets värme- och tappvarmvattenbehov kopplas värme in från en fjärrvärmeanslutningen undercentral.

## Luftvärmesystemet för Kejsaren

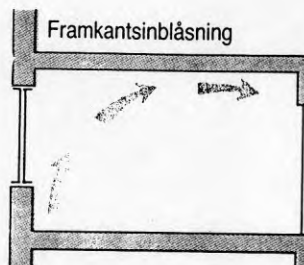
Luft utnyttjas som värmeupptagande medium i solmottagarelementen. Syftet är att samordna det systemet med ett luftburet värmedistributionssystem i lägenheterna. Värmeåtervinningen ur avluften sker med värmväxling mellan avluft och tilluft.

I varje lägenhet installeras ett ventilationsaggregat. I detta blandas uteluften med filtrerad återluft från lägenheten. I aggregatet värms luften till lägenheten med värme från värmevattenkretsen. Lufttemperaturen i lägenheten regleras centralt vid aggregatet. Två typer av luftvärmeförsel provas i huset: framkantsinblåsning och bakkantsinblåsning.

Bild 15 Princip för bakkantsinblåsning av värmd luft i kv Kejsaren. Tilluftsdonen är här placerade i rummets bakkant vid taknivå.



Bild 16 Princip för framkantsinblåsning av värmd luft i kv Kejsaren. Tilluftsdonen är här placerade vid fasad, i golv under fönstren.



Bakkantsinblåsning innebär betydligt enklare distributionsnät än framkantsinblåsning.

Lägenhetsaggregatet är en förtillverkad enhet med måtten 290x580x1150 mm. Aggregatet placeras stående centralt i varje lägenhet.

Följande tekniska data redovisas för aggregatet:

Uteluftflöde	133 m <sup>3</sup> /h
Tilluft	324-396 m <sup>3</sup> /h
Tilluftstemperatur	max 45 °C
Uteluftsflödet motsvarar	0,5 oms/h
Tilluftsflödet motsvarar	1,3-1,6 oms/h

Den lägsta kalkylerade lufttemperaturen i lägenheten är 20°C. Det är ett medelvärde på höjderna 0,1; 1,2 och 1,8 meter över golv vid dimensionerande utetemperatur (-18°C)

Lägenheternas luftcirkulationsaggregat innehåller ett värmebatteri. Detta är anslutet till abonnentcentralen för fjärrvärme. Återluften till lägenheterna filtreras med elektrofilter.

Luftvärmesystemet i Kejsaren ingår inte i energiexperimentet men i komfortstudien. Av den anledningen är kostnaden för luftvärmesystemet inte redovisad och med i kostnadskalkylen. Däremot kan noteras att projektören bedömde att kostnaden för ventilation och luftvärme i Kejsaren inte blivit dyrare utan snarare billigare än om huset försetts med dels ett konventionellt ventilationssystem, dels ett radiatorsystem för vattenburen värme.



## Bjälklagslager

Den tilluft som tillförs lägenheterna passerar genom kanaler som är ingjutna i respektive lägenhets betongbjälklag. Kanalerna består av spirorör med diametrarna 63 och 100 mm. Den area som omfattas av lagret uppgår till ca 20 m<sup>2</sup> per i lägenhet.

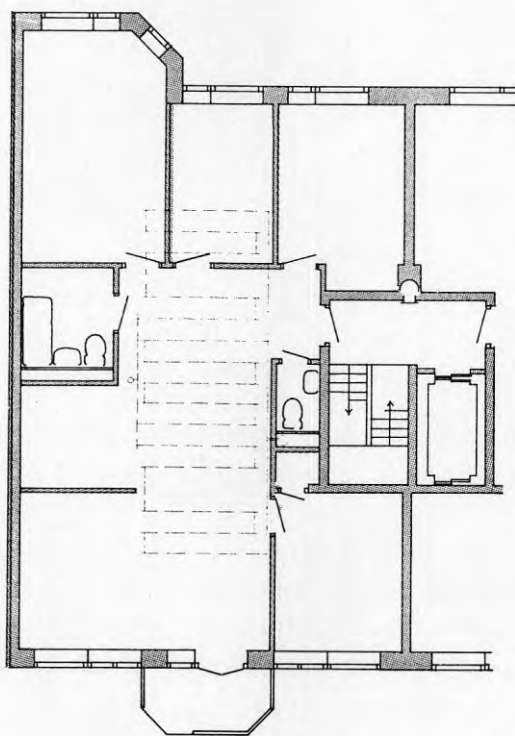


Bild 17 I bjälklaget i kv Kejsaren finns ingjutet spirorör där värmd luft från solfångaren passerar. Betongbjälklaget fungerar som värmeackumulator. Bilden visar läget för värmekanalerna.

Bjälklagslagret används både i lägenheter med framkantsinblåsning och i dem med bakkantsinblåsning.

### Merkostnader för bjälklagslager

Extra åtgärder i stomme, bjälklag och takstolar	174 000 kr
Spirokanaler i bjälklag	50 000 kr
Fasta kostnader till följd av förlängd entreprenadtid	30 000 kr
Ränte- och kreditivkostnader under förlängd entreprenadtid	24 000 kr
Byggherrekostnad	35 000 kr
Mervärdeskatt	34 000 kr
Projektering	54 000 kr
Summa (prisläge februari 1983)	409 000 kr

Index för stomme feb 1983 - juli 1988: 1,37

### *Övriga kostnader*

Styr och reglerutrustning	130 000 kr
Tappvarmvattenbatteri	6 000 kr
Shuntgrupp, ackumulator och div. ledningar och ventiler	30 000 kr
Diverse extra byggarbeten	34 000 kr
Fasta kostnader till följd av förlängd entreprenadtid	37 000 kr
Ränte- och kreditivkostnader under förlängd entreprenadtid	31 000 kr
Byggherrekostnad	46 000 kr
Mervärdeskatt	44 000 kr
Projektering	60 000 kr
Summa (prisläge mars 1983)	418 000 kr

### *Kommentarer*

I det översta våningsplanet används förseglade rutor med selektiv beläggning. Kostnaden för inklädnad av glasveranda och del av fasad är angiven till 91 000 kr. Det översta lägenhetsplanet har en annan fasadutformning än huset i övrigt. Det innebär att vägg tjockleken där har minskat från 40 cm till 30 cm. Fasadens putsade yta har ersatts med en glasfasad. Orsaken till detta är miljömässig. Arkitekten har eftersträvat att anpassa byggnaden till grannfastigheterna.

De övriga kostnaderna för styr- och reglerutrustning, tappvarmvattenbatteri m.m. har införts under kostnadskategori "övriga kostnader".

# Energiförbrukning

Den av EHUB redovisade energiförbrukningen avser verklig förbrukning av köpt energi under år 1986. Idrifttagningen av bygg- och installationssystemen var ännu inte avslutade.

kWh/m<sup>2</sup> BRA, år

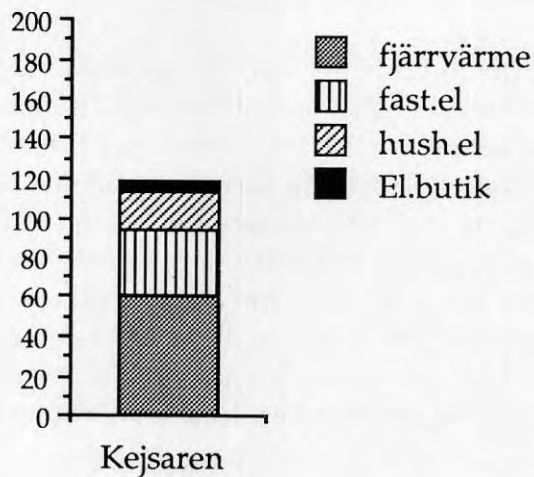


Bild 18 Förbrukning av köpt energi för år 1986. Värdena är framtagna av EHUB.

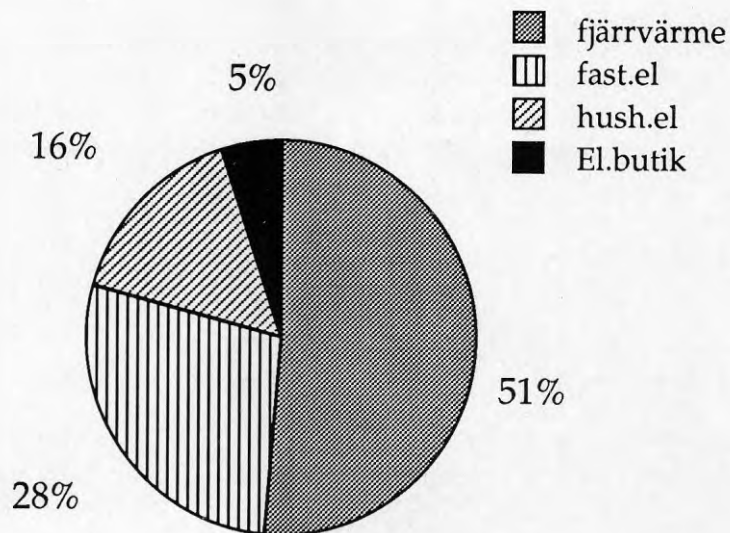


Bild 19 Förhållandet mellan köpt energi för värme, fastighetsel, hushållsel och el till butikslokal i Kejsaren 1986. Värdena är framtagna av EHUB.

## Drift- och underhållskostnader

Kejsaren innehåller endast tio lägenheter och en butikslokal. Den del av totalkostnaden för Kejsaren som upptas av experiment i energi- och komforthänseende är stort i förhållande till de andra husen i Stockholmsprojektet. Energiexperimentet i huset är inte optimerat efter husstorleken. Det är mot denna bakgrund kalkylen för drift och underhåll av experimentdelen skall ses. Siffrorna är uppskattade och avser inte att ge en exakt kostnad utan en ungefärlig för att medge jämförelser av insatsernas storlek i de olika husen i Stockholmsprojektet. Kostnaderna är framtagna av AB Stockholmshem.

Vissa delar av energiexperimentet upptar utrymme i form av kanaler i bjälklag. Dessa kanaler fungerar som tilluftskanaler i ett öppet system och kommer i kontakt med den luft som cirkulerar i lägenheterna. Det hade varit önskvärt med en möjlighet till rengöring av dessa kanaler, på samma sätt det vore för andra tilluftskanaler. Diskussionerna med AB Stockholmshem har visat på mycket små möjligheter till rengöring av kanalerna. Rengöring av övriga kanaler och av filter i lägenheter och lägenhetsaggregat redovisas som en merkostnad för energiexperimentet även om de kan utföras av lägenhetsinnehavaren.

Glasytor på solfångaren beräknas fordra årlig skötsel medan absorbatorns yta beräknas kunna klara serviceintervall på 10 år.

Tabell 2 Bedömda drifts- och underhållskostnader för energiexperimentet i Kejsaren

	Intervall/ Livslängd	Tidsinsats	Material- och arbetskostnad
<i>Luftsolfångare</i>			
Rengöring av glasytor	1 år	5 tim	1 000 kr/år
Absorbatör	10 år	40 tim	8 000 kr/10 år
<i>Luftvärme kanaler/ fläktar/frånluft</i>			
Rengöring filter	4/år	10 tim/år	8 000 kr/år
Byte filter			
Rengöring kanaler	5/år		6 000 kr/5 år
Underhåll av fläkt	1 rep/år + service		5 000 kr/år
<i>Övrigt</i>			
Värmesystem och rör	5 servicebesök/år		2 000 kr/år
Data och reglerutrustning	2 servicebesök/år		5 000 kr/år
Summa kostnad per år under de tio första åren prisläge juli 1988			23 000 kr/år

# Kostnads kalkyl

Merkostnader för experimentet i Kejsaren jämfört med samma hus utan experimentåtgärder.

## *Merkostnader för experimentet i Kejsaren*

Drift och underhåll 23 000 kr/år

## *Annuitet 30 år 4% på investeringsmerkostnaden*

Luftsolångare	29 400 kr/år
Bjälklagslager	31 400 kr/år
Luftvärmesystem	-

Summa årlig merkostnad (prisläge juli 1988) 84 000 kr/år

Vid en energikostnad av 0,30 kr/kWh motsvarar denna kostnad 280 MWh eller 144 kWh/m<sup>2</sup> bruksarea

I samband med diskussionerna om merkostnader för experimentet har den åsikten framförts att även alternativt utnyttjande av den area som nu utnyttjas för energiexperimentet skall beräknas. Vindsvåningen rymmer hissmaskinrum och två fläktrum. I det fall endast ventilationsaggregatet installerats hade en stor del av vindsvåningen kunnat användas till t.ex lägenheter. Intäkten från sådana lägenheter måste ställas i relation till kostnaderna för inredningen. Å andra sidan är aldrig kostnaden för byggandet av fläktrummen inräknad i den totala merkostnaden för energiexperimentet.

Luftvärmesystemet ingår ej i energiexperimentet men i komfortstudien.

## Area och volym

Till skillnad från de fem andra husen i Stockholmsprojektet är Kejsaren ett innerstadshus. I fastigheten ingår varmgarage och särskild butikslokal. De andra byggnaderna i Stockholmsprojektet saknar dessa lokaler. I Kejsaren ingår också en friliggande tvättstuga på gården. Dessa omständigheter innebär bland annat att den sekundära bruksarean och gemensamma bruksarean är stor i förhållande till primär enskild bruksarea.

En jämförelse av energiförbrukning mellan Stockholmsprojektets hus försvåras om de inte innehåller areor som överensstämmer till innehållet. Använder man ett areabegrepp som inkluderar sekundär bruksarea blir jämförelsetalet för energiförbrukning, sett per ytenhet, lågt. Drar man ut konsekvenserna av detta gynnas, vid jämförelse av energiförbrukning, det hus som har stora sekundärutrymmen.

Eftersom Kejsaren har förhållandevis stora sekundärutrymmen, har en modell tagits fram som för Kejsarens del anger areorna i endast de lokaltyper och med de areabegrepp som återfinns i de andra fem projekten. Det betyder att den friliggande tvättstugan, varmgaraget och butikslokalen undantas från arearedovisningen.

Tabell 3 Area för olika byggnadsdelar i kv Kejsaren. Med undantag för FA, fönsterarea, och YV, ytterväggsarea, följer beteckningarna SIS nomenklatur.

BRA	Bruksarea	1 944 m <sup>2</sup>
BRAp	Primär bruksarea (boarea)	1 339 m <sup>2</sup>
BRape	Primär enskild bruksarea (enskild boarea)	1 179 m <sup>2</sup>
BRapg	Primär gemensam boarea (gem. boarea)	159 m <sup>2</sup>
BRAs	Sekundär bruksarea (biarea)	605 m <sup>2</sup>
BTA	Bruttoarea	2 183 m <sup>2</sup>
RA	Rumsarea	983 m <sup>2</sup>
KA	Konstruktionsarea	511 m <sup>2</sup>
V1	Bruttovolym	4 719 m <sup>3</sup>
V2	Värmd volym	3 037 m <sup>3</sup>
IA	Installationsarea	156 m <sup>2</sup>
FA	Fönsterarea (glasarea)	209 m <sup>2</sup>
NTA	Nettoarea	1 672 m <sup>2</sup>
YV	Ytterväggsarea	422 m <sup>2</sup>

I en beräkning i Tabell 4 jämförs Kejsarens area med de övriga byggnaderna i Stockholmsprojektet. Den friliggande tvättstugan, varmgaraget och butikslokalen räknas inte in i areabegreppen.

Tabell 4 Storleken på den justerade area i Kejsaren som framräknats för att få ett jämförelsetal att använda vid jämförelsen med de andra husen i Stockholmsprojektet.

	normal m <sup>2</sup>	justerad m <sup>2</sup>	% av BTA (Kejs)	% av BTA (Sthproj)	% av BTA
BRape	1 179	1 011	57	54	67
BRAs (BIA)	605	259	15	28	13
BRA	1 944	1 386	78	89	89
BRA pg	159	116	7	7	6
BRA p	1 339	1 127	63	61	73
RA	983	983	55	45	54
BTA	2 183	1 794	100	100	100

"normal" anger uppmätta areor

"justerad" anger area efter korrigering för tvättstuga, varmgarage och butikslokal för att få huset jämförbart med övriga hus i Stockholmsprojektet.

(Kejs) anger förhållandet mellan de areor som presenterats för Kejsaren och som alltså inte justerats.

(Sthproj) anger förhållandet, i medeltal, mellan areorna för Stockholmsprojektets hus med undantag för Skogsälmen

Genom korrigeringen överensstämmer Kejsarens area bättre med övriga hus i Stockholmsprojektet. Vid beräkningen av den justerade bruttoarean, BTAjust, har inte frånräknats väggareorna i BTA för de frånräknade areorna utan endast de areor som ingår i begreppen enskild, gemensam och sekundär bruksarea. En betydande skillnad kvarstår dock och det är den för bruksarean. Det kan förklaras med att undercentral, fläktrum och kulvertar, hissmaskinrum mm upptar en proportionellt sett stor area i förhållande till primär enskild bruksarea. Det är dock diskutabelt om det är rätt att korrigera areor på ovanstående sätt om målet är att åstadkomma jämförelser av energiförbrukning. Eftersom metoden ibland används för att kunna jämföra olika hus redovisas den. Mycket talar för att energiförbrukning i hus med väsentliga skillnader i byggnadsätt och placering inte bör jämföras utan att skillnaderna först analyseras.

# Finansiering

Fastighetsbeteckning	<b>Kejsaren 20</b>
Adress	Högbergsgatan 32
Beviljat bostadslån, totalt	2767 000 kr
Låntagarkategori	Allmännyttigt bostadsföretag
Pantvärde	10 739 000 kr
Som säkerhet skall ställas pantbrev mellan (undre gräns) och (övre gräns)	7 972 000 kr-10 739 000 kr
Låneunderlag totalt inkl räntetillägg	9 224 000 kr
- därav för bostäder med räntebidrag	8 485 000 kr
D:o utan räntebidrag	739 000 kr
Räntetillägg (ingår i låneunderlaget)	1 270 000 kr
Räntetillägg ber. för tiden fr.o.m. - t.o.m.	840615-851130
Avdrag för kapitaliserad tomträttsavgäld	882 980 kr
- därav för bostäder	631 000 kr
Färdigställandear	<b>1984</b>
<i>Bostadslånets fördelning</i>	
Normal lånedel totalt	2 767 000 kr
- därav för bostäder med räntebidrag,	-
amortering enligt § 41	2 545 000 kr
Lånedel utan räntebidrag - rak amortering	222 000 kr
Amorteringstid	40 år
Del av låneunderlaget som skall täckas med underliggande kredit	6 457 000 kr
- därav för bostäder med räntebidrag	5 940 000 kr
Garanterad ränta första året	2,35 %
Tidskoefficient	1,95
Antal lägenheter	10 st
Av länsbostadsnämnden preliminärt fastställt låneunderlag	9 439 000 kr
Kostnadsjustering med tidskoefficient av indexberoende del	672 000 kr
Konstnärlig utsmyckning	85 000 kr
Lån via Byggforskningsrådet för experimentbyggnadsåtgärder	<b>727 000 kr</b>
Lokal i Pantvärde	1 515 000 kr
Räntetillägg	1 270 000 kr
<b>Slutligt låneunderlag</b>	<b>9 224 000 kr</b>



# Faktasammanställning

## *System för utvärdering*

1. Takmonterad luftolfångare
2. Luftvärme till lägenheterna, via dels framkantsinblåsning, dels bakkantsinblåsning.

## *Stomme*

Platsgjuten betong med ingjutna luftkanaler i bostadsbjälklagen.

## *Ytterväggar*

Lättbetong, 40 cm

## *Fönster*

Förseglade rutor 2+1

I översta våningsplanet används förseglade rutor med selektiv beläggning.

## *Isolering*

Följande *U*-värden är beräknade:

Källargolv	0.25 W/m <sup>2</sup> K
Yttervägg	0.26 W/m <sup>2</sup> K
Tak	0.16 W/m <sup>2</sup> K
Fönster	1.80 W/m <sup>2</sup> K

## *Area*

Enskild boarea	1 179 m <sup>2</sup>
Gemensam boarea	159 m <sup>2</sup>
Biarea	605m <sup>2</sup>

## *Lägenhetsfördelning*

4 R.o.K.	1 st
5 R.o.K.	9 st
Summa	10 st

## *Tidplan*

Byggstart:	juni 1983
Inflyttning	juni 1984
Mätperiod	1984-1987

## *Ansvariga*

Byggherre	AB Stockholmshem
Förvaltare	AB Stockholmshem
Generalentreprenör	Kommunbygg
Projektör	K-konsult

Arkitekt                    K-konsult  
Energikonsult            K-konsult

### *Värmeförsörjning*

Fjärrvärme och solvärme

### *Värmedistribution*

Luftvärmeaggregat i varje lägenhet som får värme via solvärmd tilluftsventilation och ackumulerande betongbjälklag.

### *Ventilationssystem*

Mekanisk till- och frånluftsventilation med enkel korsströms luftvärmeväxlare. Kombinerade tillufts- och luftvärmedon finns dels vid golv under fönster, dels i bakkant av rummen vid tak.

### *Övrigt*

Solvärme utnyttjas också för tappvarmvattenberedning. Varmvattnet lagras i två stycken ackumulatortankar på vardera 1000 liter.

### *Preliminär energiförbrukning enligt EHUB (graddagskorrigerad)*

137 kWh/m<sup>2</sup> BRA (bruksarea)

226 kWh/m<sup>2</sup> BRApe (primär enskild bruksarea)

### *Total angiven investeringskostnad för experimentet*

792 000 kr i prisläge februari 1983

### *Preliminär årlig driftkostnad exkl. energi för experimentanläggningen*

Uppskattad merkostnad i jämförelse med konventionell anläggning i samma hus: 23 000 kr/år i prisläge juli 1988.

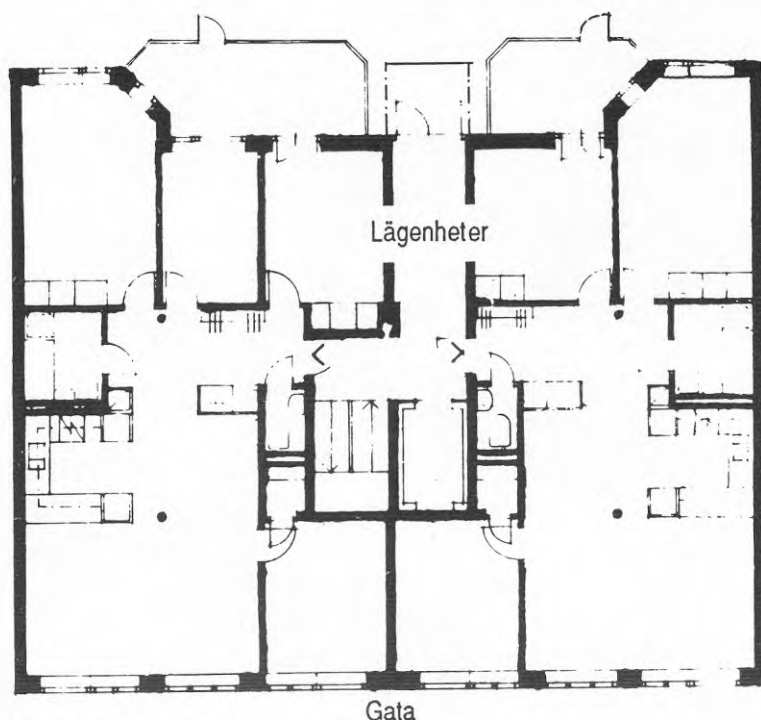


Bild 20 Lägenhetsplan för ett av våningsplanen 2-6 i kv Kejsaren.

## Sammanställning

av redovisade och kalkylerade merkostnader till följd av energiexperimenten Stockholmsprojektet.

I Tabell 4 redovisas den sammanlagda investeringskostnaden för respektive experimenthus i Stockholmsprojektet. Kostnaderna är indexuppräknade till juli 1988. Kostnaden för utveckling och projektering har upptagits i proportion till experimentens andel av den totala angivna kostnaden för energibesparande åtgärder.

I Tabell 5 baseras årskostnadssammanställningen på de uppgifter som redovisas för de olika experimenthusen i Stockholmsprojektet. Investeringskostnaderna är framtagna av byggherren eller dess ombud liksom drift- och underhållskostnaderna. De experimentkostnader som är angivna är de redovisade kostnaderna för respektive system exklusive utvecklingskostnader. De olika systemen har angivits som "Experimentssystem 1" resp "2". De kostnader som redoviss har indexuppräknats till en gemensam tidpunkt, juli 1988. Därvid har entreprenadindex E84 och Entreprenadindex 63 använts. Investeringskostnadens årskostnad har beräknats som annuitet med räntan 4% och avskrivningstiden 30 år.

## Kostnader för utveckling, projektering och byggande av husen i Stockholmsprojektet.

Tabell 5 Kostnader för utveckling, projektering och byggande av husen i Stockholmsprojektet. Prisläge juli 1988.

	Kejsaren	Sjuksköterskan	Konsolen	Bodbetjänten	Höstvetet	Skogsalmen
Utveckling, projektering	279 000 kr	314 000 kr	343 000 kr	720 000 kr	1 319 000 kr	599 000 kr
Byggande	930 000 kr	602 000 kr	444 000 kr	5 045 000 kr	8 731 000 kr	2 741 000 kr
Summa	1 209 000 kr	916 000 kr	787 000 kr	5 765 000 kr	10 050 000 kr	3 340 000 kr

### Summa för samtliga projekt i prisläge juli 1988

Utveckling, projektering	3 574 000 kr
Byggande	18 428 000 kr
Summa	23 217 000 kr

## Sammanställning av årskostnader till följd av merkostnader för experimenten i Stockholmsprojektet

Tabell 6 Sammanställning av investeringskostnader och uppskattade drift- och underhållskostnader exklusive energi för Stockholmsprojektets sex hus. Prisläge juli 1988. Värdena avrundade till närmast hela tusental kronor utom för angivelsen kr/m<sup>2</sup> BRA, år som är avrundad till hela kronor.

	Kejsaren	Sjuksköterskan	Konsolen	Bodbetjänten	Höstvetet	Skogsalmen
<i>Uppskattade kostnader i prisläge juli 1988</i>						
Experimentssystem 1	529 000 kr	620 000 kr	444 000 kr	4 490 000 kr	4 890 000 kr	2 070 000 kr
Experimentssystem 2	564 000 kr	296 000 kr	-	1 275 000 kr	5 160 000 kr	1 270 000 kr
Drift och underhåll, kr/år	27 000 kr	-	-	81 000 kr	167 000 kr	43 000 kr
<i>Årskostnader pga experimentet</i>						
<i>Investeringskostnaden beräknad som annuitet, 4% 30 år</i>						
Experimentssystem 1	29 000 kr	34 000 kr	25 000 kr	219 000 kr	272 000 kr	115 000 kr
Experimentssystem 2	31 000 kr	16 000 kr	-	98 000 kr	287 000 kr	71 000 kr
Drift och underhåll, kr/år	23 000 kr	-	-	81 000 kr	167 000 kr	43 000 kr
Summa kr/år	83 000 kr	50 000 kr	25 000 kr	387 000 kr	726 000 kr	229 000 kr
d:o per m <sup>2</sup> bruksarea	43 kr	12 kr	5 kr	59 kr	100 kr	80 kr

# Mät- och utvärderingsprogram

Göran Werner m fl, EHUB

Det upprättade mätprogrammet avser att dels kartlägga fastighetens energibalans, dels att studera utfallet av hur stor andel solvärme som nyttiggörs byggnaden. Dessutom kartläggs temperatur- och energiförhållanden för de olika ingående uppvärmnings- och ventilationssystemen. För att göra resultatet mer allmängiltigt har garage, källare, tvättstuga och butik räknats bort från lägenheterna i utvärderingen. Lägenheter, trapphus och fläktrum kallas i fortsättningen något oegentligt för "huset". Dock ingår varmvatten i tvättstuga i lägenhetsförbrukningen.

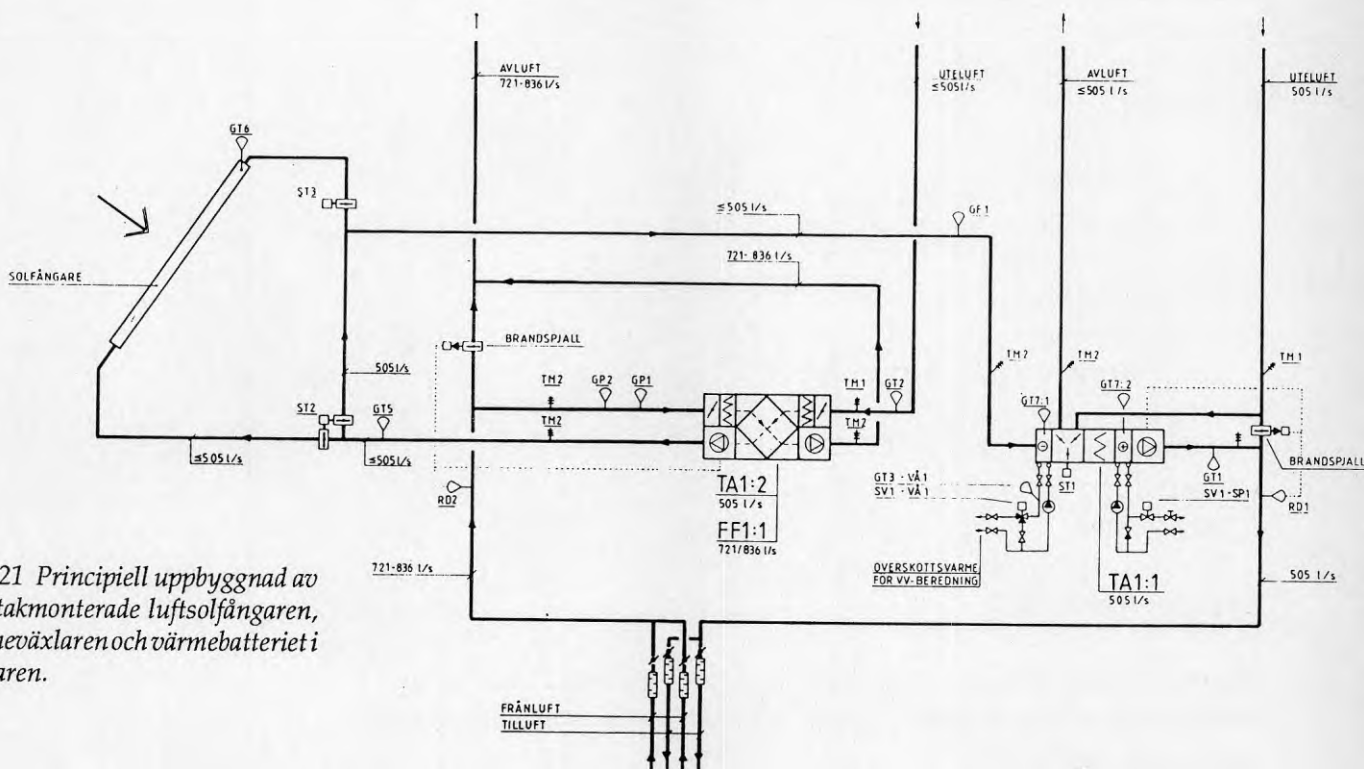


Bild 21 Principiell uppbyggnad av den takmonterade luftsolfångaren, värmeväxlaren och värmebatteriet i Kejsaren.

## Fastighetens energibalans

Utvärderingen av mätresultaten har till syfte att kartlägga fastighetens totala energibalans. Kartlägga husets totala energibalans med särskild inriktning på hur stor andel solvärme som nyttiggörs byggnaden. Mätningarna inriktas i första hand på att kartlägga tillförsel av energi till huset samt i andra hand att ge förklaringar till hur olika energislag fördelas på olika användning på "förlustsidan". Kontinuerliga mätningar tillsammans med momentana mätningar samt teoretiska bedömningar avses klarlägga förhållandena för både energibalansens tillförsel- och bortförseldel

## *Tillförsel*

### *Uppmätta storheter*

- Totalt tillförd fjärrvärme uppdelad på radiatorvärme, tappvarmvatten, ventilationsvärme och luftvärme.
- Totalt levererad elenergi uppdelad på hushållsel, fastighetsel, apparatel i fläktrum, apparatel i undercentral, butiksel och tvättstugeel.
- Totalt tillgodogjord solenergi uppdelad på tappvarmvatten och ventilationsluft.

### *Beräknade storheter*

- Solvärme via fasader och fönster baserat på aktuella klimatdata och skuggstudier.

### *Uppskattade storheter*

- Personvärme baserat på antal boende.

## *Bortförsel*

### *Uppmätta storheter*

- Avluftsvärme

### *Beräknade storheter*

- Transmission
- Tappvarmvatten (avloppsförluster)

### *Uppskattade storheter*

- Ofrivillig ventilation
- Elförluster

## **Systemeffektivitet**

En av huvudåtgärderna för energibesparing i detta projekt är att undersöka hur solmottagaren och delsystem samverkar (systemets effektivitet).

Delsystemen som betraktas är:

- Ventilationsvärmväxlare
- Kylbatteri för solvärt tappvarmvatten
- Förvärmningsackumulator för solvärt tappvarmvatten
- Reglersystem för solvärme och luftvärmesystem

Användningen kan inte alltid mätas enkelt men uppskattningar och beräkningar kan göras med hjälp av vissa direkta respektive indirekta energimätningar. Husets energibalans ger svar på frågan om hur mycket energi som solvärmesystemet kan bidra med.

Genom att studera solmottagarens energiavgivning och vad den används till kan man få en uppfattning om hur de olika delsystemen samverkar. Det är naturligtvis mycket viktigt att den producerade energin i solmottagaren verkligen kommer till användning. Det är därför av värde att studera hur mycket energi som har dumpats bort och varför.

Solmottagarens verkningsgrad beräknas med hjälp av uppmätt solinstrålning och den mängd energi som mottagaren levererar.

Solinstrålningen mäts med en solenoid. Solmottagarens leverans av energi beräknas med hjälp av luftflöde genom den och luftens temperaturhöjning. Dessutom näts den tid solmottagaren är i drift dvs den tid då luften inte shuntas förbi solfångaren.

Av den energi som solmottagaren levererar kommer en del att inte kunna användas. Den mängd energi som måste dumpas kommer att mätas. Dumpning måste ske när värmebehovet är mindre än solmottagarens energileveranser samtidigt som förvärmningsackumulatoren för tappvarmvatten är fulladdad. Mängden solenergi som tillförs värme- och tappvarmvattensystemen mäts.

Orsakerna till att dumpning av solvärme måste ske under vissa tider kommer att undersökas.

En uppskattning av energibalansen för solmottagarsystemet framgår av Bild 22.

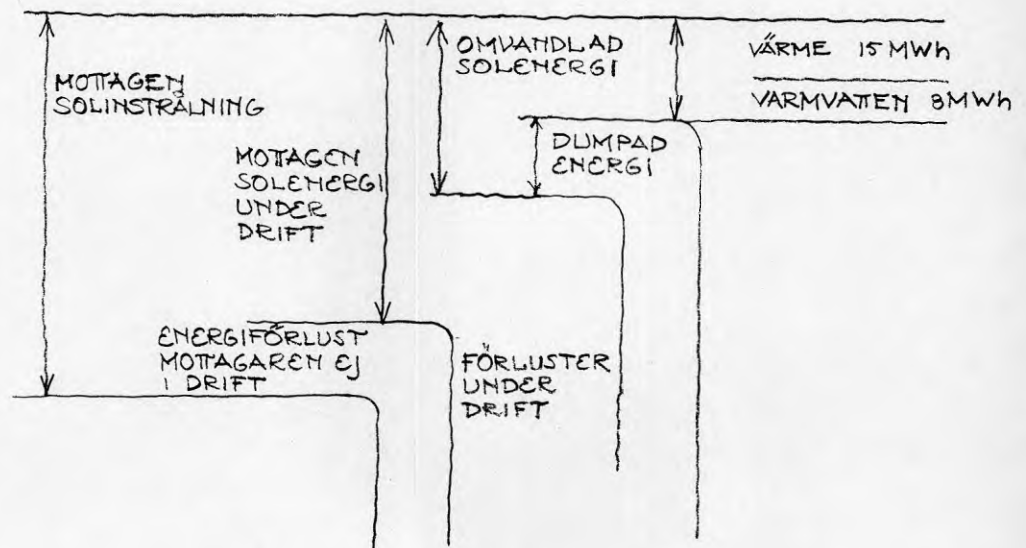


Bild 22 Solvärmesystem i kv  
Kejsaren, energibalans

Det värmelagrande hålbjälklagets karakteristik studeras endast i två representativa lägenheter (en med framkants- och en med bakkantsinblåsning). Det som skall studeras är lagrets dimensionering och dess temperatur. Dimensioneringen studeras med hjälp av lufttemperaturer före respektive efter lagret. Om t ex temperaturer efter lagret aldrig överskrider ca +22 °C är lagret inte för litet.

Om dumpning av energi måste ske då ytterligare värmebehov föreligger innebär det att hålbjälklaget och förvärmningsackumulatort för tappvarmvatten är för liten. Kontroll av orsakerna sker genom studium av tillufttemperatur, ackumulatortemperatur etc.

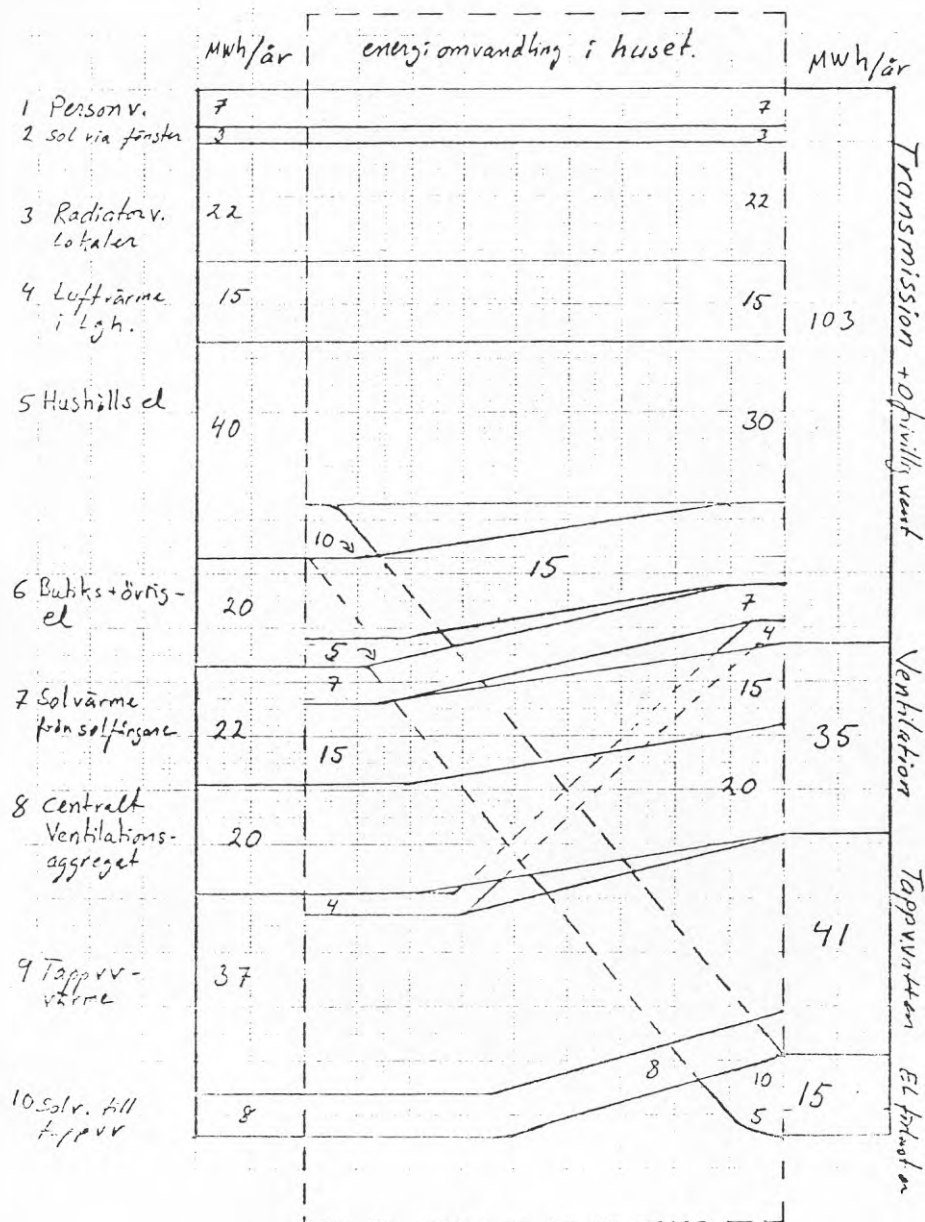


Bild 23 Energibalans för ko Kejsaren.



## Metodik för bestämning av energiflöden

### *Husets energibalans*

En uppskattning av husets energibalans har gjorts (Bild 20) och tillförselsidan skall verifieras genom mätningar av tillförsel av energi med hjälp av energimätare.

Energibalansen kan inte förklara varför solmottagaren har bidragit med den uppmätta mängden energi. För att förklara detta måste solmottagarsystemets effektivitet studeras tillsammans med hur övrig tillförd energi används.

Nedan redogörs för hur energiflöden och driftförhållanden bestäms för dels den totala energibalansen och dels för delsystemen. [X:n] anger mättningsnummer enligt mäthandlingar.

### *Bestämning av totala energibalansens tillförselsida*

Följande storheter betraktas på tillförselsidan

- fjärrvärme
- tillförd energi
- återvunnen ventilationsvärme
- solvärme via fasader och fönster
- personvärme

Personvärme - uppskattas med hjälp av antal boende och dess vanor (underlaget hämtas från den "kvalitativa" utvärderingen som pågår parallellt)

Sol via fasader och fönster - beräknas med hjälp av uppmätt sol mot byggnaden.

Totalt levererad fjärrvärme - uppmäts via värmemängdsmätare. För att urskilja de tio lägenheterna och fläktrummet, "huset", från övriga delar av fastigheten mäts även

- a) Värme till butik (EV 4)
- b) Värme till garage (EV 5 + EV 11)
- c) Värme till tvättstuga (EV 6)
- d) Varmvattencirkulation till tvättstuga (EV 12)

- Dessa resultat frånräknas totalen.

## *Tillförd energi*

Totalt tillförd elenergi uppmäts via elmätare. Även här frånräknas husets förbrukning

- a) El till butik
- b) El till garage och tvättstuga

## **Mätbara samt indirekt mätbara storheter**

### *Fjärrvärme*

- Radiatorvärme mäts för butik + garage och tvättstuga. Dessa resultat används för att kartlägga fördelningen av fjärrvärme.
- Luftvärme i lägenheter; värme till luftvärmebatterier mäts i två grupper om fem lägenheter med "bakkantsinblåsning" respektive fem lägenheter med "framkantsinblåsning".

Även här är syftet att kartlägga fördelningen av fjärrvärmeanvändning samt utvärdera om det föreligger stora skillnader beroende på luftinblåsningsteknik.

- Ventilationsvärme; värme till centralaggregat i fläktrummet mäts separat för kartläggning av fjärrvärmeanvändning.
- Tappvarmvattenvärme; mäts för dels lägenheter, butik och tvättstuga. Butikens tappvarmvatten räknas från "husets" behov. Tvättstugans tappvarmvatten läggs däremot till lägenheternas förbrukning.

Vid mätning av tappvarmvatten mäts även varmvattencirkulationen. Denna "värmeförlust" bidrar i första hand till byggnadens uppvärmning. Varmvattencirkulationen för tappvarmvatten till tvättstuga mäts separat från övrig varmvattencirkulation då denna till största del ger en förlust utanför "huset".

### *Elenergi*

Den elenergi som används inom fastigheten mäts för varje användningsområde enligt följande

- El till lägenheter (ingår i "huset")
- El till fläktrumsinstallationer (ingår i "huset")
- El till undercentral (ingår i "huset")
- El till övriga fastighetsutrymmen och hiss (ingår i "huset")
- El till tvättstuga (ingår ej i "huset")
- El till butik (ingår ej i "huset")

Motivet till denna uppdelning är att separera tillförd elenergi på olika användning i den totala energibalansen (på samma sätt som för fjärrvärmeanvändningen).

#### *Solvärme*

Hur mottagen solvärme fördelar sig på olika användningsområden mäts enligt följande

- Solvärme totalt levererad från solfångare
- Solvärme utnyttjad till tappvarmvatten
- "Dumpad" solvärme

I de två senare ingår även återvunnen värme ur frånluften. För att särskilja denna värmemängd näts värmeåtervinningen över ventilationsvärmeväxlaren.

Med detta som underlag kan man indirekt bestämma mängden solvärme som tillförs ventilationsluften till den totala byggnaden. För att få fördelningen på "huset" och övriga lokaler mäts temperaturen och luftflödesfördelningen till respektive.

#### *Avluftsvärme*

Värme i avluften efter värmeväxlaren mäts. (Detta är enda mätbara "förlustposten".)

#### **Uppskattade och indirekt uppmätta storheter**

Avloppsförluster uppskattas utifrån uppmätt varm- och kallvattenförbrukning

#### *Elförluster*

Elförluster beräknas under eldningssäsongen utgående från uppmätt elförbrukning med viss antagen verkningsgrad för utnyttjande. Då värmebehov ej föreligger under sommarmånaderna antas all tillförd elvärme som förluster.

Antal timmar som solmottagaren är i drift mäts med hjälp av lägesregistrering på spjäll SL1 (se VVS-systembeskrivning)

## Beräkningsformer

Nedan redovisade beräkningssamband uttryckta som formler vilka avses utnyttjas för bestämning av ej direkt uppmätta storheter (Beteckning av storheter - se sammanställning av givare.)

- Solvärme från solmottagare till luftvärme och ventilation beräknas som  $FL1 \times [TL4 - TL2] - EV8$
- Energiförluster då solmottagaren ej är i drift beräknas som uppmätt instrålad solenergi  $E_{sol}$  under den tid då SL1 är i läge "förbigång solfångare". (Se även funktionsbeskrivning.)
- Energiförluster då solmottagaren är i drift beräknas som  $E_{sol} - FL1 \times [TL4 - TL2]$  då SL1 är i läge "solmottagarpassage".
- Dumpning av solvärme beräknas som  $FL4 \times [TL16 - TL2]$ . Då dumpning sker studeras tilluftstemperatur TL6 samt tappvarmvattnets förvärmningstemperatur i ackumulator TV2:1-4.
- Total tilluftsvärme beräknas som  $FL2 \times [TL6 - TL1]$ .
- Ventilationsvärmväxlarens värmeöverföring mellan från- och tilluft beräknas som  $FL1 \times [TL2 - TL1]$  eller som  $FL5 \times [TL13 - TL14]$ .
- "Använt" tappvarmvatten eller avloppsförluster beräknas som en utnyttjandefaktor ( ) multiplicerad med uppmätt tappvarmvattensvärme enligt  $1 \times [EV8 + EV7 + EV10 - EV12]$ .
- Ofrivillig ventilation beräknas utifrån mätresultat vid spårgasmätning och/eller provtryckning av huset.
- Elenergi som ej nyttiggörs byggnaden för uppvärmning beräknas utifrån uppmätt elenergi baserat på en utnyttjandefaktor 2 under perioder med uppvärmningsbehov enligt  $(1 - 2)^2 \times$  uppmätt elenergi. Under perioder utan uppvärmningsbehov sätts  $2 = 0$ .
- Avluftsvärme  $FL5 \times [TL14 - TL1]$ .

## Transmissionsförluster

Transmissionsvärme genom klimatskärmen beräknas med hjälp av noggranna mätningar i mätlägenhet enligt ovan för k-värdesbestämning samt kontinuerlig registrering av temperaturskillnader inne och ute,  $[L:1 - L: 4] - [0:1]$ .

### *Avloppsförluster*

Denna energiförlust uppskattas med erfarenheter från mätningar i kv Konsolen relaterat till kallvattenförbrukning och temperatur [F:4] samt jämförs med total tappvarmvattenförbrukning.

### *Elenergiförluster*

Elenergi som ej nyttiggörs som värme under icke uppvärmningssäsong mäts enligt [F:34, F:35] under dessa tider samt hushållsel som ej nyttiggörs för uppvärmning under uppvärmningssäsongen uppskattas med hjälp av datorsimuleringsberäkningar.

## **Studier av driftförhållanden och delsystem**

Föremål för dessa studier är

- ventilationsluftvärmväxlare
- temperaturer i tappvarmvattenledningar
- lufttemperaturer i lägenheter
- övrigt

### *Ventilationsluftvärmväxlare*

Förutom de mätningar som görs för tillförsel och bortförselbalansen så bedöms även energiverkningsgraden för resp luftvärmväxlare för hus A blir denna [F:37 = F:27/F:25] och för hus B [F:38 = F:31/F:29].

### *Anmärkning*

totala energiinnehållet i frånluften ingående i F:25, F:29 relateras till luftfuktigheten i avluften samt temperaturen i uteluften. Dessutom reistreras larmer från ventilationsaggregaten [F:36]

### *Tappvarmvattentemperaturer*

Då distributionstemperaturen är begränsad till 45 °C mäts temperaturen på distribuerat tappvarmvatten ute i huset på två olika avstånd från värmecentralen [F:2 b].

### *Lufttemperaturer i lägenheter*

För att studera om den utökade isoleringsstandarden leder till ökade risker för temperaturer i lägenhet studeras detta speciellt via mätningar av rumslufttemperaturen i lägenheterna [L:3, L:4].

### *Övrigt*

Som jämförelse till övriga projekt i Stockholmsprojektet mäts elenergi [L:7] samt kall- och varmvattenförbrukning [L:5, L:6] speciellt för tvättstugorna.

## Mätgivare

I mätprogrammet ingår ett stort antal temperaturgivare samt flödes- och energimätare. Givaren har fått följande beteckningar

- TL = temperaturgivare, luft
- TV = temperaturgivare, vatten
- FL = flödesmätare, luft (kontinuerlig registrering)
- fl = flödesmätare, luft (strypfläns)
- EV = energimätare, vatten

Samtliga givare, utom strypflänsarna, kommer att registreras kontinuerligt. En del givare används direkt i beräkningarna medan andra endast har till uppgift att kontrollera de övriga givarna.

Läget hos spjäll SL1, avfrostning av värmeväxlare samt ev larm från reglercentraler kommer också att registreras. Spjällets läge avgör om solmottagaren är i drift eller ej, avfrostning av värmeväxlare samt larmfunktioner kan få stor betydelse vid utvärdering av resultatet.

Placering av givare framgår av bif ritningar och mätstorhet, användning etc framgår av tabell.

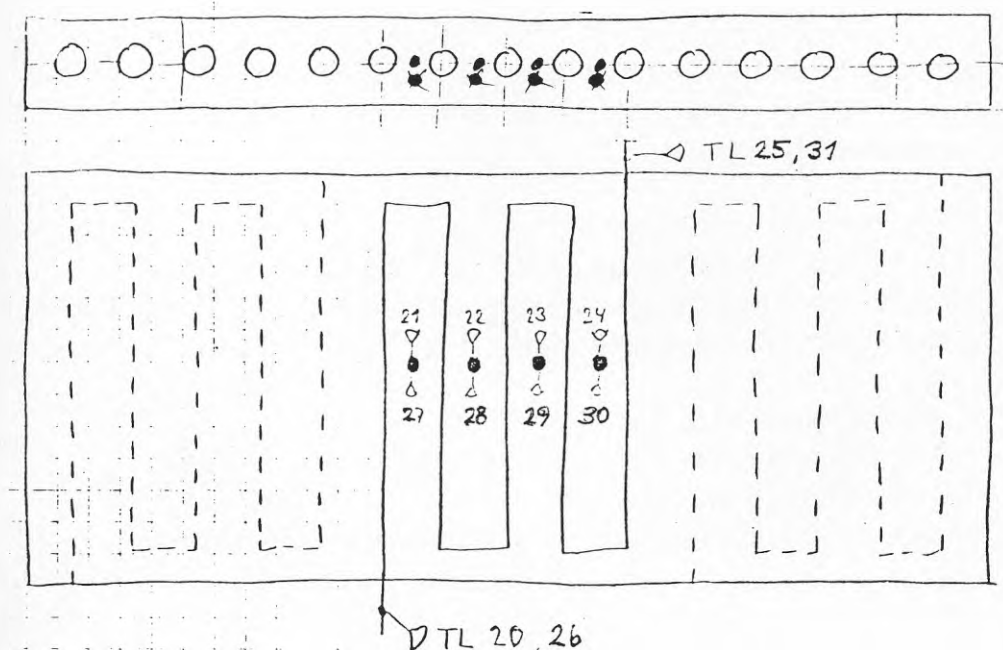


Bild 24 Placering av givare i bjälklag, kv Kejsaren.  
Nr 20-25: bakkantsinblåsning  
Nr 26-31: framkantsinblåsning

## *Kontrollfunktioner*

### *Mätningar*

Mätningarna kommer att kontrolleras med jämna mellanrum genom manuella kontroller. De kontinuerligt registrerande luftflödesmätarna har strypflänsar inmonterade vilket gör att de kan kalibreras manuellt på plats. För att kontrollera tätheten hos ventilationssystemet kontrolleras flödena manuellt på ett flertal punkter.

Ett flertal temperaturgivare kan också kontrolleras mot varandra och dessutom finns termometrar för manuell avläsning på ett flertal ställen.

Energimätarna kontrolleras mot total fjärrvärmeförbrukning.

Huset med installationer  
husets totala täthet och värmeisoleringsstatus kontrolleras inledningsvis via provtryckning/spårgasmätning samt värme-  
fotografering.

Installationernas funktion kontrolleras vid mätprogrammet.  
Sådana kontroller görs för:

- kanalers täthet
- spjälls täthet
- reglerfunktioner
- apparaters prestanda
- injusterade luftflöden

Dessutom skall en utökad byggkontroll föreskrivas.

Tabell 7 Mätbeskrivning kv Kejsaren, Sammanställning av temperaturgivare

Givare	Placering	Mätintervall	Mätstorhet
TL:1	Utomhus	-30 - +40 °C	Utomhustemp (normal uteluftintag)
TL:2	Fläktrum	-10 - +30 °C	Uteluft efter vvx
TL:3	Solfångare	-10 - +70 °C	Lufttemp i solfångare
TL:4	Fläktrum	-10 - +70 °C	Uteluft efter solfångare
TL:5	Fläktrum	-10 - +70 °C	Uteluft före centralaggregat
TL:6	Fläktrum	+10 - +30 °C	Tillufttemp
TL:7	Fläktrum	+10 - +30 °C	Tillufttemp, bakkantsinblåsning
TL:8	Fläktrum	+10 - +30 °C	Tillufttemp, framkantsinblåsning
TL:9	Fläktrum	+10 - +30 °C	Tillufttemp, butik
TL:10	Fläktrum	+10 - +30 °C	Frånluft, bakkantsinblåsning
TL:11	Fläktrum	+15 - +30 °C	Frånluft, framkantsinblåsning
TL:12	Fläktrum	+15 - +30 °C	Frånluft, butik
TL:13	Fläktrum	+10 - +30 °C	Frånluft
TL:14	Fläktrum	± 0 - +10 °C	Avluft
TL:15	Utomhus	-30 - +40 °C	Utomhustemp (samma uteluftintag)
TL:17)	Solfångare	-10 +100 °C	Absorbatortemp
TL:19)			
TL:20	Tilluftkanal	+15 - +30 °C	Tillufttemp före hålbjälklag lgh nr
TL:21)	Hålbjälklag	+15 - +30 °C	Temp i hålbjälklag lgh nr
TL:24)			
TL:25	Lgh aggregat	+15 - +25 °C	Tillufttemp efter hålbjälklag lgh nr
TL:26	Tilluftkanal	+15 - +30 °C	Tillufttemp före hålbjälklag lgh nr
TL:27)	Hålbjälklag	+15 - +30 °C	Temp i hålbjälklag lgh nr
TL:30)			
TL:31	Lgh aggregat	+15 - +25 °C	Tillufttemp efter hålbjälklag lgh nr
TL:32)	Lgh	+10 - +30 °C	Inomhustemp lgh med bakkantsinblåsn
TL:36)			
TL:37	Glasveranda	-10 - +80 °C	Temp glasveranda
TL:38	Lgh	+10 - +30 °C	Inomhustemp lgh med framkantsinblåsn
TL:42)		+10 - +30 °C	
TL:43	Glasveranda	-10 - +80 °C	Temp glasveranda
TL:44	Trapphus	+10 - +30 °C	Temp i trapphus vån 3
TL:45)	Fläktrum	-10 - +40 °C	Lufttemp i fläktrum
TL:46)			
TV:1	Fläktrum		
TV:2	UC		
TV:3	UC	+0 - +10 °C	Lufttemp i fläktrum
EV:0	UC	30 - 120 °C	Energitillförsel tot Fjv
EV:1	UC	90 - 120 °C	Luftvärme, centralaggregat (Fjv)
		200 l/h	
EV:2	UC	90 - 20 °C	Luftvärme, lghaggregat, framkant (Fjv)
		530 l/h	
EV:3	UC	90 - 20 °C	Luftvärme, lghaggregat, bakkant (Fjv)
		530 l/h	
EV:4	UC		Luftvärme, butiksaggregat (Fjv)
EV:5	UC		
		10 - 20 l/h	
EV:6	UC		Radiatorvärme, tvättstuga (Fjv)
EV:7	UC	60 - 30 °C	Varmvatten, tvättstuga
		700 l/h	



Tabell 8 Mätbeskrivning kv Kejsaren, Sammanställning av temperaturgivare

Givare	Placering	Mätintervall	Mätstorhet
EV:8	UC	60 - 5 °C 3600 l/h	Solfövämt tappvarmvatten
EV:9	UC		VVC total
EV:10	UC	90 - 5 °C	Tappvarmvatten (Fjv)
EV:11	UC		Garagevärme (Fjv)
EV:12	UC		VVC till tvättstuga
FL:1	Fläktrum		Uteluftflöde, normalt
FL:2	Fläktrum		Tilluftflöde
FL:3	Fläktrum		Uteluftflöde, sommar
FL:4	Fläktrum		Dumpad avluft flöde
FL:5	Fläktrum		Frånluftflöde
FL:10	Fläktrum		Kontroll av FL1-5
FL20	Fläktrum		
SL:1	Fläktrum	på/av	
Avfrost	Mätcentral	på/av	
Vind	Tak	0-20 m/s	

## Vad tycker de boende

Karin Engvall, Stockholms stad utrednings- och statistikkontor, USK, VVS&Energi 10/86; Att uppleva inneklimat i energisnåla hus, USK, utredningsrapport nr 1989:9

För att få fram de boendes åsikter gör Utrednings- och statistikkontoret, USK, i Stockholm personliga intervjuer med en slumpmässigt vald representant för varje lägenhet. Intervjun genomförs ett år efter inflyttning.

De frågeställningar som tas upp i intervjun är koncentrerade till faktorer som berör ventilation, värme, ljud och ljus men också lägenhetens disposition, gårdsanvändning, information, service samt energisparmedvetande.

I analysarbetet jämförs sedan vad som anses bra respektive dåligt inom de olika projekten. För att kunna se hur experimenthuset Kejsaren står sig i jämförelse med ett ordinarie nyproducerat hus har samma frågor ställts till boende i kvarteret Bäverhonan i Rågsved, vilket var inflyttningsklart under samma period.

Här följer en redovisning av de boendes synpunkter, främst när det gäller värme och ventilation.

### *Ventilationen fungerar bra men medför drag och ljudproblem*

Ventilationen som helhet har fungerat bättre i de olika projekt-husen än i det ordinarie byggda jämförelsehuset, speciellt gäller detta sommarhalvåret. Jämför de boende med sin tidigare bostad anger flertalet en bättre ventilation i den nya bostaden än i den tidigare.

Däremot är det vanligare att man upplever drag i de hus som ingår i projektet än i vårt jämförelsehus. Det drag som upplevs i dessa är koncentrerat till vardagsrum och sovrum och dragkällan är främst de sk inblåsningsdonen. I jämförelsehuset upplevs drag mer diffust.

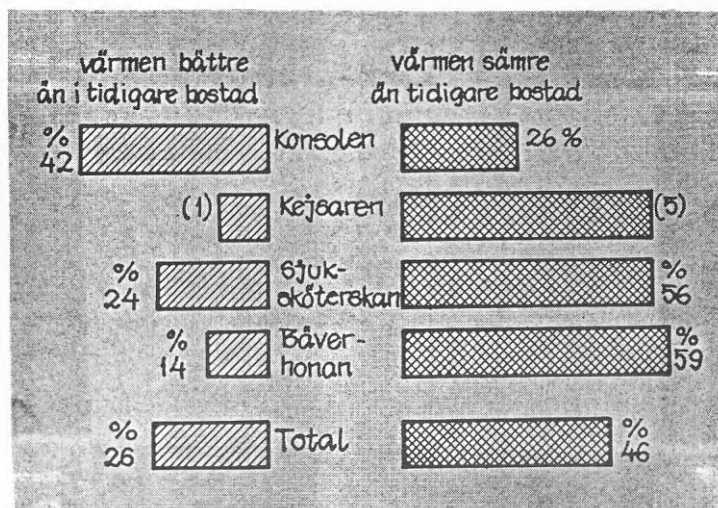


Bild 25 Upplevelse av värmen som bättre eller sämre än i tidigare bostad under vinterhalvåret.

Ventilationen upplevs idag tillsammans med det ljud som alstras mellan lägenheterna som den största bullerkällan i bostaden. En av slutsatserna här skulle kunna vara att man inom ventilationstekniken funderar över inblåsningens utformning och funktion.

#### *Luftvärme - bakkants- eller framkantsinblåsning*

Stort intresse knyts till hur luftvärmen har fungerat i kv Kejsaren. Antalet lägenheter (10 st) är emellertid för litet för att man ska kunna dra några mer långtgående slutsatser.

Huset utmärker sig inte i någon särskild riktning vare sig när det gäller upplevelsen av ventilation eller värme. Möjligen upplevs värmen något jämnare än i övriga hus.

I kv Kejsaren prövas också två olika sätt att föra in värmen, dels under fönster s k framkantsinblåsning, dels i taket s k bakkantsinblåsning. Någon skillnad i hur de båda systemen upplevs när det gäller värme och ventilation har ej kunnat skönjas, utom möjligen när det gäller drag. Här kan det vara värt att notera att av de fem lägenheter där man upplever drag är fyra lägenheter försedda med framkantsinblåsning.

Vid en totalbedömning av luftvärme som sådan anses största fördelen vara att man slipper elementen. Till nackdelarna hör dock bruset. Om de boende hade haft möjlighet att välja mellan ett system med luftvärme eller ett med vanliga radiatorer skulle man i sex av de nio lägenheterna valt luftvärme.

#### *Vilka bor i husen?*

Vilka som bor i husen spelar självfallet stor roll för hur mycket och på vilket sätt bostaden används. Detta kan i sin tur ha viss inverkan på energiförbrukningen i huset liksom på hur bostaden upplevs.

Samtliga hus som ingår i undersökningen var vid intervjutillfället hyreshus. Lägenheterna förmedlades av bostadsförmedlingen utom kv Skogsalmen som förmedlades av Stockholms kooperativa bostadsförening (SKB). Till viss del förekom också lokal förtur, vilket t ex har medfört att en större andel pensionärer bor i Bodbetjänten än i de andra husen. Flertalet hyresgäster har inte haft särskilt stora möjligheter att välja fritt när en bostad erbjöds.

Av kv Kejsarens tio lägenheter finns nio representerade i undersökningen. Av de intervjuade är fyra yngre än 35 år och fem är mellan 35 och 59 år. Det finns ingen ensamboende, i tre av lägenheterna bor man två personer utan barn och i sex lägenheter bor barnhushåll.

Andelen förvärvsarbetande är hög, 83%, och flertalet arbetar heltid, vilket medför att många, 44%, är borta från bostaden mer än tio timmar. Ingen är borta mindre än fyra timmar per dygn.

#### *Allmän trivsel med bostaden.*

Hur man upplever bostadens inneklimat och vilken toleransnivå man har för eventuella olägenheter kan till viss del påverkas av grundinställningen till bostaden och bostadsområdet som helhet. Är den positiv försöker man antingen anpassa sig eller rätta till eventuella fel och brister.

I storleksordningen 90% av de boende är nöjda med sitt bostadsområde och sin bostad som helhet. Minst nöjd med bostadsområdet är man i referenshuset och mest nöjd i kv Sjuk-sköterskan. I detta hus är man dock minst nöjd med bostaden, jämfört med övriga hus inom Stockholmsprojektet. Referenshuset har den lägsta andelen nöjda både beträffande bostad och bostadsområdet.

En viktig komponent i boendet är att den sociala miljön fungerar på ett bra sätt. På frågan om kontakten med grannarna är bättre eller sämre i nuvarande bostad jämfört med tidigare, menade över hälften i kv Kejsaren att den var bättre.

Tabell 9 Olika mått på trivsel med bostaden., kv Kejsaren och referenshuset.

	Kejsaren (10 lgh)	Ref huset (70 lgh)
Nöjd med bostad	100 %	73 %
Nöjd med bostadsområdet	89 %	75 %
Bättre grannkontakt nu	89 %	48 %
Huset är snyggt	100 %	57 %
Vill bo kvar	100 %	52 %

Bostadens estetiska värde är säkert något som i bostadsbristens dagar inte har så stor betydelse vid val av bostad. Det kan dock vara på sin plats att här se om experimentbyggande på något sätt inkräktar på husens utseende. Att så inte är fallet framgår då flertalet av de boende menar att huset är snyggt.

Som ett slutgiltigt mått på trivsel och förankring i bostaden frågades om eventuella flyttplaner. För samtliga hus svarade mellan 65 och 75 procent av de boende att de ämnade bo kvar. I referenshuset var andelen lägre, här uppgav hälften att de ville flytta. Som främsta flyttorsak angavs att lägenheten var för dyr.

På det hela taget är man således tämligen nöjd med sin bostad och sin bostadsmiljö. Men detta konstaterande hindrar inte att det finns förhållanden i bostaden och dess närmiljö som skulle kunna vara bättre. Som en första fråga kring vad som är särskilt

bra eller dåligt med lägenheten fick intervjupersonerna i en öppen fråga nämna vad som var lägenhetens största fördel respektive nackdel. Generellt sett rör sig fördelarna främst kring lägenheternas planlösning, standard, ljusförhållanden och läge i så väl fastigheten som i förhållande till staden i övrigt. Dess nackdelar rör främst värme och ventilation men även ljud och hyra. Det senare är kanske ganska naturligt för nyproducerade bostäder.

#### *Olika ventilationssystem*

De flesta småhus och äldre flerbostadshus har ventilation med självdrag. Den kalla utomhusluften kommer in genom otätheter, vädringsfönster eller s k springventiler. När luften värms upp inomhus stiger den - eftersom varm luft är lättare än kall luft - och går ut i det fria via ventiler som vanligen finns i badrum och kök.

Nackdelen med självdrag är ett starkt beroende av väderförhållanden. När det är kallt ute och man kanske vill minska ventilationen skapas den högsta luftomsättningen. Är det mycket varmt ute kanske man inte får någon ventilation alls.

I många bostadshus som byggs idag har man istället mekanisk frånluft, s k F-system, där luften från rummet sugts ut med fläktar. Tilluften kommer via t ex springventiler eller annat uteluftsdon i fönsterfasader. Med frånluftsventilation kan man bättre styra luftomsättningen än vid självdrag.

I ett tredje ventilationssystem som blivit mer och mer vanligt i byggnader byggda under 80-talet, styrs både tilluft och frånluft med hjälp av fläktar, s k FT-system. En fördel med att man tar in även tilluften genom speciella kanaler är att man då kan behandla luften t ex värma, kyla eller filtrera. Man kan också på ett enkelt sätt spara energi genom värmeväxling mellan från- och tilluft. Detta sker genom att man tar tillvara värme från den uppvärmda frånluften och överför den till den kallare tilluften, s k FTX-system. Man kan dessutom utnyttja ventilationssystemet för att tillföra byggnaden dess värme via luften, sk FTV-system.

När man startade Stockholmsprojektet ville man i full skala prova nya förslag till utformning av energisnåla flerbostadshus. En av de mest grundläggande idéerna var just att kunna reglera och styra ventilationen i huset. De ventilationssystem som finns representerade här är:

<b>FTX-system</b>	kv Sjuksköterskan, Skogsalmen samt referenshuset
<b>FTV-system</b>	kv Kejsaren och Höstvetet
<b>F-system</b>	kv Konsolen och Bodbetjänten

### Vädringsvanor

En väsentlig post i beräkning och utvärdering av energibalanser utgör energiförluster för ventilation och luftläckning. Med luftläckning menas otätheter i byggnaden men också den vädring som orsakas av de boende

Bland de boende i Stockholmsprojektets hus är det absolut vanligaste skälet till att vädra att man vill få in frisk luft. Det är mindre vanligt att vädra för att det känns för varmt. Det är dock vanligare att man vädrar för att det är för varmt i stockholmsprojektets hus än i referenshuset.

Oavsett vädringsskäl så är den totala vädringstiden per vecka betydligt kortare i Stockholmsprojektets hus än i referenshuset (Tabell 7). Kvarteret Kejsaren har så få lägenheter är det svårt att jämföra dess vädringstid med övriga hus. Som ett hjälpmedel för utvärdering av täthetsprovningar kan man måla upp var i huset vi har de sk storvädrarna, genom att lokalisera dessa kan man ändå få en bild av hur de system som finns i huset kan tänkas påverkas av ofrivillig ventilation.

Tabell 10 Uppgiven vädringstid per vecka. Vädringsindex bildat av hur ofta man vädrar multiplicerat med hur länge man vädrar av olika skäl.

---

	Kejsaren	Referenshuset
Aldrig	11 %	12 %
< 30 min	22 %	23 %
30-60 min	0 %	18 %
1-2 tim	11 %	25 %
> 2 tim	56 %	21 %
Antal lägenheter	9 st	52 st

---

Vädring är ett fenomen som man inte upphör med även om bostaden förses med moderna ventilationssystem. Det vanligaste skälet för att vädra är också att få in frisk luft. Idag ifrågasätter man om normens krav på 0,5 oms/tim räcker för att erhålla god luftkvalitet. Det är viktigt att omsättningen luft också har en tillräckligt god luftutbyteseffektivitet samt att systemet tillåter vädring.

### Hur upplevs ventilationen som helhet?

I en öppen inledande fråga gavs de boende möjlighet att tala om vad som var största fördelen respektive nackdelen med lägenheten. Av samtliga intervjuade var det 70% som överhuvudtaget nämnde någon nackdel med lägenheten och bland dessa nämner en tredjedel ventilationen som största nackdelen.

På en direkt fråga hur ventilationen som helhet har varit ges överlag ett bättre betyg för sommarhalvåret än för vinterhalvåret. En viss variation kan dock skönjas mellan de olika husen. I vårt referenshus är man dock lika missnöjd oavsett årstid.

Mest missnöjd med ventilationen är man dock under vinterhalvåret. Generellt sett är det drygt var tredje intervjuperson som menar att ventilationen är dålig denna årstid. Förhållandena är tämligen lika för samtliga hus. Man kan dock konstatera att den upplevs sämst i referenshuset där 52% menar att ventilationen är dålig oavsett årstid.

På en öppen fråga om vad som är särskilt bra med ventilationen nämns mest att ventilationen sommartid ger fräsch luft och att det blir svalare inne. Vintertid menar man främst att ventilationen ger fräsch luft och att man slipper vädra.

Vad som är särskilt dåligt med ventilationen är att det orsakar drag, att det blir torr luft, att köksfläkten är för klen, att ventilationen bullrar samt att systemet är sårbart. Det senare gäller i första hand vårt referenshus. Detta hus har inte heller haft samma noggranna kontroll som experimenthusen.

I referenshuset uppges också i större utsträckning problem med buller och att köksfläkten har varit för klen. Däremot är det färre som spontant nämner problem med drag, vilket är vanligt i Stockholmsprojektets hus.

#### *Matos, fukt och kondens*

När de boende gör en bedömning av ventilationen som helhet kan denna göras på olika grunder. Begreppet ventilation inbegriper många olika komponenter. I dagligt tal förknippas nog bra ventilation i första hand med hur väl fukt, dålig lukt, damm och andra partiklar förs bort från bostaden. Något som ofta är förknippat med olika aktiviteter i bostaden t ex då man lagar mat, duschar, tvättar etc.

För att komma tillrätta med såväl matos som fukt i badrum så placeras alltid frånluftsventiler i dessa rum. I köket ofta tillsammans med någon typ av fläkt och i toalett/badrum ibland i kombination med forceringsmöjlighet alternativt fönster. Trots detta visar resultaten att man ännu inte lyckats lösa ventilationen tillfredsställande här. I över var tredje lägenhet tycker man att det egna matoset inte vädras ut tillräckligt bra. I kv Kejsaren uppges också problem med matos från grannar. Störst bekymmer med såväl eget som grannars matos har vårt referenshus. (Tabell 11).

Tabell 11 Andel boende som uppger förekomst av eget och grannars matos.

	Kejsaren	Ref.huset
Dålig ventilation vid matlagning	33 %	58 %
Förekomst av grannars matos	44 %	52 %
Grannars matos dagligen/flera gånger per vecka	11 %	37 %

Läget på de lägenheter som har matosproblem visar att vissa lägenheter har problem med eget matos och andra har problem med grannars matos (Bild 26). Detta tyder på att problemet snarare är en funktion kopplad till lägenheten eller fastigheten snarare än till den boende.

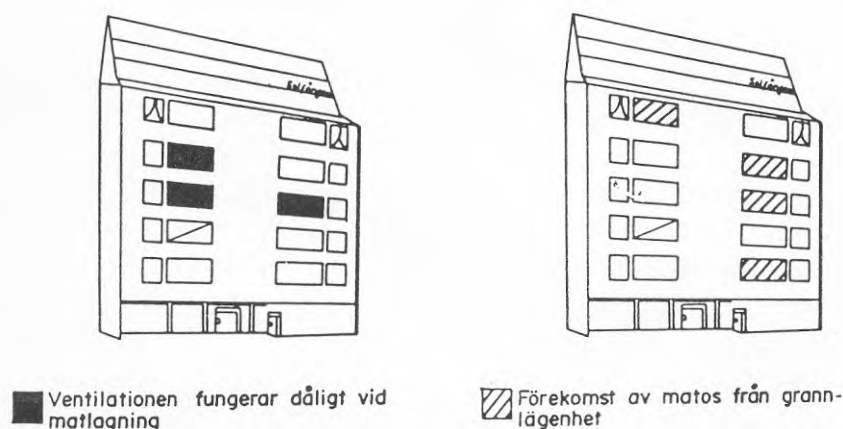


Bild 26 Lägenheter där man har matosproblem i kv Kejsaren.

Kondens i lägenheten är ett annat sätt att konstatera om ventilationen är tillräcklig eller ej. En fråga om "det förekom kondens på något fönster i lägenheten om man bortser från korta perioder vid matlagning, tvätt, bad eller dyl" visar att det är få som uppger kondens i kök. Däremot förekommer kondens i vardagsrum. Särskilt utmärker sig kv Sjuksköterskan och kv Kejsaren, där uppemot hälften av de intervjuade uppger att de har kondens i vardagsrum (Tabell 12)

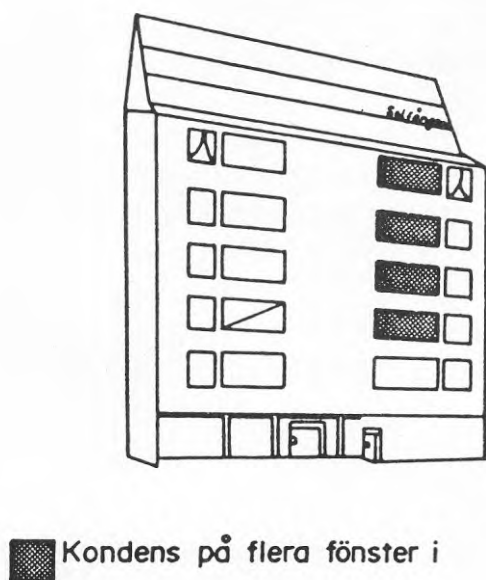


Bild 27 Angivna lägenheter med kondens i kv Kejsaren.



Tabell 12 Andelen boende som uppger förekomst av fukt och kondens.

Fuktiga handdukar	44 %
Kondens i kök	9 %
Kondens i vardagsrum	50 %

Genom att studera var i fastigheten man har angett förekomst av kondens kan man se att i kv Sjuksköterskan är fenomenet utspritt i hela fastigheten, medan det för Kejsaren är koncentrerat till den del av huset som har bakkantsinblåsning av tilluften. Är det så att det i Sjuksköterskans fall är byggfukten som orsakar kondens och i Kejsarens fall ventilationssystemets utformning?

### Luftkvalitet

Ventilationssystemet i lägenheten ska inte bara ta bort matos och fukt. Den ska också föra bort andra föroreningar i luften och ersätta luften med frisk, ren uteluft. Idag vet man att det inte räcker med att tala om antal luftomsättningar utan att samtidigt beakta luftutbyteseffektiviteten, dvs hur väl man faktiskt byter ut den gamla luften mot ny.

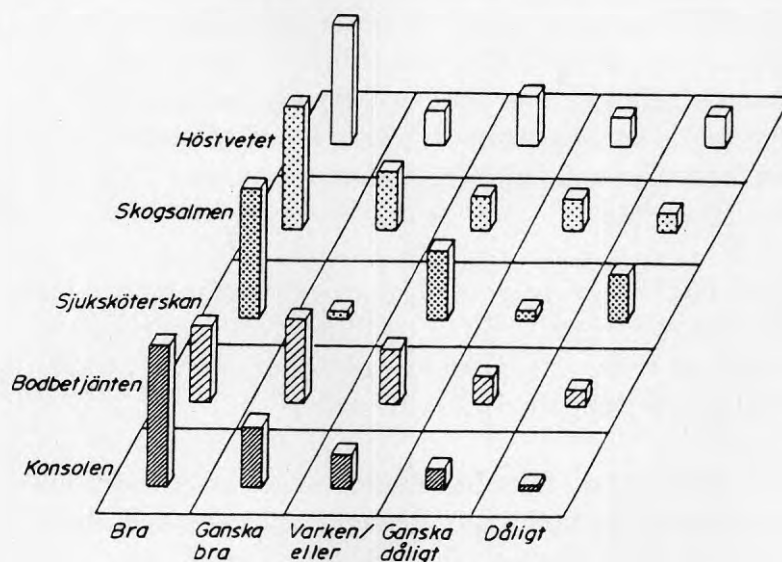


Bild 28 Generell bedömning av luftkvaliteten under sommarhalvåret. (procent)

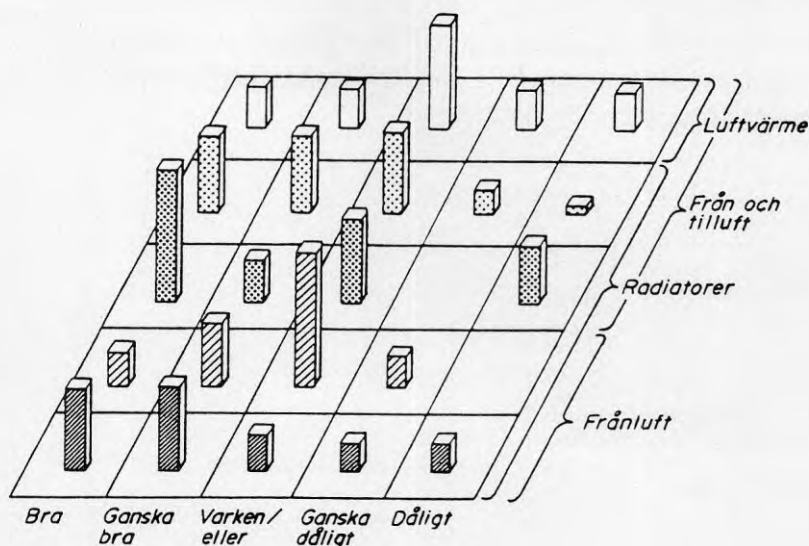


Bild 29 Generell bedömning av luftkvaliteten under vinterhalvåret. (procent)

Luftkvaliten kan mätas antingen utifrån en kemisk analys eller utifrån hur människan upplever luften där hon vistas. De boende i Stockholmprojektets hus har fått bedöma luftkvaliten med hjälp av en serie beskrivande ord. Ord som kännetecknar olika aspekter på luftkvaliten, dess fuktighet, friskhet, dammighet, lukt samt värme. Till sist får de göra en generell bedömning av luften, om den är bra eller dålig. Bedömningen gjordes för såväl vinter- som sommarhalvår. Hyresgästerna fick även göra en jämförelse mellan den nuvarande bostaden och den tidigare.

I den generella bedömningen av luftkvaliten säger sig de boende över lag vara mer nöjda med luftkvaliten under sommarhalvåret än under vinterhalvåret. Detta kan å ena sidan bero på att årstiden möjliggör öppna fönster, att värmen inte är på eller att man helt enkelt inte vistas så mycket inomhus. Å andra sidan kan det också vara så att ventilationssystemet medför att luften inte står stilla och blir kvalmig.

Jämför man hyresgästernas bedömning av luftkvaliten för de olika husen sommartid, så är skillnaden liten. Vintertid är dock bilden en annan. Här menar många att luftkvaliten varken är bra eller dålig. I ovanstående diagram beskriver de boende luften i de olika kvarteren under vinterhalvåret. Diagrammen visar dels på att upplevelsen av luftkvaliten varierar inbördes mer mellan de båda hus som har F-system än mellan de som har FTX-system. Detta kan kanske tolkas så att valet av F-system är känsligare än valet av FTX-system med tanke på upplevelsen av luftkvaliten.

Det hus som har FTV-luftvärme visar en helt annan profil. Här är man helt neutralt inställd till luftkvaliten, vilket är positivt i bedömningen av temperatur och luftfuktighet men är varken bra eller dåligt när det gäller lukt och damm.

Frågan ger möjlighet till flera intressanta analyser. En uppdelning av hus med olika ventilationssystem och varje delkomponent i bedömningen av luften efter vinter och sommarhalvår visar på intressanta resultat. Varför upplevs luften fuktigare och mer luktfylld under sommarhalvåret än under vinterhalvåret i hus med luftvärme, FTV-system? Hur fungerar ventilationen rent tekniskt när värmen inte förs fram via ventilationskanalerna under sommaren?

### Drag

Den absolut största nackdelen med ventilationen är, enligt de boende, att den ger en känsla av drag. Tidigare förknippades drag med otäthet i byggnaden - i äldre hus talar man också om ventilationen som "självdrag". I dagens täta hus med mekaniska ventilationssystem är drag mera en funktion av lufthastighet. De boende kan ha svårt att särskilja vad som är drag, orsakat av otäthet i byggnad, köldbryggor eller av för höga lufthastigheter. Drag är för dem mera en fråga om en ej önskad avkylning till följd av luftrörelse.

Upplevelsen av drag varierar dock kraftigt mellan de olika husen. I kv Konsolen och Sjuksköterskan är det ca 75% av de intervjuade som uppger att det drar i lägenheten.

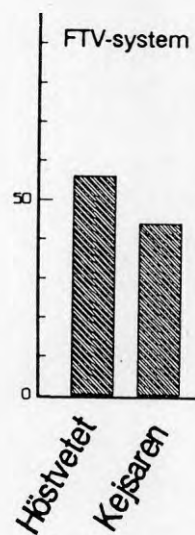


Bild 30 Andelen boende som upplever drag i kv Kejsaren.

Tabell 13 Andel boende som pekar ut varifrån det drar i hus med olika ventilations-system, kv Kejsaren (FTV-system) och Referenshuset (FTX-system).

	Kejsaren	Ref.hus
Golv	11 %	8 %
Fönster	11 %	21 %
Inblåsdon	22 %	7 %
Dörrar	22 %	34 %
Annanstans	33 %	15 %
Antal lägenheter	9 st	46 st

Studerar sedan de hus som har FTV-system och luftvärme tycker man i kv Höstvetet att det drar mest från dörrarna. I första hand är det balkongdörren som utpekats. Kv Kejsaren har alltför få lägenheter för att materialet skall kunna standardiseras och därmed jämföras med övriga hus på ett relevant sätt. Däremot kan man här studera upplevelsen av drag eftersom värmen dels förs in vid golv vid yttervägg s k framkantsinblåsning, dels vid rummets inre vägg vid tak s k bakkantsinblåsning.

Bild 31 visar att det bara är i den del av fastigheten som är försedd med framkantsinblåsning som man upplever drag i nämnvärd omfattning. Något som bekräftas av de tekniska mätningar av luftrörelser och lufthastigheter som gjorts. Där luftrörelsen och lufthastigheten i vistelsezonen skiljer de båda tillvägagångssätten. (Bild 32)

Slutligen kan konstateras att det är svårt att åstadkomma en dragfri ventilation oavsett vilket ventilationssystem som används. För att minska upplevelsen av drag måste man lägga ner stor omsorg vid valet av don och vid deras placering. Det är också oerhört viktigt att kontrollera att lufthastigheten är rätt injusterad och att ingen detaljutformning och inredning tvingar ut luftströmmen i vistelsezonen med för höga hastigheter så att det upplevs som drag.

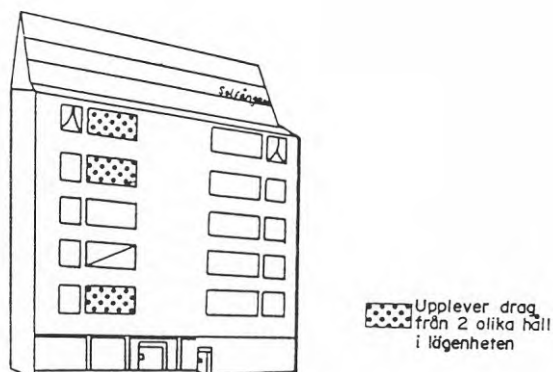


Bild 31 Lägenheter där man upplever drag från 2-5 olika håll i kv Kejsaren.

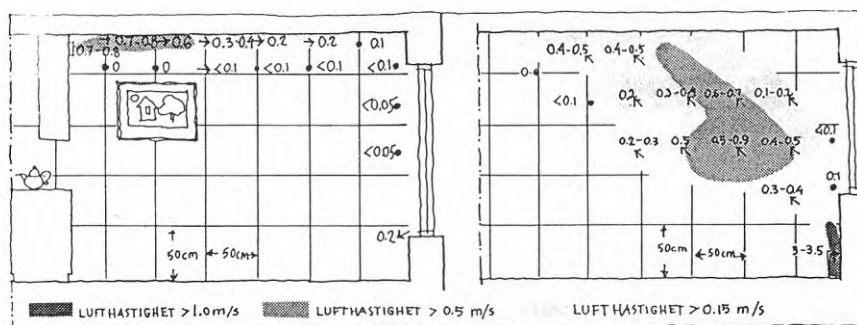


Bild 32 Sektion genom vardagsrum i lägenhet med bak-kantsinblåsning av luftvärme samt sektion genom sovrum med framkantsinblåsning.

### Användning och skötsel av ventilationen

Hur man upplever ventilationen och inneklimatet påverkas även av hur man klarar av att ställa in och sköta den tekniska utrustningen. Hur pass väl man lyckas förmedla denna kunskap till de boende hänger väl samman med vilken typ av information de boende får och på vilket sätt de får den.

Samtliga byggföretag i projektet menar att de hade gått ut med någon typ av information till de boende. Av hyresgästerna själva säger sedan 88% att de har fått någon information. På frågan om de tycker att den information de fått har varit lätt eller svår att förstå säger 77% att den varit lättbegriplig. Att det är en sak att tro sig förstå och en annan att det faktiskt är så framgår då endast hälften av de boende kunde tala om var luften i lägenheten kommer in respektive går ut.

Det är inte bara informationens omfattning som är viktig utan även dess utformning, detta för att säkerställa en riktig användning av ventilationssystemet. Av svaren framgår att i storleksordningen 50 resp 40% av de intervjuade använder systemen rätt. På frågor kring hur de olika anläggningarna sköts var det endast 34% som gjorde på det sätt de blivit informerade om.

Informationens betydelse samt svårigheten att på ett riktigt sätt tillgodogöra sig den har studerats i en särskild rapport "Att informera boende om ny energisnål teknik". Här tas dock några belysande exempel upp.

#### Information som:

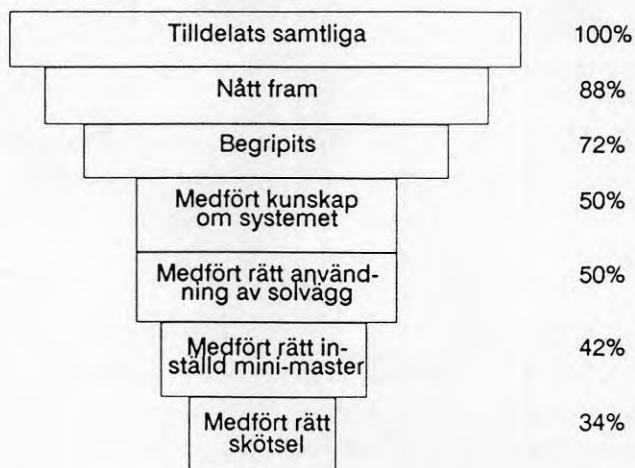


Bild 33 Informationens omfattning och effekter på de boendes sätt att använda och sköta ventilationen. Procent.

### *Hur upplevs temperaturen i lägenheten som helhet?*

I den öppna inledande frågan kring vad som var lägenhetens största fördel respektive nackdel, nämnde 70% av de boende någon nackdel. Bland dessa nämner en fjärdedel värmen i lägenheten som dess största nackdel. Denna åsikt förekommer mest i kvarteret Sjuksköterskan, Skogsalmen, Höstvetet och i referenshuset.

På en direkt fråga om hur man upplever temperaturen i lägenheten som helhet under vinter- och sommarhalvår är man överlag mer nöjd med den under sommaren. På vintern tycker över hälften av de boende att lägenhetens temperatur är för låg. Något färre är det i kv Konsolen där drygt en tredjedel menar att temperaturen är för låg.

I kv Höstvetet och Kejsaren, dvs de hus som är försedda med luftvärme, finns det några hyresgäster som tycker att temperaturen under vintern är för hög.

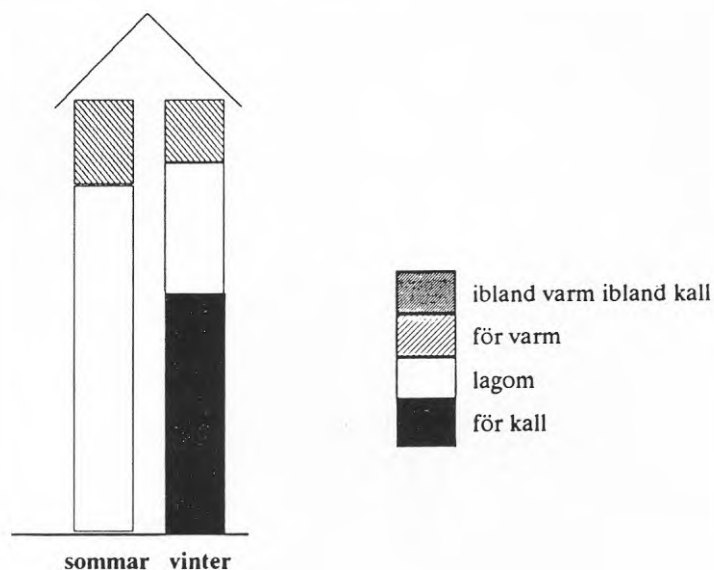


Bild 34 Upplevelse av temperaturen i lägenheten som helhet. Procentandelar.

Upplevelsen av att bo i en för kall lägenhet under vinterhalvåret är vanligare i Stockholmsprojektets hus än i övrigt bostadsbestånd byggt under andra epoker. Framst gäller det om huset är försett med FTX- eller FTV-system (Bild 34).

Under sommarhalvåret är det många som är nöjda med temperaturen i lägenheten. Hyresgäster som tycker att lägenheten har för hög temperatur återfinns främst i de hus som är försedda med någon typ av inglasning. Kv Höstvetet och Bodbetjänten med inglasade gårdar och Skogsalmen med inglasade balkonger. Alla tre husen har olika typ av ventilationssystem.

### *Faktisk och önskad temperatur*

För att få ett grepp om vilken inomhustemperatur de boende vill ha ombads den intervjuade ange önskad temperatur och samtidigt gissa på den befintliga temperaturen vid intervjutillfället. Den faktiska temperaturen uppmättes också. Vid en jämförelse mellan den gissade temperaturen och den faktiskt uppmätta visade det sig att 69% av de boende gissade att de hade en lägre temperatur än det var just då i rummet. Bara 11% gissade på en högre temperatur. Drygt en på fyra gissade på en över 3 °C för låg temperatur.

Förklaringen till att man ligger så pass fel i bedömningen, med betoning på en känsla av att det är betydligt kallare än det faktiskt är, ligger troligen i det faktum att termometern inte väger in faktorer som drag och kalla golv, något som den boende uppenbarligen gör.

Vilken temperatur vill då de boende ha? För att kunna få ett verklighetsanknutet mått på de boendes önskemål måste man således korrigera deras önskemål med utgångspunkt från nedanstående samband.

$$\text{Korrigerad önskad temp} = \text{registrerad temp} + \text{önskad temp} - \text{gissad temp}$$

I den fortsatta redovisningen avses med "önskad temperatur" den "korrigerade önskade temperaturen".

Den temperatur de boende vill ha i sin lägenhet ligger för tre fjärdedelar av de intervjuade på 22 °C eller högre. 20 °C eller lägre vill endast 8% ha medan 16% har önskemål på 24 °C eller högre i sin lägenhet.

Vid en jämförelse mellan korrigerad önskad temperatur och den faktiskt uppmätta vid intervjutillfället visade det sig att 93% faktiskt hade den temperatur som de sade sig vilja ha. Med detta mått borde hyresgästerna således vara nöjda men på en direkt fråga om man tyckte att temperaturen var lagom just då svarade 76% ja. Vid bedömningen av temperaturen under hela vinterhalvåret var dock endast 37% nöjda.

Ovanstående redovisning pekar på följande:

- att temperaturönskeönskemål grundar sig på andra faktorer än rena lufttemperaturer mätt med vanliga termometrar
- att de temperaturer som de boende säger sig vilja ha bör korrigeras i förhållande till gissad och faktisk temperatur
- att enstaka stickprovsmätningar inte räcker för att bedöma temperaturen under en längre period

KTH har genom sitt mätprogram samlat in ett stort antal mätvärden. Rumstemperaturer för mer än hälften av lägenheterna finns tillgängliga som tim-medelvärden. För att kunna ställa faktiska rumstemperaturer mot upplevelsen av lägenhetens temperatur under en längre period har ett medelvärde på rumstemperaturen tagits fram för det vinter- respektive sommarhalvår som de boende grundar sin bedömning på. För varje lägenhet beskrivs sedan den faktiskt uppmätta medeltemperaturen tillsammans med den upplevda temperaturen. Detta ger möjlighet att belysa hur dessa olika förhållanden står i samklang med varandra i de enskilda lägenheterna.

Som exempel visas kv Kejsaren. (Bild 35). Här kan man konstatera att upplevelsen av att lägenheten är för kall inte nämnvärt samvarierar med den genomsnittligt uppmätta temperaturen i lägenheterna.

Ovanstående redovisning visar på olika sätt den osäkra bild temperaturbegreppet står för idag både när det gäller inreglering av värmesystem och vid mätning av temperaturer. Här har kunskapen idag nått betydligt längre än när Stockholmsprojekts mätprogram lades upp i början på 80-talet. Samtidigt är upplevd temperatur något som varierar med fler faktorer än bara rumsluftens temperatur. Detta gör det ointressant att prata i celciusgrader, utan att samtidigt ta hänsyn till luftrörelser och kalla ytor, när vi vill ställa in vår bostad för en god komfort inomhus.

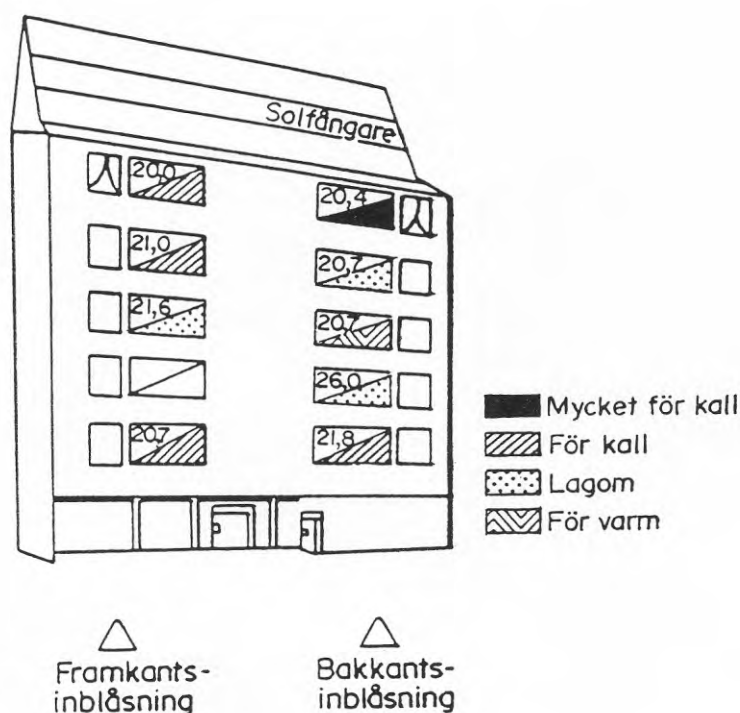


Bild 35 Boende i kv Kejsaren som tycker att temperaturen i lägenheten är för låg alternativt hög under vintertid samt uppmätt medelvärde för rumstemperaturen under perioden.



### Värmekomfort

När de boende själva fick pricka in på en skala om luften kändes varm eller kall i lägenheten på vinter- respektive sommarhalvår, blev bilden mer varierad än i fråga om temperaturönskemålen. Variationen är stor såväl mellan som inom de olika husen. Denna variation beror troligen på att i ett begrepp som värme inkluderar hyresgästen både temperatur, drag, kalla golv, luftfuktighet etc. (Bild 36)

Hur man upplever värmen i sin bostad är också en fråga om anpassning. De boende fick bedöma luften i sin tidigare bostad som varm eller kall med hjälp av samma skala som vid bedömningen av den nuvarande bostaden. Skillnader i bedömningarna visar att många bedömer luften som kallare i den nya bostaden i jämförelse med den tidigare. Tydligast var detta bland de boende i kv Sjuksköterskan, Skogsalmen samt referenshuset.

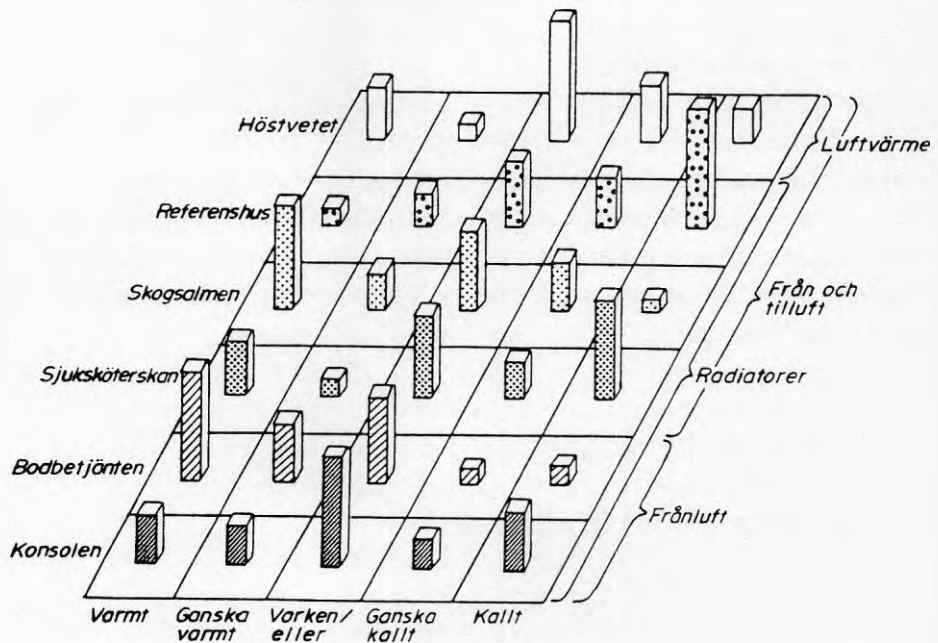


Bild 36 Andelen boende som tycker att luften i lägenheten är varm eller kall i de olika husen under vinterhalvåret.

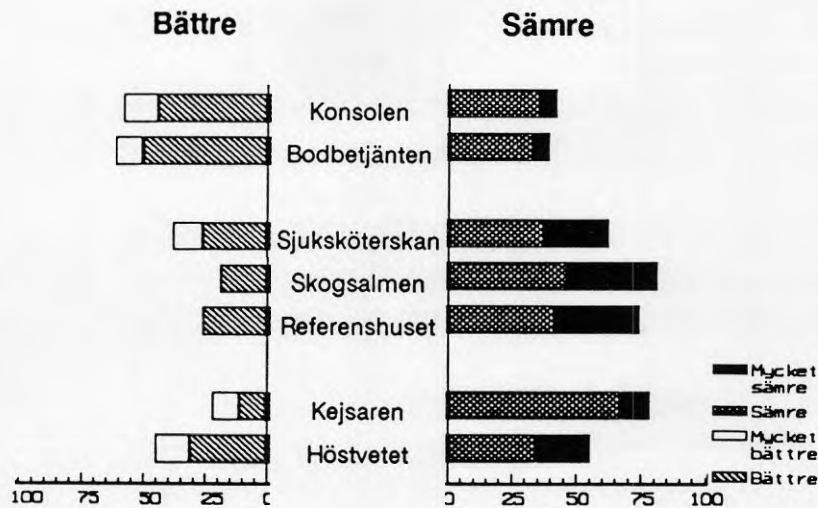


Bild 37 Andelen boende som tycker att värmen är bättre eller sämre i den nuvarande bostaden än i den tidigare under vinterhalvåret.

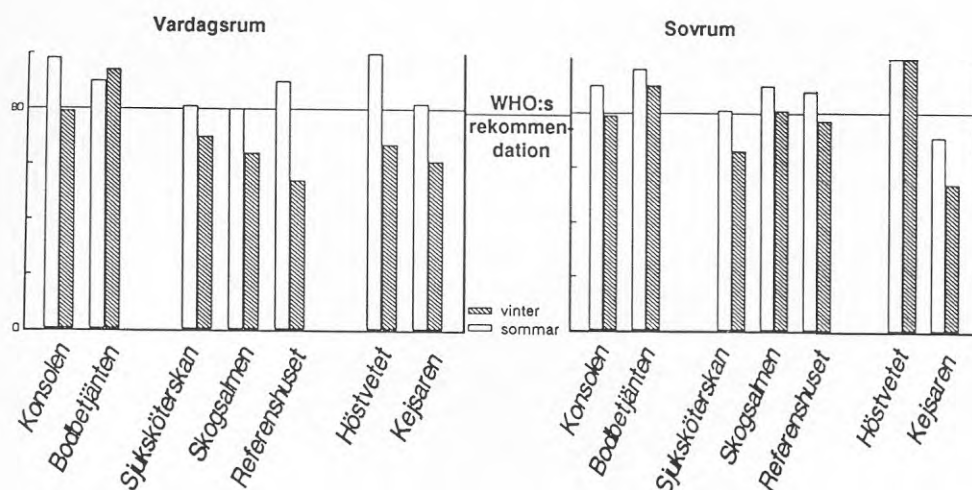


Bild 38 Andelen boende som på något sätt lyckas uppnå ett behagligt vardagsrums- respektive sovrumsklimat.

### Hur fungerar varmvattnet?

Uppvärmningen av tappvarmvatten varierar i de olika husen. I kv Kejsaren utnyttjas solvärmens från solfångare på tak inte bara till uppvärmning av själva huset utan också av tappvarmvattnet. Under intervjun fick de boende tala om ifall varmvattnet enligt deras mening var för varmt eller kallt eller om det var lagom. Resultaten pekar på att totalt sett tycker 80% att varmvattnet håller en lagom temperatur.

Andelen som säger att de har problem med varmvattnet varierar något mellan de olika husen. Konventionella lösningar på uppvärmning av varmvattnet är inte säkrare än den nyare teknik som används i övriga hus.

Tabell 14 Olika typer av problem med varmvattnet som de boende nämner. kv Kejsaren

Vattnet ej tillräckligt varmt	100 %
Vattnet skällhett	- %
Vattnet måste spola länge för att bli hett	- %
Vattnet håller en ojämn temperatur	- %
Antal representerade lägenheter	9 st

Bild 39 Andelen boende som tycker att tappvarmvattnet håller en för varm eller för kall temperatur.

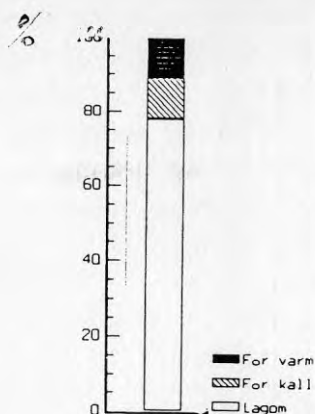
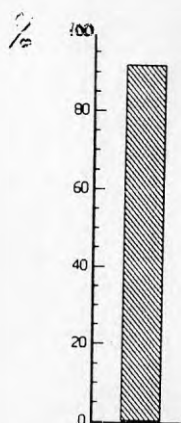


Bild 40 Andelen boende som uttrycker att de haft problem med varmvattnet



### Ljud och ljus

När man idag talar om sunda hus med bra inneklimat, är det viktigt att även betona betydelsen av att lägenheterna skall ha bra ljud- och ljusförhållanden. När Stockholmsprojektets hus projekterades i början på 80-talet, gavs dessa frågor inte något större utrymme. Undantaget de hus där man ville prova att ta tillvara solvärme via en inglasad gård. För dessa hus gjordes databeräkningar för hur akustiken skulle komma att bli i gården. Man studerade också planlösningar utifrån hur glasgården kunde tänkas påverka ljusförhållandena i lägenheterna. Det samma gällde huset där man ville pröva inglasade balkonger. Vid uppläggnen av den tekniska utvärderingen valde man dock att inte mäta och kontrollera vare sig ljudnivåer eller ljusförhållanden. Resurserna satsades helt på att utvärdera det termiska klimatet.

Relativt snart efter inflyttning fick man emellertid ta emot de boendes klagomål på bl a ljudklimatet i några av husen. Störningar som till stor del kan sägas vara projekterings- eller idrifttagningsfel. Främst gällde det ljud från den tekniska utrustning som placerats i lägenheterna i syfte att värma och ventileras. Klagomålen gällde i kv Kejsarens fall störande stomljud orsakat av varmluftsaggregatets placering i garderob utan särskild ljudisolering.

Hur lägenheternas inre ljud bedöms i de olika husen redovisas i Tabell 15. Här framgår att ljud från ventilationen upplevs mest störande i hus som har mekanisk från- och tilluftsventilation, kvarteret som i kv Sjuksköterskan och referenshuset. Av de inblåsningdon som har använts är det främst donen i kv Sjuksköterskan som anges störande. En förklaring kan vara att lufthastigheten inte var injusterad vid intervjutillfället men det kan också bero på bristfälligt utformade don.

Tabell 15 Andelen boende som störs av olika ljudkällor i kv Kejsaren och referenshuset.

	Kejsaren 10 lgh	Referenshuset 70 lgh
<i>Ljud i lägenheten från:</i>		
Ventilationen	33 %	52 %
Inblåsdon	22 %	10 %
Vatten och avlopp	22 %	18 %
Radiator	- %	4 %
<i>Ljud i huset från:</i>		
Andra lägenheter	28 %	54 %
Trapphus	0 %	31 %
Loftgång	- %	8 %
<i>Ljud utanför huset från:</i>		
Trafiken	67 %	10 %

Den högsta andelen boende som menar att deras lägenhet har mycket ljud återfinns i kv Konsolen och i vårt referenshus. Bakom Kejsarens höga andel döljer sig visserligen få lägenheter men siffrorna visar ändå att man i hälften av lägenheterna säger att denna är ljudfylld.

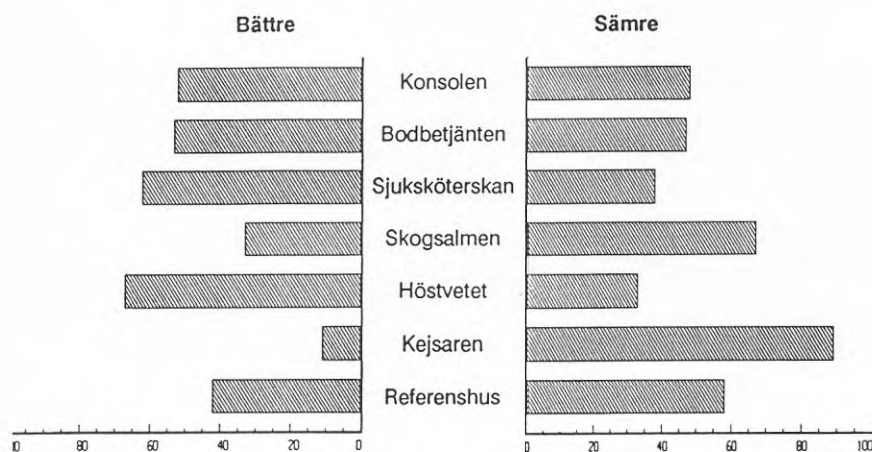


Bild 41 Ljudnivån bättre eller sämre i nuvarande bostad jämfört med den tidigare. Procent.

Idag diskuteras om de byggnadsmaterial och konstruktioner som används i nyproduktion av bostäder skapar ett sämre ljudklimat än de som byggdes tidigare. För att kontrollera detta ombads den intervjuade att på en kontinuerlig skala markera om ljudnivån i den nuvarande lägenheten var acceptabel eller

oacceptabel. Samma markering gjordes därefter för intervjuersonens tidigare bostad. I kvarteren Skogsalmen, Kejsaren och i vårt referenshus är det fler som anger ett sämre ljudklimat nu än i tidigare bostad.

Ljud utanför lägenheten men fortfarande inifrån huset kan också orsaka störningar. Ett vanligt problem är förekomsten av ljud mellan lägenheterna. Minst störd av sådana ljud är man i kvarteren Bodbetjänten och Kejsaren.

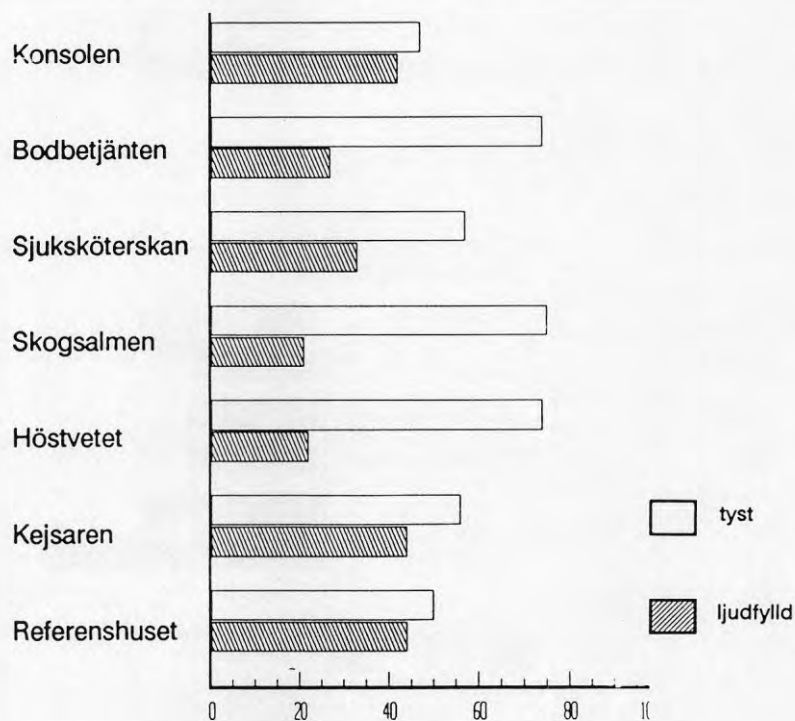


Bild 42 De boendes bedömning av ljudförhållandena i stort i lägenheten. Procent

#### Hur upplevs lägenhetens ljusförhållanden?

I boendeundersökningen ställs frågor om ljusförhållandena i lägenheten. Först en generell fråga om hyresgästen tycker sig ha "i stort sett en ljus eller mörk lägenhet". Mörkast lägenheter tycker man sig ha i kv Kejsaren och kv Konsolen. I kvarteren Kejsaren är det i ungefär var tredje lägenhet som man tycker att det vintertid kommer in för lite solljus.

För att bedöma lägenhetens ljusförhållanden ytterligare fick försökspersonen markera på en skala om dagsljuset var perfekt eller oacceptabelt. De fick också göra samma bedömning av tidigare bostad.

Att man som boende registrerar en färgton i de hus som har fönsterglas med sk selektiva beläggningar märks då 80% av de boende har lagt märke till detta i kv Konsolen och lika många i kv Sjuksköterskan. Av de som har lagt märke till färgtonen på glaset anser 60% i kv Konsolen och 85% i kv Sjuksköterskan att den tonade färgen på glaset inte har några nackdelar. De nackdelar som nämns är främst att glaset släpper in mindre ljus, några menar att glaset tar bort färger och lätt kan se smutsiga

och trista ut. Några fördelar nämns också, främst att insynen dämpas och att glaset fungerar som solskydd för blommor och gardiner.

Ett sätt att spara energi är ju att ta tillvara solvärmen på olika sätt. Sker detta på bekostnad av dagsljus måste man ersätta det med artificiellt ljus, vilket kostar elenergi. På en fråga om den boende måste ha lampan tänd i olika delar av lägenheten under dagen svarade över hälften i kvarteren Konsolen, Kejsaren och Sjuksköterskan att så var fallet i köket. I ytterligare två kvarter, de båda glasgårdshusen, Bodbetjänten och Höstvetet, uppger man i 40% av lägenheterna att lampan i köket måste vara tänd.

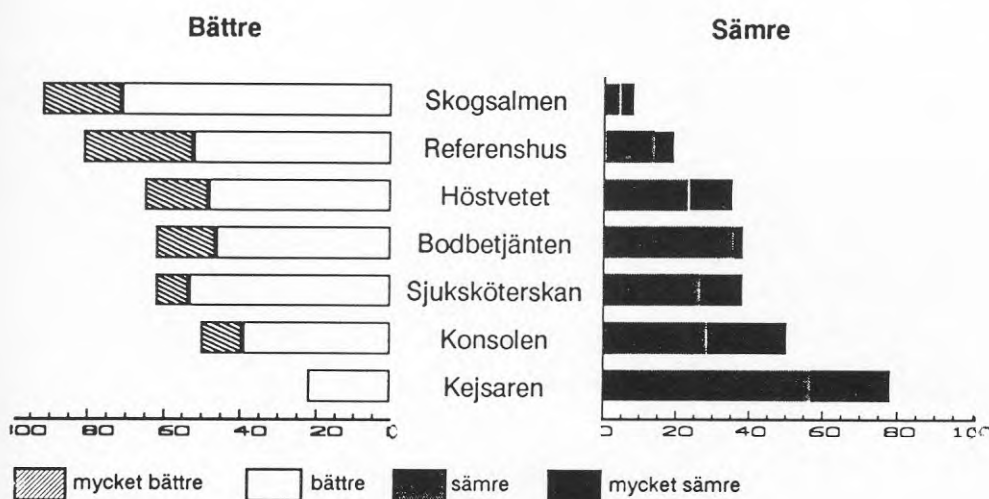


Bild 43 Bedömning av dagsljusförhållanden i nuvarande och tidigare bostad.

# Köpt energi

Sven-Olof Eriksson, Energihushållning i byggnader, KTH, 1988

Syftet med denna PM är att redovisa förbrukningen av köpt energi för kvarteret Kejsaren. När projektet inleddes 1982 var det primära målet att spara energi framför allt för uppvärmning. Speciellt intresserade man sig då för att begränsa oljeförbrukningen. Några extra insatser för att begränsa elförbrukningen gjordes därför inte. Under projektets gång har elanvändningen emellertid visat sig vara en stor och viktig del av byggnadernas energiförbrukning. Det har framförallt visat sig att den driftel som används till pumpar och fläktar i byggnadernas VVS-system är betydligt större än vad man förväntade sig i projektets inledning.

Det mätprogram som utformades för att utvärdera byggnadernas funktion tar också främst sikte på att kartlägga de delar som betraktades som experimentåtgärder. Detta gör att elförbrukningen i de flesta fall inte uppmätts så detaljerat som t ex VVS-systemet i övrigt.

## Hypoteser

Byggnadens energiförbrukning har i ett tidigt skede av projektet beräknats med datorsimuleringar i programmen BRIS och DEROB. Resultaten från beräkningarna visar ett årligt behov av köpt energi på mellan 82 kWh/m<sup>2</sup>,år (BRIS) och 100 kWh/m<sup>2</sup>,år (DEROB).

Tabell 16 *Fördelning av köpt energi enligt simuleringar med BRIS och DEROB.*

	BRIS kWh/m <sup>2</sup> ,år	DEROB kWh/m <sup>2</sup> ,år
Fjärrvärme	46	64
Hushållsel	27	36
Fastighetsel	9	(ingår i hushållsel)
Summa	82	100

I indata till DEROB har man inte med någon särskild post för fastighetsel. Driftel för fläktar, pumpar etc ligger troligen istället inbakad i posten "hushållsel". Totalt antagen elförbrukning blir då lika för båda fallen. Skillnaden mellan simuleringsberäkningarna ligger helt och hållet i beräknad fjärrvärmeförbrukning där DEROB ligger ca 40 % högre än BRIS. Elförbrukningen är genomgående underskattat i dessa beräkningar framförallt då det gäller fastighetselen. Elförbrukningstalen är inte framräknade i Simuleringarna utan ingår egentligen bara som ingångsda-

ta men de påverkar givetvis ändå resultatet. De här redovisade förbrukningstalen är beräknade på en geometrisk modell som mest liknar det som i denna rapport kallas "huset". Uppdelningen av fastigheten i olika redovisningsenheter förklaras i nedanstående avsnitt, "Definitioner".

Det kan ifrågasättas om det är lämpligt att använda dessa beräkningsmodeller för ändamålet att beräkna byggnaders energiförbrukning över ett helt år. Modellerna antar ideala driftförhållanden över hela tidsperioden, något som aldrig inträffar i verkligheten, men de kan ändå vara intressanta att ha som jämförelse.

## Definitioner

### *Energi*

Med uttrycket "Köpt Energi" menas all energi som måste köpas för att driva fastigheten och dess hushåll. Förutom energi för värme och varmvatten ingår alltså hushålls- och fastighetsel i "köpt energi".

Totalt köpt energi uppdelas på fyra delposter efter de delmätningar som görs för bestämningen av energiåtgången. De fyra delposterna är fjärrvärme, fastighetsel, hushållsel samt el till butiken.

- Fjärrvärme används till värme och varmvattenberedning.
- Hushållsel är den elenergi som levereras direkt till lägenheterna och som betalas av hyresgästerna.
- Fastighetsel används för att driva fläktar och pumpar i värme- och ventilationsanläggningen, belysning (gård trapphus etc),hissen och tvättstugeutrustningen.
- Butikens elförbrukning redovisas separat och har ej hänförts till någon av kategorierna hushålls- eller fastighetsel.

De fyra delposterna utgör tillsammans all utifrån köpt energi till fastigheten.

### *Area*

Se avsnitt avsnitt Byggnadsteknik och ekonomi på sid 20.

För att få en användbar jämförelse mot andra hus (renodlade bostadshus) inom och utom Stockholmsprojektet har vi delat upp redovisningen på två olika delar. Första delen avser hela fastigheten inkl garage, tvättstuga, butik etc och den andra delen består enbart av den del av huset som innehåller lägenheterna. I fortsättningen benämnes dessa olika delar "fastigheten" resp "huset". För denna säredovisning är det också nödvändigt att särskilja "husets" energiförbrukning från övriga delar. Detta åstadkommes genom att räkna bort vissa "lokala" delposter i energimätningarna från totalförbrukningen.



För att få ett med andra hus mera jämförbart värde på energiförbrukningen måste hänsyn tas till att fastigheten förutom bostäder innehåller lokaler och har en friliggande tvättstuga. Garaget håller lägre temperatur än normal bostadstemperatur. Butiken kan förväntas förbruka mycket elenergi för belysning etc och därmed få en lägre värmeförbrukning. Tvättstugan är friliggande och får därmed mycket större transmissionsförluster än motsvarande utrymme i andra flerfamiljshus.

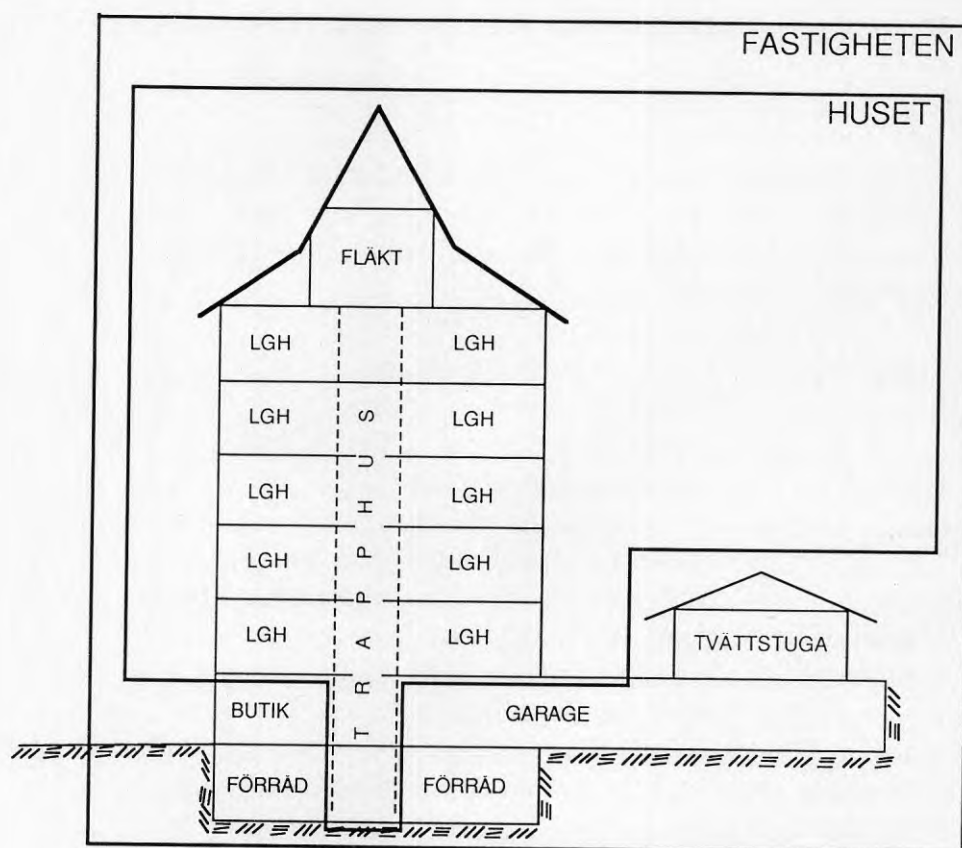


Bild 44 Fördelning mellan benämningarna "fastigheten" och "huset" i kv Kejsaren

Jämförelse med andra friliggande flerfamiljshus blir ändå inte helt korrekt eftersom byggnaden ligger inklämt mellan två andra hus och bara har två fasader exponerade mot utomhusklimat. Bottenbjälklaget i den del som benämnes "huset" får troligen lägre transmissionsförluster än motsvarande golv på mark i ett tänkt flerbostadshus i ytterstadsbebyggelse.

Hela fastighetens bruksarea är (Bra pe+pg+s) är 1944 m<sup>2</sup>. Från denna area kan räknas bort bruksarea belägen i garage, butik, tvättstuga samt plan 1 och 2. Kvar blir då enbart bostadsdelen av huset. Bruksarean för denna uppgår till 1176 m<sup>2</sup>. Uppdelningen mellan "huset" och "fastigheten" framgår av Bild 40.

## Mätningar

Mätningarna i kv Kejsaren har pågått under tiden 840919 tom 871231. Under den inledande tiden fram till årsskiftet 1986-87 har anläggningen varit behäftad med en hel del fel varför den mest rättvisande mätningen skett under 1987. Fel har förekommit även under 1987 men dessa har varit av betydligt mindre omfattning än de tidigare åren. De viktigaste delarna av de omfattande mätningarna utgörs av den sk köpta energin. Här redovisas detaljerade resultat för 1987 medan 1986 redovisas mera översiktligt.

### *Uppdelning av energimätningar*

För att få fram "husets" energiförbrukning frånräknas de energiförbrukningar som är att hänföra enbart till "fastigheten. Från de tre huvudposterna Fjärrvärme, Hushållsel och fastighetsel frånräknas följande:

<i>Fjärrvärme</i>	Radiatorenergi tvättstuga Energi värmebatteri garage Energi värmebatteri butik Energi radiatorer plan 1 o 2 Energi varmvatten butik o soprum Energi vvc tvättstuga Andel energi för vent.fövärmning i butik.
<i>Hushållsel</i>	Ingenting räknas bort
<i>Fastighetsel</i>	Viss andel räknas bort enligt ytproportionering.

Tvättstugans el-och varmvattenförbrukning räknas in i "husets" förbrukning.

Vissa av delmätningarna avser energiposter som försörjer både "fastigheten" och "huset" och måste därför behandlas speciellt: Andelen fjärrvärme som åtgår till förvärmning av ventilationsluften till de utrymmen som inte tillhör "huset" räknas också bort från förbrukningen. Total yta för utrymmen som förses med centralt förvärmad tilluft är:

$$\text{BRApe, lgh} + \text{BRAbutik} = 1011 + 168 = 1179 \text{ m}^2.$$

Butikens andel av förvärmningen är:  $168/1179 = 14.2 \%$

14.2 % av ventilationsförvärmningen räknas alltså bort från den totala fjärrvärmeförbrukningen.

Delposten "Energi radiatorer plan 1 och 2" måste delas upp ytterligare i två mindre delar eftersom mätningen är gemensam för alla radiatorer i plan 1 och 2 samt värmebatteriet i butiken. Två radiatorer är placerade i trapphuset och deras andel av energiförbrukningen skall alltså räknas in i "husets" förbrukning.

Uppdelningen av denna delmätning har gjorts genom proportionering av energin i förhållande till varje radiators effekt. Effekterna har tagits fram "bakvägen" ur dimensioneringsdiagram för den aktuella radiatortypen.

Totala dimensionerande effekten i kretsen blir då 15.6 kW. De två radiatorerna i trapphuset har tillsammans effekten 2.25 kW. Fördelningen av energin mellan yta som ingår i "huset" och yta som skall räknas bort blir  $2,25/15,6 = 14,4\%$  resp  $85,6\%$ .

### *Mätutrustning*

#### *Huvudmätare*

Till grund för bestämningen av köpt energi ligger 13 st mätgivare. Ett integreringsverk registrerar den totala fjärrvärmeförbrukningen. För mätning av elenergi används 12 st elmätare. En elmätare vardera för fastighetsel och butikens elförbrukning samt en mätare för hushållselen i varje lägenhet (10 st). Gemensamt för dessa givare är att de mäter energivärdet direkt i motsats till de "lokala energimätningarna som kräver tre givare anslutna till datorn (flödesgivare och två temperaturgivare). Alla dessa givare bygger på principen att räkna pulser. Mätarna är anslutna till en pulsräknare som samlar in pulserna i 5-minutersperioder. Antalet pulser avläses av mät datorn var 5:e minut. En gång per timme summeras antalet pulser, omräknas till motsvarande energimängd och lagras som en timsomma på mätdatakassetten.

#### *Undermätare*

Övriga delenergimätningar som behövs för att särskilja bostadsdelen från övriga huset är dels elenergi och dels vätskeburna energier. Elenergierna mäts på samma sätt som beskrivits ovan för elmätningar. De vätskeburna energier mäts på ett något annorlunda sätt. I varje energisnitt finns tre st givare, en flödesgivare och två temperaturgivare. Flödet mäts analogt med elenergierna dvs genom registrering av pulser som motsvarar en viss genomlupen volym. Temperaturgivarna är av typen som ändrar resistans vid ändrad temperatur. Resistansen mäts med hjälp av en voltmeter kopplad till mät datorn. Var 5:e minut avläses antal pulser under perioden och de två temperaturgivarnas (fram och retur) momentana värden. Energimängden räknas fram för varje 5-minutersperiod av mätprogrammet. En gång per timme summeras alla delberäkningarna till en timsomma som lagras på mätdatakassetten.

## *Efterbehandling*

### *Komplettering av saknade mätvärden*

Mätdata innehåller nästan alltid vissa fel som t ex uteblivna värden eller avvikelser från det verkliga värdet pga mätfel. Data måste därför efterbehandlas en del för att kunna sammanställas till månads och årssummor.

Vid efterbehandlingen av data utgår man från entimmessummorna som lagrats på mätplatsen. Kända avvikelser korrigeras direkt på dessa timvärden. Vidare görs nödvändig enhetsomvandling (vätskeburna energier lagras som MJ medan elenergi lagras som kWh) De totala energimängderna beräknas sedan genom månadsvis summering av alla timvärden. Eventuella saknade data ersätts före summeringen genom att luckorna fylls ut med medelvärdet av alla befintliga data. I månadssummorna inräknas alltså dessa ersättningsvärden.

### *Normalårskorrigerering*

Korrigeringen med väderdata har utförts på den del av fjärrvärmens som åtgår för uppvärmningen av huset. Totala fjärrvärmeförbrukningen har minskats med varmvattenförbrukningen och därefter har den resterande delen dividerats med en faktor som utgörs av kvoten mellan aktuellt gradagstal och normalårets gradagstal. Varmvatten och elförbrukningar adderas sedan till igen. Korrigeringen har gjorts månad för månad. Denna korrigeringsmodell har en hel del brister som märks alltmer ju energisnålare husen blir, eftersom en större del av värmebehovet då tillgodoses av de sk baslasterna. Vi har trots detta valt att korrigera data på detta sätt i redovisningen eftersom tillvägagångssättet är allmänt vedertaget i branchen.

## Resultat

Köpt energi redovisas här för 1986 och 1987 som stapeldiagram med förbrukningen angiven i kWh/m<sup>2</sup> BRA. Redovisning görs både för fastigheten som helhet och för den del vi kallat "huset" dvs hela huvudbyggnaden utom källarplanet och gatuplanet samt tvättstugan.

Bild 45 visar den totala mängden uppmätt köpt energi från 1986 och 1987 års mätningar för hela fastigheten. 1987 får här ett högre värde än 1986 trots att felaktigheter i solfångaranläggningen har rättats till mellan de bägge åren. 1987 var dock betydligt kallare än 1986 vilket troligtvis är huvudorsaken till det högre värdet 1987. Korrigeringen för olika väder ger alltså ett för litet utslag. En annan möjlig orsak till skillnaden skulle kunna vara att solinstrålningen varit olika mellan åren. Solfångarens energibidrag till fastigheten är dock så litet i förhållande till totalt köpt energi (< 10 %) att en skillnad i solinstrålning troligen inte har någon betydelse. Den totala nivån är här låg i förhållande till övriga hus i Stockholmsprojektet och även jämfört med statistikuppgifter över energiförbrukning i flerfamiljshus. Orsaken är främst att kv Kejsaren innehåller en stor andel sekundär bruksarea.

Bild 46 redovisar också totalt köpt energi för hela fastigheten men uppdelad i delposter. Elenergi-posterna utgör ungefär halva totalförbrukningen, vilket är en mycket stor andel. Framförallt är fastighetsförbrukningen mycket hög och markant högre än i t.ex kv Sjuksköterskan eller Konsolen där fastighetselelen ligger på nivån 20-30 kWh/m<sup>2</sup>,år. Kejsaren är ett installationstätt hus med många fläktar och pumpar vilket bidrar till den förhållandevis stora andelen fastighetsel. Andelen fastighetsel skulle proportionellt sett bli ändå större med en mera "normal" fördelning mellan primär och sekundärareor.

Hushållsförbrukningen antar storleksmässigt för husen i Stockholmsprojektet normala värden. Den låga nivån beror dock främst på att lägenheternas yta är en så liten andel av fastighetens yta. Tendensen sedan mätstarten är dock en årlig ökning med ca 5-10 %, vilket troligen beror på att hyresgästerna med tiden skaffar sig mer och mer elektrisk utrustning.

Fjärrvärmeförbrukningen är den delpost som antar de mest normala värdena. Kejsaren gynnas också i detta avseende av att vara ett innerstadshus med två fasader exponerade mot andra hus vilket ger lägre transmissionsförluster. Troligtvis blir även varmvattenförbrukningen räknat per ytenhet lägre än i ett tänkt genomsnittshus p g a att Kejsarens lägenheter är så stora. Den genomsnittliga lägenhetsytan är 102 m<sup>2</sup>.

Bild 47 visar uppmätta värden för 1987 uppdelade på delposter och redovisade månadsvis. Värdena gäller för hela fastighetens area och är normalårskorrigerade. Elenergierna varierar ganska litet över året medan fjärrvärmeförbrukningen naturligt visar en kraftig variation över året i förhållande till utetemperaturen. Hushållselen varierar över året med en nedgång under den ljusa årstiden pga mindre använd belysning och semestertider etc. Fastighetselen har en mycket liten variation över året. De högsta värdena inträffar under mars-april och sep-okt. Orsaken kan vara att solfångaren arbetar mest under dessa månader samtidigt som alla pumpar i värmesystemet fortfarande är igång. En del av pumparna stängs av under sommaren och bidrar till den nedgång i fastighetselförbrukning som kan märkas. Drifttiden för belysningar i trapphus etc minskar ju också sommardag.

I Bild 48 redovisas köpt energi på samma sätt som i Bild 42 men beräknad på arean för "huset" dvs hela huvudbyggnaden utom källarplanet och gatuplanet. Jämfört med förbrukningen för fastigheten som helhet sker den största ökningen relativt sett i delposterna hushållsel och fjärrvärme eftersom dessa delposter huvudsakligen försörjer lägenheterna. Ökningen i absoluta tal blir störst i delposten fjärrvärme. Hushållsel och fastighetsel uppvisar nu mycket höga värden i förhållande till övriga hus inom projektet. Summerat över året blir hushållsel 35 kWh/m<sup>2</sup> och fastighetsel 42 kWh/m<sup>2</sup>. För de övriga projekthusen varierar hushållselen mellan 27 och 29 kWh/m<sup>2</sup> medan fastighetselen mellan 24 och 39 kWh/m<sup>2</sup>.

Hushållselens mycket höga värde beror till stor del på att cirkulationsfläktarna i de lägenhetsvisa luftvärmeaggregaten drivs via hushållselen. Fläktarnas elförbrukning ingår därför i mätningen för hushållsel. Eftersom fläktarna ingår som en förutsättning för värmesystemet vore det naturligare att hänföra deras förbrukning till fastighetsel.

Fläktarna som normalt går dygnet runt året om har en märkeffekt av 195 W. Om den genomsnittliga effektförbrukningen antas till 100 W / lgh kan energiförbrukningen överslagsmässigt beräknas till 7.5 kWh / m<sup>2</sup>,år (0.1kW 24h 365dgr 10lgh / 1176 m<sup>2</sup> = 7.44kWh). Dessa 7.5 kWh bör egentligen hänföras till fastighetselförbrukningen. Med en sådan omfördelning sjunker hushållselen till ca 27 kWh/m<sup>2</sup>,år vilket är ett mera normalt värde. Fastighetselen å andra sidan stiger till ca 49.4 kWh/m<sup>2</sup>,år vilket då är mycket högt.

Den stora förbrukningen av fastighetsel har föranlett en noggrannare analys av vad den används till. Resultatet visas i form av ett cirkeldiagram i Bild 49. Figuren visar den procentuella fördelningen mellan de delposter som ingår i fastighetselförbrukningen så detaljerat som är möjligt utifrån de delmätningar som gjorts.

Som framgår av figuren är den klart dominerande delen av fastighetselen driftel för fläktar. I denna figur ingår dessutom inte lägenhetsaggregatens elförbrukning. Med denna förbrukning inräknad i fastighetselen blir andelen för fläktar ca 55 % istället för 47.3 %. Solfångarfläktens förbrukning utgör endast 1.5 % av totala fastighetselen, men samtidigt är de övriga tilluftsfläktarna uppdimensionerade för att klara det större tryckfallet pga ökade kanallängder, bjälklagsregister etc. som i sin tur är en förutsättning för solvärmesystemets funktion. Detta gör att en större del av elförbrukningen än bara solfångarfläkten bör tillskrivas solvärmesystemet. I rubriken fläktrum ingår också en cirkulationspump för laddning av varmvatten till ackumulatortankar som är placerad i fläktrummet. Cirkulationspumpen är förreglad så att den är igång samtidigt som solfångarfläkten går. Resterande andel av fastighetselen fördelar sig ungefär lika mellan tvättstuga, undercentral och övrigt (belysning, hiss).

### *Slutsatser*

Av resultatredovisningen framgår att den köpta energin vida överstiger de värden som framräknats i förhandssimuleringarna. Totalförbrukningen för "huset" är mellan 57 och 91 % större än i simuleringarna.

Avvikelsen för de tre delposterna fjärrvärme, hushållsel och fastighetsel gentemot BRIS-simuleringen är respektive 87, 30 och 466 %. Den stora avvikelsen i elposterna beror av felaktigt antagna eller otillräckligt analyserade ingångsdata.

Avvikelsen i fjärrvärmeberäkningen beror delvis på att simuleringarna antar en lägre inomhustemperatur (20 °C) än den verkliga (ca 22 °C) och delvis på att simuleringarna baseras på väderdata för 1971 vilket var ett något varmare år än normalåret. Den stora avvikelsen i elposterna beror framförallt av felaktigt antagna eller otillräckligt analyserade ingångsdata.

Den viktigaste slutsatsen från dessa resultat (gäller även generellt för övriga hus i projektet) är att energisnåla hus med nuvarande teknikanvändning leder till ett stort elbehov (I kv Kejsaren blir detta särskilt tydligt då installationstätheten här är mycket hög) varför det inte är självklart att ett hus med lägsta möjliga totalförbrukning av köpt energi är det mest optimala i alla sammanhang. I vissa tillämpningar brukar man räkna med multiplikatorfaktor på elenergin för att ta hänsyn till att el är en förädlad energiform

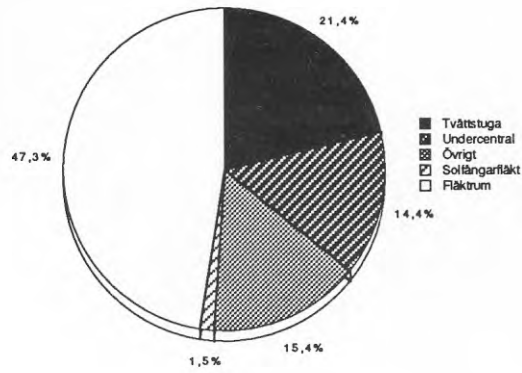


Bild 45 Schematisk framställning av energiflöden inom fastigheten och dess fördelning mellan "fastigheten" och "huset".

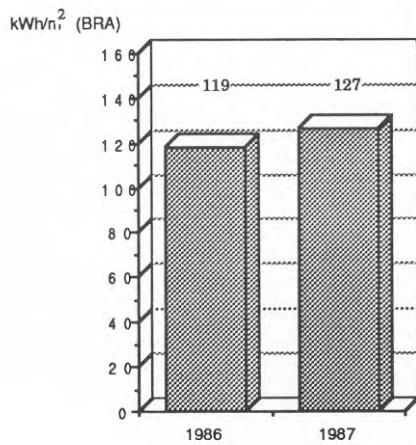


Bild 46 Totalt köpt energi i Kejsaren årsvis 1986-1987. Graddagsjusterade och ytnormerade värden. (kWh/m² BRA). Fastighetens yta.

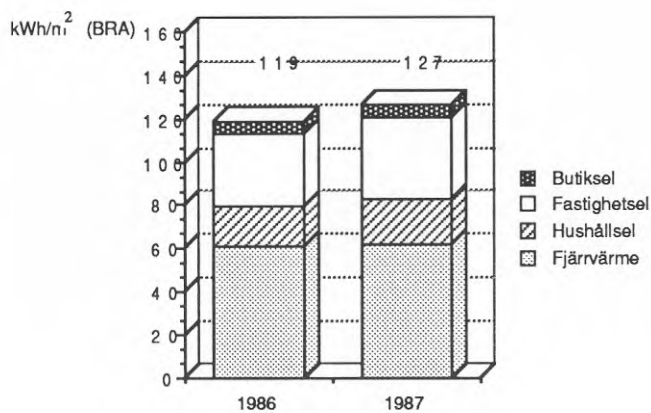


Bild 47 Köpt energi i Kejsaren årsvis 1986-1987, fördelat på fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel. Graddagsjusterade och ytnormerade värden. (kWh/m² BRA). Fastighetens yta.



Bild 48 Köpt energi kv Kejsaren månadsvis 1987- fördelat på fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel. Graddagsjusterade och ytnormerade värden. (kWh/m<sup>2</sup> BRA). Fastighetens yta.

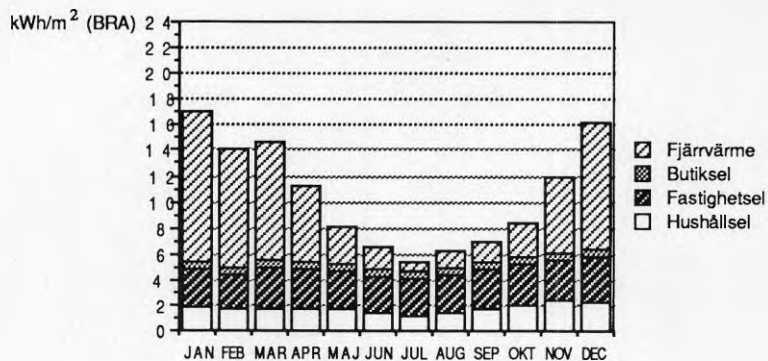


Bild 49 Köpt energi kv Kejsaren månadsvis 1987 fördelat på fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel. Graddagsjusterade och ytnormerade värden. (kWh/m<sup>2</sup> BRA). "Husets yta"

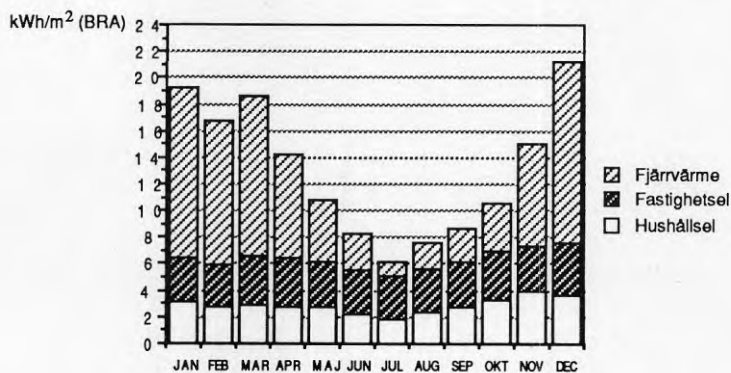
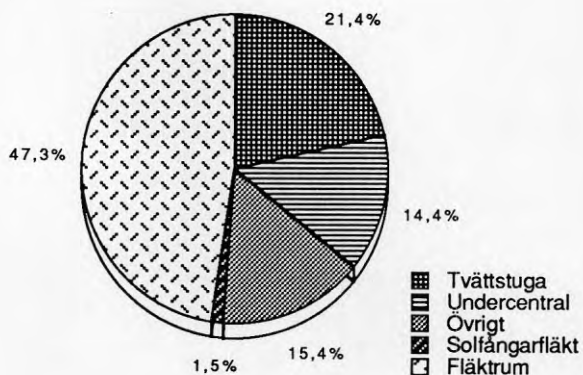


Bild 50 Procentuell fördelning av fastighetselanvändning i kv Kejsaren 1987





## Bilaga

### Kejsaren Köpt Energi 1986

Tabell 17 "Fastigheten" Ej Ytnormerat , Ej Graddagsjusterat

Månad	Fjärrvärme	Hushållsel	Fastighetsel	Butiksel	Totalt
JAN	22978	3402	5229	693	32303
FEB	22764	2955	4666	762	31147
MAR	15727	3091	5249	964	25031
APR	12169	2760	5735	1061	21725
MAJ	2877	2411	5599	1010	11896
JUN	1322	2236	4879	1020	9456
JUL	1166	2255	4821	995	9238
AUG	2197	2955	5404	989	11545
SEP	2663	3013	5171	991	11839
OKT	7465	3907	5929	1034	18336
NOV	10323	3713	5968	971	20974
DEC	18274	3946	5715	975	28911
SUMMA	119925	36644	64366	11465	232401

Tabell 18 "Fastigheten" Ytnormerat, Ej Gradagsjusterat

Månad	Fjärrvärme	Hushållsel	Fastighetsel	Butiksel	Totalt
JAN	11.82	1.75	2.69	0.36	16.62
FEB	11.71	1.52	2.40	0.39	16.02
MAR	8.09	1.59	2.70	0.50	12.88
APR	6.26	1.42	2.95	0.55	11.18
MAJ	1.48	1.24	2.88	0.52	6.12
JUN	0.68	1.15	2.51	0.52	4.86
JUL	0.60	1.16	2.48	0.51	4.75
AUG	1.13	1.52	2.78	0.51	5.94
SEP	1.37	1.55	2.66	0.51	6.09
OKT	3.84	2.01	3.05	0.53	9.43
NOV	5.31	1.91	3.07	0.50	10.79
DEC	9.40	2.03	2.94	0.50	14.87
SUMMA	61.69	18.85	33.11	5.90	119.55

Tabell 19 "Fastigheten" Ytnormerat, Gradagsjusterat

Månad	Fjärrvärme	Hushållsel	Fastighetsel	Butiksel	Totalt
JAN	11.14	1.75	2.69	0.36	15.93
FEB	9.94	1.52	2.40	0.39	14.25
MAR	8.65	1.59	2.70	0.50	13.44
APR	5.89	1.42	2.95	0.55	10.80
MAJ	1.77	1.24	2.88	0.52	6.41
JUN	0.68	1.15	2.51	0.52	4.86
JUL	0.60	1.16	2.48	0.51	4.75
AUG	1.19	1.52	2.78	0.51	5.99
SEP	1.40	1.55	2.66	0.51	6.12
OKT	3.83	2.01	3.05	0.53	9.43
NOV	6.08	1.91	3.07	0.50	11.56
DEC	9.64	2.03	2.94	0.50	15.11
SUMMA	60.80	18.85	33.11	5.90	118.66

Kejsaren Köpt Energi 1987

Tabell 20 "Fastigheten" Ej Ytnormerat , Ej Graddagsjusterat

Månad	Fjärrvärme	Hushållsel	Fastighetsel	Butiksel	Totalt
JAN	22807	3713	5715	1009	33244
FEB	17843	3266	5385	952	27446
MAR	17505	3421	6337	1063	28327
APR	11429	3305	6124	999	21856
MAJ	5599	3227	5910	1023	15758
JUN	3344	2663	5599	994	12600
JUL	1555	2177	5851	1024	10608
AUG	2421	2838	5774	984	12017
SEP	3132	3188	6201	1021	13542
OKT	4909	3849	6474	1017	16249
NOV	11199	4627	6221	1015	23062
DEC	19141	4355	6921	1032	31448
SUMMA	120884	40630	72511	12133	246158

Tabell 21 "Fastigheten" Ytnormerat, Ej Gradagsjusterat

Månad	Fjärrvärme	Hushållsel	Fastighetsel	Butiksel	Totalt
JAN	11.73	1.91	2.94	0.52	17.10
FEB	9.18	1.68	2.77	0.49	14.12
MAR	9.00	1.76	3.26	0.55	14.57
APR	5.88	1.70	3.15	0.51	11.24
MAJ	2.88	1.66	3.04	0.53	8.11
JUN	1.72	1.37	2.88	0.51	6.48
JUL	0.80	1.12	3.01	0.53	5.46
AUG	1.25	1.46	2.97	0.51	6.18
SEP	1.61	1.64	3.19	0.53	6.97
OKT	2.53	1.98	3.33	0.52	8.36
NOV	5.76	2.38	3.20	0.52	11.86
DEC	9.85	2.24	3.56	0.53	16.18
SUMMA	62.18	20.90	37.30	6.24	126.62

Tabell 22 "Fastigheten" Ytnormerat, Gradagsjusterat

Månad	Fjärrvärme	Hushållsel	Fastighetsel	Butiksel	Totalt
JAN	15.09	1.91	2.94	0.52	20.46
FEB	9.25	1.68	2.77	0.49	14.19
MAR	10.29	1.76	3.26	0.55	15.86
APR	5.65	1.70	3.15	0.51	11.01
MAJ	3.50	1.66	3.04	0.53	8.73
JUN	2.06	1.37	2.88	0.51	6.82
JUL	0.80	1.12	3.01	0.53	5.46
AUG	1.33	1.46	2.97	0.51	6.27
SEP	1.65	1.64	3.19	0.53	7.01
OKT	2.40	1.98	3.33	0.52	8.23
NOV	5.72	2.38	3.20	0.52	11.82
DEC	9.76	2.24	3.56	0.53	16.09
SUMMA	67.50	20.90	37.30	6.24	131.94

### Kejsaren Köpt Energi 1987

Tabell 23 "Huset" Ytnormerat, Ej Gradagsjusterat

---

Månad	Fjärrvärme	Hushållsel	Fastighetsel	Totalt
JAN	15.52	3.16	3.27	21.95
FEB	10.92	2.78	3.15	16.84
MAR	13.56	2.91	3.73	20.19
APR	7.58	2.81	3.60	13.99
MAJ	5.44	2.74	3.51	11.70
JUN	3.26	2.26	3.31	8.83
JUL	1.05	1.85	3.28	6.18
AUG	1.90	2.41	3.29	7.61
SEP	2.44	2.71	3.53	8.68
OKT	3.41	3.27	3.70	10.38
NOV	7.56	3.93	3.52	15.01
DEC	13.42	3.70	3.99	21.11
SUMMA	86.05	34.55	41.88	162.48

Tabell 24 "Huset" Ytnormerat, Gradagsjusterat

---

Månad	Fjärrvärme	Hushållsel	Fastighetsel	Totalt
JAN	12.83	3.16	3.27	19.26
FEB	10.87	2.78	3.15	16.79
MAR	11.97	2.91	3.73	18.61
APR	7.85	2.81	3.60	14.26
MAJ	4.51	2.74	3.51	10.77
JUN	2.72	2.26	3.31	8.30
JUL	1.05	1.85	3.28	6.18
AUG	1.97	2.41	3.29	7.67
SEP	2.43	2.71	3.53	8.67
OKT	3.54	3.27	3.70	10.51
NOV	7.63	3.93	3.52	15.08
DEC	13.50	3.70	3.99	21.19
SUMMA	80.87	34.55	41.88	157.30

# Spårgasmätning med diffusionsprovtagning - försöksdokumentation

Utdrag ur rapport av Per Levin KTH, EHUB och Jan Kristensson, Stockholms Universitet, Institutionen för analytisk kemi, 1989

För att kunna beräkna energiförluster pga ventilation är det nödvändigt att kunna bedöma såväl den styrda som den ofrivilliga ventilationens storlek.

Den totala luftomsättningen kan mätas indirekt med någon form av spårgasmetod, normalt under en tidsperiod av en eller några timmar, varför dessa mätningar har begränsat värde vid beräkningar av ventilationsförlusternas storlek. Det finns få spårgasutrustningar som klarar av att mäta kontinuerligt under en längre tidsperiod. En sådan utrustning är också komplicerad och dyrbar och lämpar sig endast för forskningsprojekt.

En förenklad spårgasmetod har tagits fram som bygger på ett koncept från Brookhaven National Laboratory i USA, där mätningar utförts sedan 1982. Konceptet har modifierats och automatiserats vid Institutionen för analytisk kemi vid Stockholms Universitet och EHUB, KTH.

Metoden har en känd konstant spårgasavgivning och provtagning sker med passiva s.k. diffusionsprovtagare. Som spårgaser används f.n. olika perfluorkolväten. Dessa är mycket stabila och detekterbara i mycket låga koncentrationer.

Spårgaskällan består av en ca 3 cm lång glasbehållare med ett permeationsmembran. Den är termostaterad till ca 60 °C för att säkerställa en jämn avgivningshastighet.

Diffusionsprovtagarna är 9 cm långa stålrör med öppningsbara ändförseglingar. De innehåller ett adsorbent som tar upp rumsluft genom diffusion med konstant hastighet. Mängden spårgas i provtagaren är således proportionell mot tiden och spårgaskoncentrationen. Denna är sedan omvänt proportionell mot ventilationens storlek vid stationära förhållanden.

Jämfört med traditionella spårgasmätningar har den nya metoden med diffusionsprovtagning flera fördelar som kortfattat kan sammanställas i följande punkter:

- Lätt att använda. Spårgaskällor och provtagare kan skickas per post för laboratorieanalys. De är dessutom mycket små och lätta att utplacera utan att störa de boende eller pågående verksamhet.
- Mätning sker vid mycket låga koncentrationer.
- Flera spårgaser kan användas och analyseras i samma punkt, vilket är värdefullt vid t.ex. flerbostadshus och kontorsbygg-

- nader. Detta gör att föroreningskällor lättare kan spåras.
- Mätningarna ger ett medelvärde på koncentrationen under mätperioden, som kan variera från ett dygn till ca en månad.

Nackdelarna med metoden är i princip de som även de traditionella spårgasmetoderna har, dvs fullständig omblandning av spårgas i mätvolymen och stationära förhållanden förutsätts.

Analysystemets precision kan antas hamna mellan 6-10 %. Till detta ska felkällor från ojämn avgivnings-hastighet av spårgas och ofullständig omblandning läggas. Det bedöms praktiskt möjligt att en total osäkerhet på ca 10% ska kunna uppnås, eftersom felen är slumpmässiga och en sammanlagring sker.

#### *Spårgaskällor*

I princip kan de flesta vanligt förekommande spårgaserna analyseras med denna teknik. För att förkorta väntetider i den gaskromatografiska analysen samt för att kunna analysera olika spårgaser i samma prov, är det lämpligt att spårgaserna liknar varandra samt har kort analysid.

En lämplig familj spårgaser har utprovats av BNL och består av perfluorokolväten. Följande spårgaser har provats inom ramen för detta projekt:

PMCH = Perfluoro-metyl-cyklohexan  
 PDCH = Perfluoro-dimetyl-cyklohexan  
 PDCB = Perfluoro-dimetyl-cyklobutan

Dessutom har två stycken isomerer av PDCH provats: 1,2-PDCH och 1,3-PDCH. Familjen innehåller ytterligare ett tiotal möjliga spårgaser som inte provats hittills. De som provats är de som har varit lättast att separera. Tabell 25 visar några viktiga egenskaper hos spårgaserna.

Tabell 25 Några egenskaper hos använda spårgaser.

Beteckning	Kem. formel	Mol. vikt	Densitet g/ml	Kokpunkt °C	Diff.koeff i luft $D_v$ cm <sup>2</sup> /s
PMCH	C <sub>7</sub> F <sub>14</sub>	350	1.79	76	0.0505
PDCH	C <sub>8</sub> F <sub>16</sub>	400	1.85	102	0.0472
PDCB	C <sub>6</sub> F <sub>12</sub>	300	1.67	45	0.0538

Den låga kokpunkten hos PDCB har visat sig försvåra kalibreringen och gasen har därför övergivits.

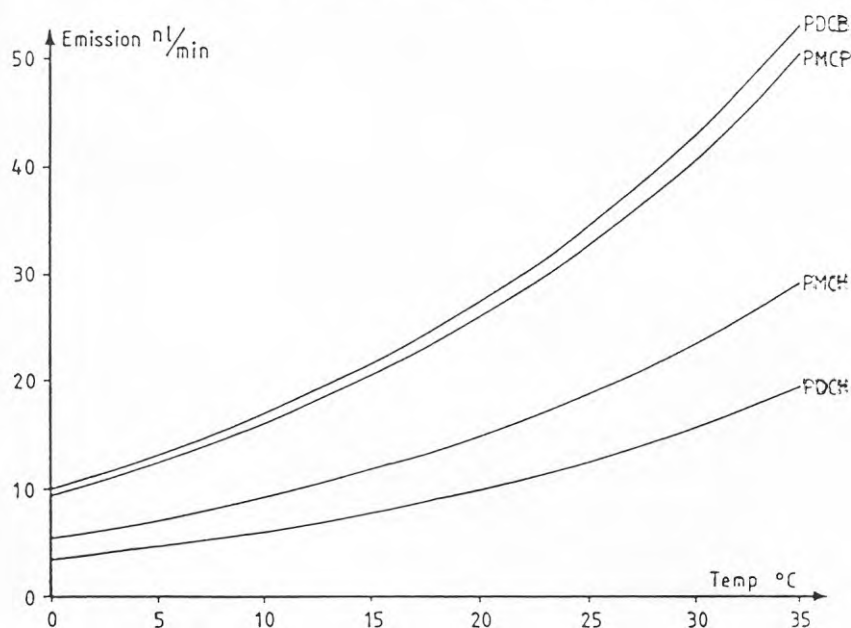
Gaserna, vilka således är i flytande fas i rumstemperatur, inneslöts först i små teflonrör med ändförslutningar av glaskulor. Längden på röret bestämde då avgivningens storlek. Skillnaderna blev dock för stora mellan olika behållare varför små

glasflaskor nu i stället används. Ett tunt silikongummi-membran skyddat av ett teflonmembran används i den väl definierade öppningen. Detta har medfört avgivningshastigheter av samma storleksordning för alla flaskorna. De olika gaserna diffunderar dock olika fort genom membranet.

#### *Kalibrering och Termostatering*

Spårgaskällorna kalibreras genom individuell vägning. Noggrannheten är här av största betydelse. Vägningen sker med fyra decimaler på grammet.

Avgivningshastigheten varierar med temperaturen och typ av spårgas. Temperaturen måste därför kontrolleras eller mätas. Felen kan bli avsevärda om detta ej utförs. Bild 49 visar temperaturberoendet hos några av BNL's olika spårgaskällor, vilket är ca 4% per grad för de vanligaste spårgaserna.



*Bild 49 Temperaturberoende av spårgasavgivning för BNL's spårgaskällor.*

För att komma ifrån temperaturberoendet, åtminstone i utprovningsskedet, tillverkades termostater till glasflaskorna, vilka inställdes på  $60 \pm 0.8$  °C. Den höga temperaturen visade sig ge en stabilare och större diffusion samt att den temperaturen knappast överskrids i bostäder. En viss skorstenseffekt kan även förväntas vilket förbättrar omblandningen. Effekten på termostaterna är dock blygsam, endast ca 15 W. Termostat och spårgasbehållare visas i Bild 50.

Avgivningshastigheterna för de olika spårgaskällorna med termostater varierar mellan ca 115 till 200 ng/min. Målsättningen var att placera ut spårgaskällor så att rumskoncentrationen skulle vara ca 0.1 ppb.



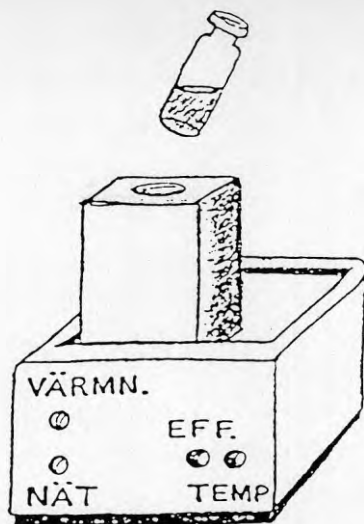


Bild 50 Spårgaskälla och termostat.

### Provtagare

#### provtagarrör

Provtagarrören är av rostfritt stål och anpassade till ATD-maskinen, se Bild 51. De vanliga ändpropparna med o-ringstättningar visade sig ha för stort läckage varför de utbyttes mot ändproppar med teflontätning vilka skruvas fast. Dessa är dock något svåra att sätta på och det har visat sig att de kan lossna vid transport om de inte är ordentligt fastsatta.

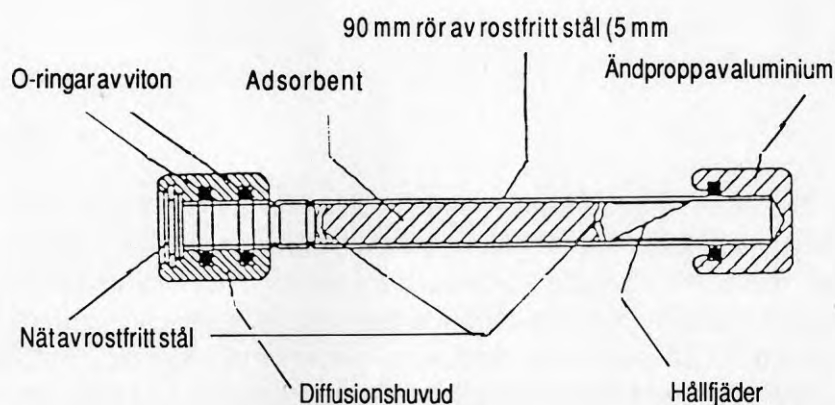


Bild 51 Diffusionsprovtagare, dosimeter till ATD-50. Ändpropparna har utbyts mot skruvproppar med teflon-tätning.

#### Adsorbent

Det är mycket viktigt att använda rätt adsorbent för den typ av ämne som ska analyseras. De första proven utfördes med den typ av adsorbent, Amborsorb, som använts vid BNL. Detta visade sig kräva temperaturer upp till 400 °C, vilket inte ATD'n var anpassad för. Främst provades därför olika polymera adsorbent, varav två typer, Porapak och Fluorisil visade sig fungera i laboratorieanalysen.

Efter provtagning konditioneras adsorbentet i ca 200 °C och provtagarna kan sedan återanvändas. Rören kan relativt lätt packas om med nytt adsorbent.

### Fältmätningar

#### *Mätningar inom Stockholmsprojektet*

Spårgasmätningar har utförts främst i obebodda mätlägenheter i tre av husen i Stockholmsprojektet samt i samtliga lägenheter i ett hus. Några resultat redovisas nedan. Projektets målsättning var från början att luftomsättningen i alla lägenheter i Stockholmsprojektet skulle mätas, men detta bedömdes efter inledande resultat ej meningsfullt förrän metoden blivit mer pålitlig.

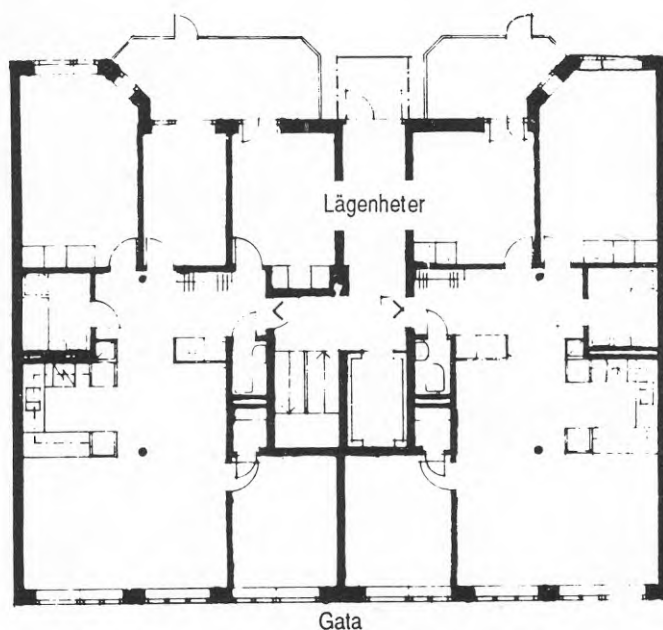


Bild 53 Våningsplan i kv Kejsaren.

#### *Kv. Kejsaren*

Alla lägenheter i kv. Kejsaren har mätts samtidigt. Här användes samma spårgas för lägenheterna samt en annan spårgas för trapphuset. Resultaten från Kejsaren visas i Tabell 17. Eftersom kalibreringen inte visade tillfredsställande resultat, redovisas här endast relativa mått för jämförelse mellan de olika mätpunkterna. En spårgaskälla placerad nära cirkulationsluftintaget användes per lägenhet. Omblandningen bedöms vara god pga att luftvärmesystemet cirkulerar luften till alla rum.

Som framgår av tabellen finns stora variationer i den relativa luftomsättningen. Det är troligt att mycket av detta beror på mätfel. Det verkar dock som om de övre planen har en större luftomsättning än de nedre. Svaren från en enkät som utfördes samtidigt med mätningarna visade även på stor variation i vädringsvanor. T.ex. skiljer vädringsmängden mellan lägenheterna nr 1 och 10 nästan en faktor 20.

Tabell 26 Resultat från spårgasmätning med diffusionsprovtagning i lägenheter i kv. Kejsaren, 860602-16 med spårgasen PMCH. Den relativa luftomsättningen är utförd så att provtagarna kan jämföras med varandra. Hänsyn är tagen till olika avgivningshastighet hos spårgaskällorna.

Lgh nr	Vol. m <sup>3</sup> ng/min	Spårgas-flöde	Prov. nr	Mängd i prov ng	Relativ luftomsättning
1	204	142.1	6	29.4	0.65
			16d	45.9	0.42
			18d	45.9	0.42
2	239	165.7	(19 <sup>1</sup> )	120	0.16)
			(26 <sup>1</sup> )	48.3	0.39)
3 <sup>7</sup>	239	116.2	14	5.9	2.28
			17	4.7	2.86
4	239	180.8	(13 <sup>1</sup> )	272	0.0092)
			(27 <sup>1</sup> )	226	0.0092)
5	239	157.1	22 <sup>2</sup>	19.4	0.93
			20	10.0	1.80
6	239	167.9	15 <sup>3</sup>	3.5	5.51
			23 <sup>3</sup>	11.8	1.64
7	239	170.0	11	4.7	4.16
			12	5.9	3.32
8 <sup>7</sup>	239	176.5	4	4.1	4.97
			5	5.9	3.44
9	239	172.2	(2 <sup>4</sup> )	24.7	0.80)
			3	4.7	4.20
10	239	165.7	7	4.7	4.03
			8d	5.9	3.21
			10d	18.8	1.01
Butik	516	211.0 <sup>5</sup>	28	107.2	0.11
			29	74.2	0.16
			30	8.2	1.49
Trapp	213	(PDCB)	21	8.2	15.3
			25	10.0	
Hiss	-	-	1 <sup>6</sup>	-	-
Garage	-	-	9	5.9	-

Anm.

1. Provtagare nedtagna av hyresgäst ca 1.5 tim. i förväg (Lagd i plastpåse tillsammans med spårgaskälla.).
2. En provtagare och källan flyttade pga reparationsarbete.
3. Filterbyte mitt i mätperioden (Även i andra lgh?). Hyresgäst upplevde bättre ventilation efter byte.
4. Provtagaren trillat ned på golvet under kylskåp.
5. Spårgasflaskan ramlade ut på butiksgolvet vid uppsättningen, vilket kan ha påverkat avgivningshastigheten.
6. Provtagaren stulen.
7. Lägenheten var obebodd under mätperioden.
- d. Dubbelprov

Tabell 27 Relativa koncentrationer av trapphusluft (spårgas: PDCB). Spårgasflödet var 161.4 ng/min från trapphuset i källarplanet. Provtagningspunkten närmast källan har använts som referens, 100 %.

Lgh nr	Plan	Provt. nr	Mängd PDCB ng	Relativ konc. %
1	3	6	44.2	2
		16d	56.5	37
		18d	49.1	32
2	3	19 <sup>1</sup>	(266.5	172)
		26 <sup>1</sup>	(54.0	35)
3 <sup>7</sup>	4	14	39.3	25
		17	34.4	22
4	4	13 <sup>1</sup>	(54.0	35)
		27 <sup>1</sup>	(98.2	63)
5	5	22 <sup>2</sup>	93.3	60
		20	35.6	23
6	5	15 <sup>3</sup>	39.3	25
		23 <sup>3</sup>	61.4	40
7	6	11	36.8	24
		12	41.8	27
8 <sup>7</sup>	6	4	46.7	30
		5	52.8	34
9	7	2 <sup>4</sup>	(171.9	111)
		3	20.9	14
10	7	7	35.6	23
		8d	41.8	27
		10d	34.4	22
Butik	2	28	66.3	42
		29	61.4	40
		30	12.3	8
Trapphus:				
*Kä	2	21	154.7	100
P3	3	24	159.6	103
Vind	8	25	119.1	77
Hiss		1 <sup>6</sup>	-	-
Garage2	9		41.8	27

Anm.

1. Provtagare nedtagna av hyresgäst ca 1.5 tim. i förväg (Lagd i plastpåse tillsammans med spårgaskälla.).
2. En provtagare och källan flyttade pga reparationsarbete.
3. Filterbyte mitt i mätperioden (Även i andra lgh?). Hyresgäst upplevde bättre ventilation efter byte.
4. Provtagaren trillat ned på golvet under kylskåp.
5. Spårgasflaskan ramlade ut på butiksgolvet vid uppsättningen, vilket kan ha påverkat avgivningshastigheten.
6. Provtagaren stulen.
7. Lägenheten var obebodd under mätperioden.
- d. Dubbelprov

Resultaten visar att koncentrationen av trapphusluft är av samma storleksordning för alla lägenheterna, även de obebodda. Lägre koncentrationer på den översta våningen (lägenhet 9 och 10) kan bero på att dörrarna till glasbalkongerna var avlyfta, vilket bör medföra en ökad luftomsättning.

## Slutsatser

Spårgasmätning med diffusionsprovtagning är ett mycket lovande koncept för enkla luftomsättningsmätningar under längre tidsperioder där flera spårgaser kan användas.

En del bra resultat har erhållits, men för tillämpning i större skala har metoden f.n. ej tillräcklig noggrannhet. Oförklarliga bortfall och slumpmässiga fel är faktorer som speciellt bör studeras. Ett byte till ett starkare adsorbent är nödvändigt för att komma till rätta med noggrannheten.

En del intressanta slutsatser kan dras från hittills utförda fältmätningar, som t.ex. spridning av trapphusluft i Kejsaren. Det främsta syftet med denna rapport är dock att visa vilka typer av resultat som är möjliga att uppnå med denna metod.



# Simuleringsmodeller

Engelbrekt Isfält, Hans Johnsson, Effekt och energisimuleringar med datorprogrammen BRIS och DEROB, BFR R59:1986

## Datorsimuleringar

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

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

Inre och yttre vårmetillskott tillsammans med värmeåtervinningsanordningar som inte kan kopplas ur (projekteringen sker ofta med tanke på dimensionerande vinterförhållanden) lämnar fönstervädning som den enda möjligheten att sänka temperaturen inomhus. Även om radiatorerna stängs av kan rörwysystemet avge mera värme än vad som erfordras. Beräkningar av energibehovet försvåras därför av att man inte känner rumstemperaturen. Temperaturstegringen från en viss mängd tillförd energi beror på den tillgängliga värmekapaciteten i byggnaden. Detta betyder i sin tur att mera energi vädras bort i byggnader med liten tillgänglig värmekapacitet än i byggnader med större. Vi kan därför inte beräkna energibehovet med endast isolering och täthet som utgångspunkter, utan måste också veta hur snabbt byggnaden reagerar på växlingar i klimat och inre värmekällor.

En konsekvens av värmeåtervinning som försvårar enklare beräkningar är att värmeförlusterna inte längre är proportionella mot temperaturskillnaden inne-ute. Tilluftstemperaturen kan bli tillräckligt hög genom värmewäxling ner till en viss temperaturnivå. Först när denna nivå underskrids måste värme tillsättas och energibehovet som funktion av temperaturskillnaden inne-ute följer då en annan kurva (med större lutning).

## Simuleringar med BRIS

Arbetet med BRIS-programmet började vid Institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik vid KTH i Stockholm i början av 1960-talet. Beräkningsunderlaget sammanställdes av docent Gösta Brown och avsikten var i första hand att skapa ett

verktyg för forskningsändamål. Problem med orimligt höga rumstemperaturer i "moderna" byggnader påkallade behovet av ett beräkningsverktyg även för projektering av ventilations- och kylanläggningar. På den tiden var datatekniken ny, men Sverige låg långt framme, internationellt sett. Programmerare var lätt räknade, men de som fanns var mycket entusiastiska och kunniga inom matematik och numeriska beräkningsmedel. Detta medförde att det mycket detaljerade beräkningsunderlaget kunde utnyttjas utan förenklingar av teoretiskt besvärliga avsnitt.

Vid jämförelser mellan olika datorprogram och mellan mätningar och program har det senare visat sig att vissa, till synes oskyldiga, approximationer av exempelvis värmeöverföringen vid rumsytorna kan ge upphov till fel, speciellt vid beräkning av kyleffektbehov (överdimensionering med en faktor 2 eller mera har förekommit). Beräkningar med BRIS har under åren kunnat jämföras med mätvärden varvid en mycket god överensstämmelse kunnat konstateras. Svårigheterna har därvid främst bestått i att utföra mätningarna med den detaljeringsgrad och noggrannhet som jämförelser med beräkningsresultaten erfordrar. BRIS har också använts vid projekteringen av ett stort antal större byggnader i landet från 1960-talet och framåt. Härigenom har avsevärda besparingar främst ifråga om installationer för kylning kunnat göras. Begreppet *riktad operativ temperatur* kommer från BRIS där det infördes långt innan det togs upp i klimatnormen. Byggnadsstyrelsens krav på begränsning av för höga rumstemperaturer sommardag,  $p_{27}$ , har utarbetats med hjälp av programmet.

#### *Klimatdata*

Väderleken varierar ständigt i olika perioder som är kortare än byggnadens insvängningstid. Rumsklimat och effektbehov vid ett visst tillfälle är därför starkt beroende av vädret under en rad föregående dygn, ibland upp till flera veckor. För att kunna ta hänsyn till både längre och kortare transienter i byggnaden vid beräkning av energibehovet väljer man klimatdata för ett testår (referensår). Kriterierna för urvalet av testår varierar i olika länder och ger helt olika resultat. Hur urvalet än går till kan man aldrig finna ett år som är "typiskt" för klimatet annat än i urvalskriteriernas mening. Teståret blir bara ett exempel på hur väderleken kan variera.

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

Bild 53 visar hur rumstemperaturen och olika effekter varierar under ett dygn. Exemplet är en mellanvåning mot SSO i kv Rågaxet i Gubbängen med klimatdata från 5/5 1971. Tidigare har dimensioneringen skett enligt regeln *Kylbehovet = värmeförlustskottet från sol och inre aktiviteter*. Den post i värmebalansen som ofta är helt dominerande, värmeflödet genom väggar, tak och golv, har överhuvud taget ej beaktats innan den blev möjlig att studera med hjälp av BRIS.



### *Beräkningarnas och resultatens omfattning*

BRIS utvecklas fortlöpande och det omfattande beräkningsarbetet blir ett allt mindre problem i och med att datorerna blir större och snabbare. Detta framgår inte minst av de körningar som gjorts inom detta projekt. Även om antalet variabler här uppgår till flera hundra och beräkningstiden omfattar ett helt år, timme för timme, har tidsåtgången för själva beräkningen varit mindre än en timme per fall (nattkörning vid QZ-Cyber 1985). En sådan körning resulterar i flera miljoner beräknade värden. Det gäller därför att begränsa rapporteringen utan att gå miste om allt för mycket av den information som är nödvändig för efterbearbetningar och kontroll av att allt fungerar som det är tänkt.

Det är i och för sig möjligt att nöja sig med en redovisning av hela perioden på bara några sidor, men då har man för närvarande ingen möjlighet att utveckla speciella program för utvärdering, kurvritning, m.m. Hittills måste detta arbete göras manuellt. För att vara möjliga att hantera på detta sätt har utskriften för varje projekt begränsats till knappt 1.000 sidor.

### *Gemensamma beräkningsförutsättningar*

Beräkningarna omfattar den sk eldningssäsongen med klimatdata för Stockholm 1971 enligt följande schema:

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

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

Energiredovisning veckovis och månadsvis har begärts. För den 15/9, 31/12, 28/2, 15/5 samt för den kalla perioden 1/1-7/1 har mer detaljerade utskrifter tagits ut. Mitt i varje rum på höjden 1,5 m över golvet har en operativtemperatur (medelvärde för sex riktningar) beräknats. I utskriften redovisas den procentuella fördelningen av operativtemperaturen för den aktuella perioden. För att begränsa antalet variabler har symmetri utnyttjats så långt som möjligt. I samtliga projekt har därför endast mellanvåningar behandlats med BRIS. Värmeförluster genom yttertak och källare har adderats efteråt. I de fall då ytterväggarna är lätta har hela våningsplanet betraktats som ett rum. Den värmekapacitet som finns i innerväggarna kan läggas i ett betongskikt på ytterväggarnas insida utan att man gör för mycket våld på fysiken. I fall med tunga ytterväggar är detta inte möjligt, och mindre rumsenheter måste behandlas.

Posten "väggar" varierar under dygnet från ca -2.500 till ca +1.600 W. Vid en beräkning utan hänsyn till värmelagringen skulle dessa effekter ha bokförts som kyl- respektive värmebehov. Medelvärdet är ungefär -320 W, eller -7,64 kWh för hela dygnet. Temperaturen i stommen stiger ungefär 0,2 K från dygnets början till dess slut, vilket betyder närmare 7 kWh, dvs en helt dominerande del, lagras upp (för att kunna avges vid ett senare tillfälle).

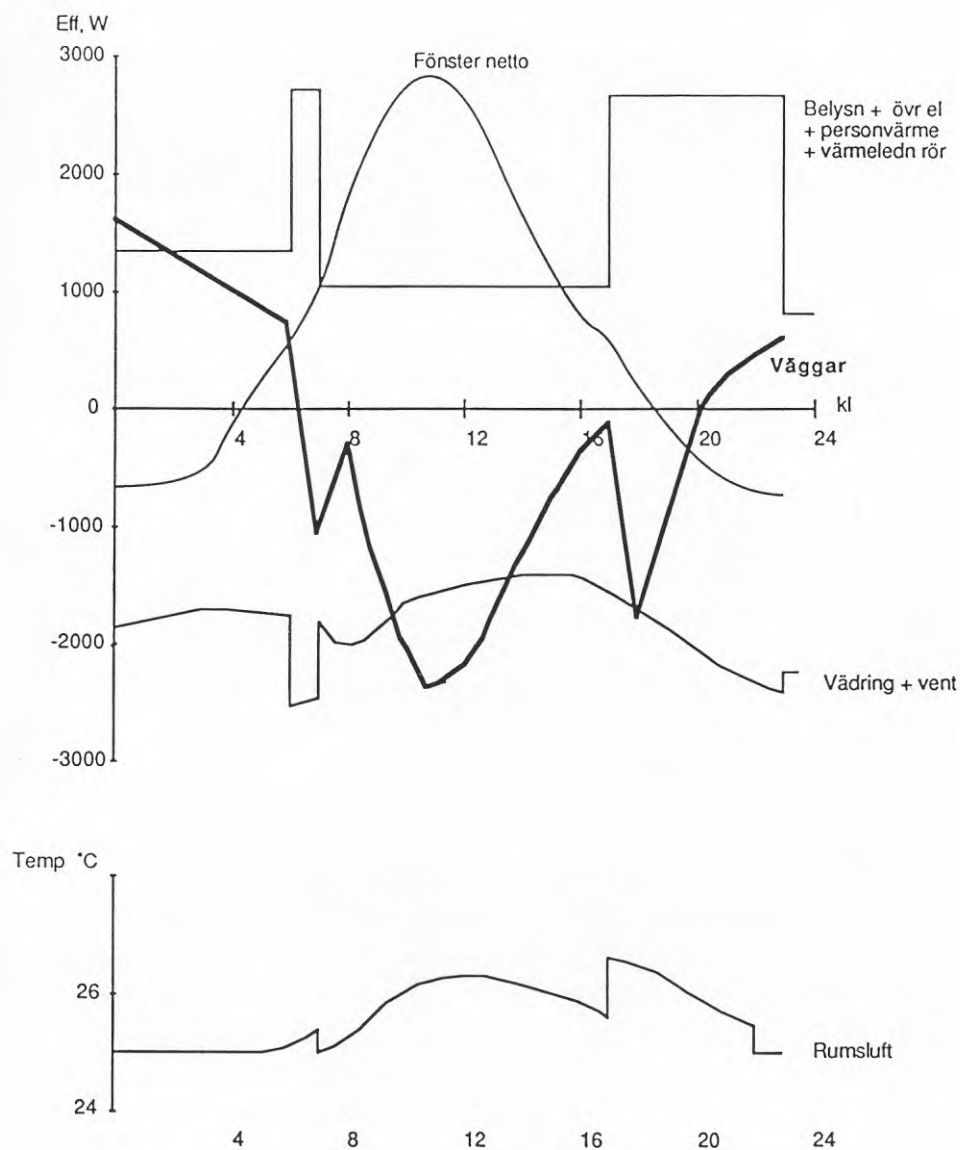


Bild 54 Kv Rågaxet, Gubbängen. Mellanvåning SSO 256 m<sup>2</sup>. Timvisa energiflöden och rumsluftens temperatur den 15/5 1971. Utetemperaturens dygnsmedelvärde = +12,6 °C.

## Objektiva simuleringsmodeller med BRIS

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

- Allmänna data
- Rum
- Väggar
- Fasader
- Fönster
- Värmare
- Belysningskällor
- Operativtemperatur
- Tidsberoende data
- Luftbehandling

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

### *Kv Kejsaren*

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

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

Huset byggdes enligt SBN 80 med konventionell byggnadsteknik. Installationssystemet är av en avancerad och relativt oprövad karaktär. Lägenheterna värms med luftburen värme i ett lågtemperatursystem. Solfångaren är en del av taket och skall klara ungefär en tredjedel av energibehovet. Solvärmens distribueras i ett luftburet system och lagras över dygnet i betongbjälklagen där luftkanaler gjutits in.

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

#### *Solfångare*

Solfångarytan är ca 100 m<sup>2</sup> uppdelad på 15 moduler (1x6 m). Modulerna parallellkopplas bredvid varandra och ger intryck av att vara en enda sammanhängande solfångare. Hela solfångarpaketet byggs direkt på taket. Luft passerar solfångarna i en luftspalt uppbyggd mellan två plåtar under ett täckande glaskikt. Den plana plåten närmast glaset, absorbatorn, har en selektiv beläggning. Solfångarna är på undersidan isolerade mot vindsutrymmet.

#### *Luftvärme*

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

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

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

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

Tilluftstemperaturen i lägenheterna är max 45 °C

### Geometrier



Bild 55 Geometrier för kv Kejsaren.

Tabell 28 Övriga primärdata för kv Kejsaren, En mellanvåning enligt figuren har beräknats.

Rumsluft, vinter, sommar		≥ + 20 °C
Tilluftstemperatur, via bjälklag		+18-25 °C,
Tilluftsflöde		0,6 oms/h
Ofrivillig ventilation		0,2 oms/h
Lägsta radiatoreffekt		--
<i>Interna effekter</i>		
personer och tappvarmvatten	07-17	80 W
	17-07	240 W
Belysning och hushållsel	23-06	200 W
	06-07	600 W
	07-17	200 W
	17-23	600 W
k-värde ytterväggar	lättbetong; 0,454 m	0,31 W/m <sup>2</sup> K
Fönsterarea, andel av ytterväggsyta		34 %
	S: 305 m <sup>2</sup> , N: 5,6 m <sup>2</sup>	
Treglasfönster, k-värde		2,0 W/m <sup>2</sup> K
Solskydd i form av persienn mellan glas, fällda 1/3-31/10		

## Beräkningsresultat kv Kejsaren

### Energibalansen

Total energibalans för året i kWh/m<sup>2</sup> visas i Bild 56. Värdet från BRIS har liksom vid redovisningen av de övriga projekten korrigerats med hänsyn till yttertak och källargolv. Den totala energiomsättningen är närmare 160 kWh/m<sup>2</sup> år men reduceras med hjälp av värmeväxlaren och solfångarsystemet med ca 30 kWh vardera. Personvärme och solvärme genom fönstren ger tillsammans en ytterligare reduktion med ca 16 kWh/år. Det återstående behovet av köpt energi hamnar då på drygt 83 kWh/m<sup>2</sup> år.

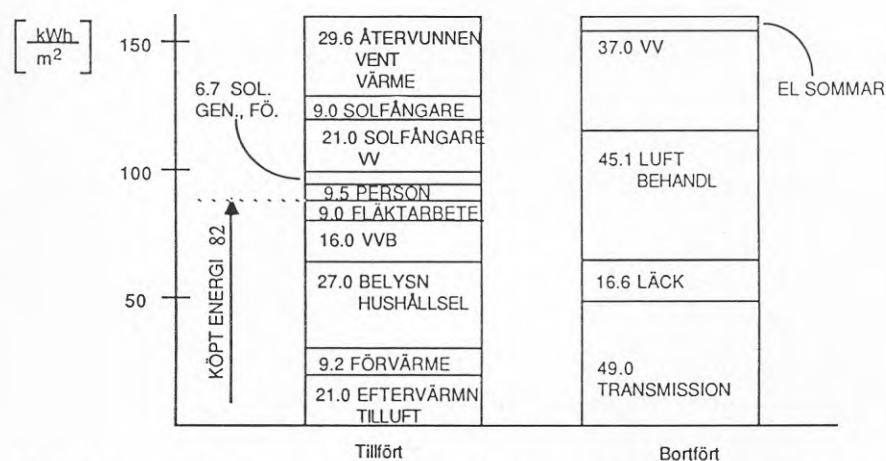


Bild 56 Total energibalans, enligt BRIS, 1/1-31/12 kv Kejsaren.

Bland förlusterna redovisas 45,1 kWh för luftbehandling. Denna täcks dock till stor del av värmeväxlaren och solvärmesystemet (38,6 kWh eller ca 86%). Man kan notera att poster som belysning + hushållsel och varmvattenberedning skiljer sig något jämfört med värdena för t ex kv Konsolen. Skillnaderna förklaras av att lägenhetsytorna är olika..

Total energibalans månadsvis framgår av Bild 57. Sommartid täcks energibehovet för varmvattenberedning helt av solvärmesystemet.

Solvärme via hålbjälklaget börjar ge märkbara bidrag under april månad.

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

I Bild 58 ges netto energibalansen för den mellanvåning som genomräknats med BRIS. I genomsnitt under eldningssäsongen svarar eftervärmningen av tilluften för 20,9 av totalt 54,4 kWh/m<sup>2</sup> (ca 38%).

Under årets kallaste dygn, se Bild 59, täcks 405 av totalt 528 Wh av eftervärmning vilket motsvarar 70%. Posten "vent" är helt obetydlig vilket givetvis beror på att tilluftstemperaturen efter

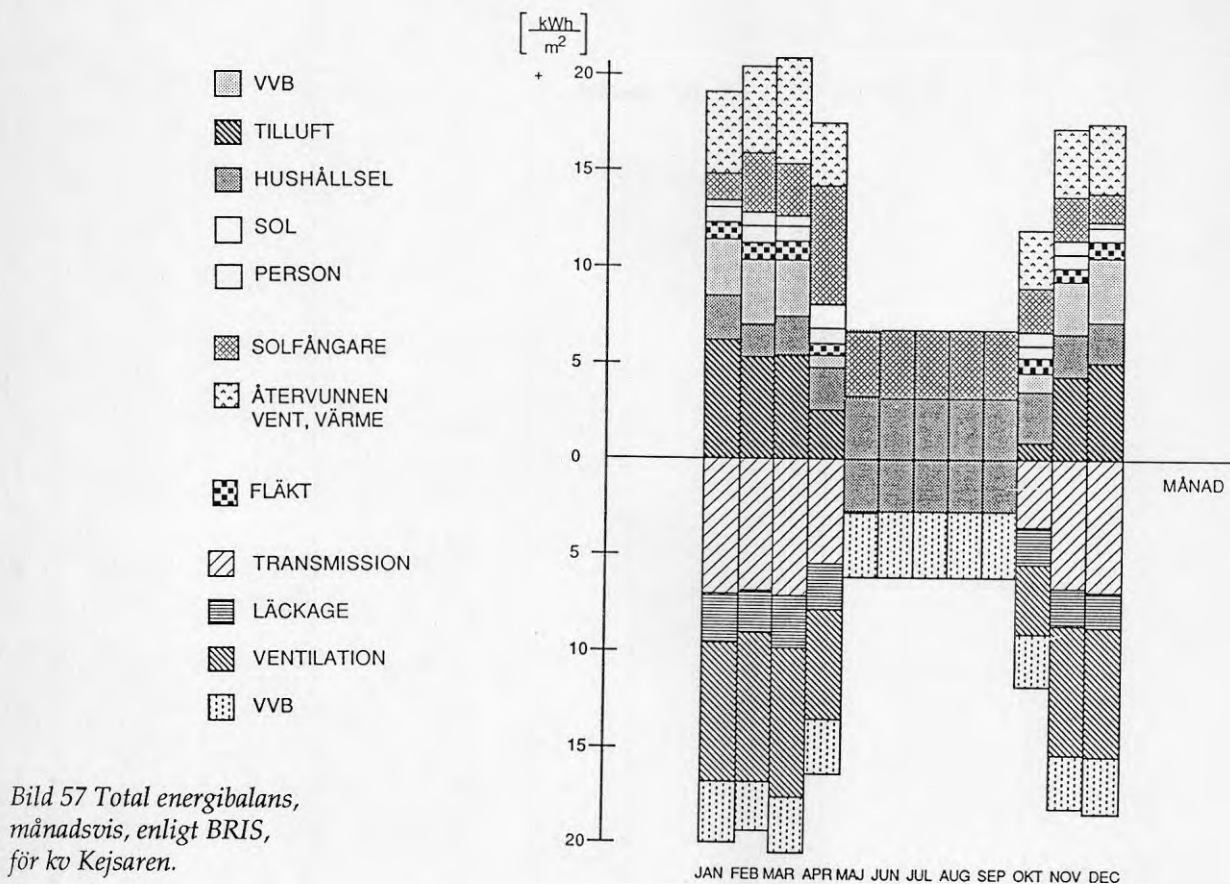


Bild 57 Total energibalans, månadsvis, enligt BRIS, för kv Kejsaren.

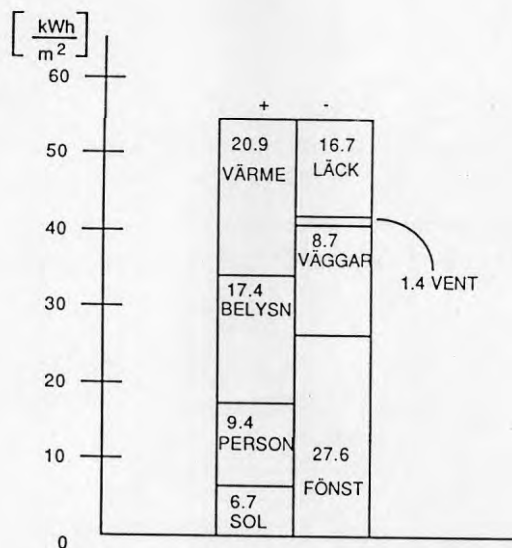


Bild 58 Nettobalans (mellanplan), enligt BRIS. Tidsperiod 16/9-15/5  $t_{ue} = +2,4$  °C kv Kejsaren.

fövärmning och passage genom hålbjälklaget ligger nära rumsluftens temperatur (medeleffekt  $528/24 = 22 \text{ W/m}^2$ ). I Bild 60 ges månadsvis netto värmebalansens procentuella fördelning. Solvärmad luft genom hålbjälklaget börjar ge märkbara tillskott i slutet av april.

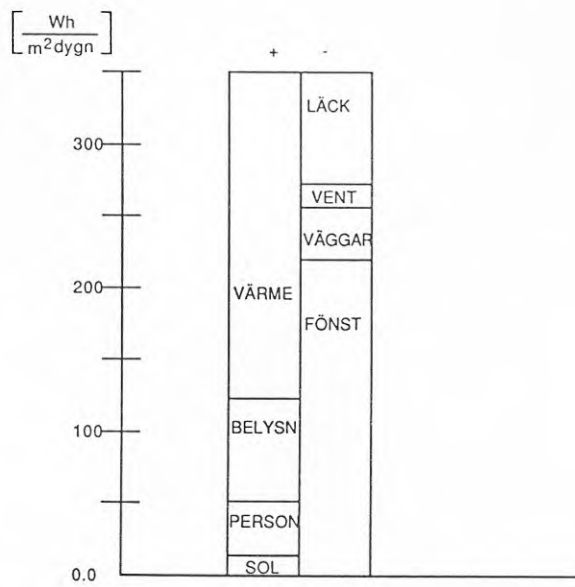


Bild 59 6/1  $t_{ute} = -15 \text{ }^\circ\text{C}$   
kv Kejsaren.

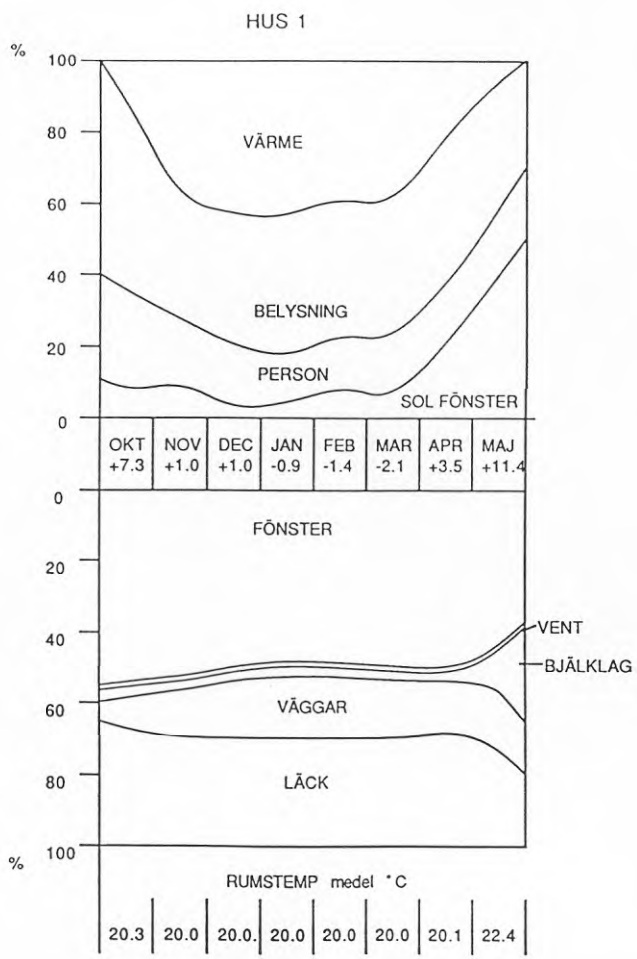
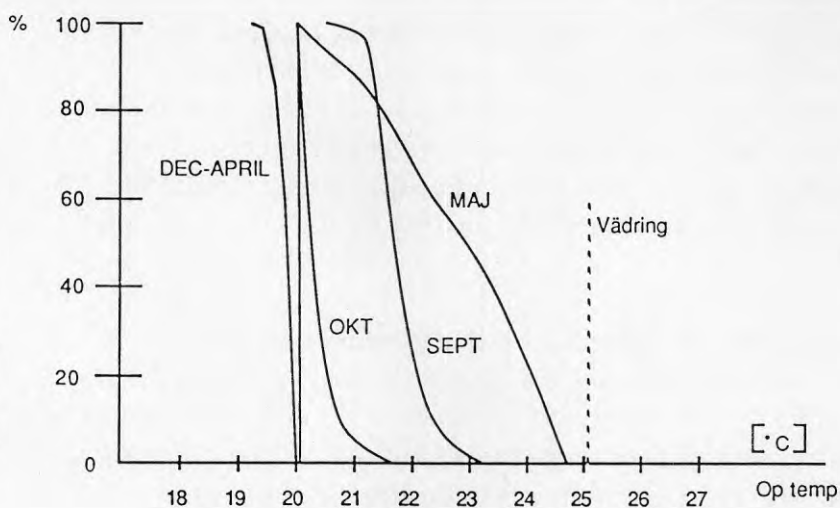


Bild 60 Rummets värmebalans, %-fördelning, enligt BRIS, kv Kejsaren.



Bild 61 Procentuell fördelning av operativ temperatur under eldningssäsongen 16/9-15/5, enligt BRIS, kv Kejsaren.



### Inomhusklimat

Operativtemperaturens procentuella fördelning under eldningssäsongens olika månader framgår av Bild 61. Under oktober - april ligger temperaturen i närheten av 20 °C, i september någon grad högre. Under maj får fördelningen en annan karaktär och går tillfälligtvis över 24 °C. Besvärande övertemperaturer uppstår dock inte under eldningssäsongen. Till detta bidrar utjämnningen i hålbjälklaget och att eftervärmningen verkligen stängs av när den inte behövs (rör som avger värme finns inte i denna byggnad).

## Simuleringar med DEROB

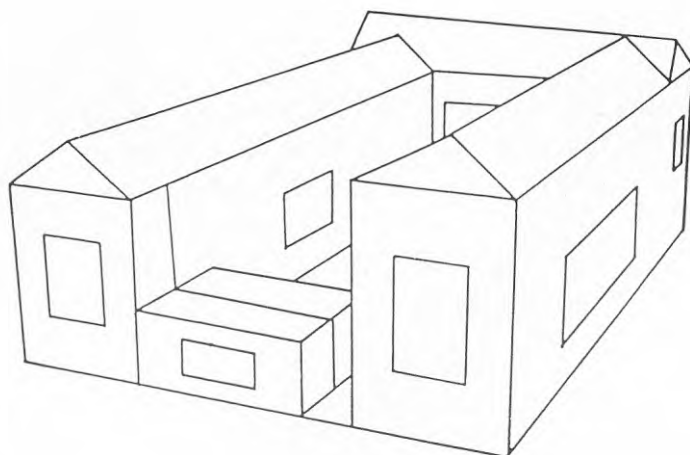
DEROB är ett dataprogram som ursprungligen utvecklades vid University of Texas i Austin, USA, med målet att skapa ett lättillgängligt simuleringssystem för analys av möjligheterna att utnyttja energitillskott från passiva solsystem i byggnader och för energibalans- och temperaturberäkningar. Programmet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

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

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

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

Till DEROB har ett grafiskt tredimensionellt program anslutits som, med redan programmerade indata, kan redovisa byggnaden från valfri perspektivpunkt. I Bild 62 visas ett exempel på en såedan grafisk presentation.



*Bild 62 Exempel på en enkel tredimensionell kontrollredovisning av fysiska grunddata för DEROB-simulering*

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

#### *Styr- och reglerstrategier*

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

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

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

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

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

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

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

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

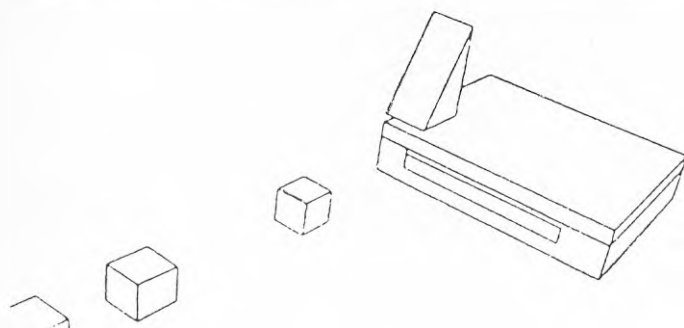
För varje dygn erhålles vidare en fullständig energibalans per volym och totalt. Följande värden registreras i kWh/dygn: transmissionsförluster; energiförluster av infiltration; tillförd internvärme (betald energi); tillförd kyla (betald energi; energi-

vinster genom solinstrålning; energivinst genom värmeväxling; i byggnadsstomme och inventarier upplagrad energi.

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

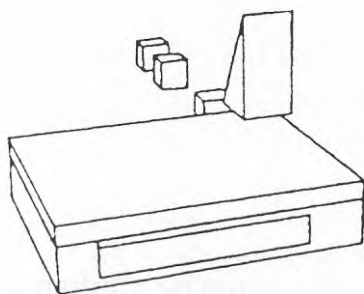
### *Geometrier*

I Bild 63 visas en grafisk bild av den använda geometriska modellen sedd från söder



*Bild 63 Geometrisk beskrivning av den använda modellen för kv Kejsaren.*

I Bild 64 visas motsvarande bild sedd från norr.



*Bild 64 Geometrisk modell av kv Kejsaren sedd från norr.*

Totala våningsytan i varje plan är 211 m<sup>2</sup> i beräkningsmodellen.

## Övriga primärdata

Följande primärdata har använts vid beräkningarna:

---

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

---

Internvärme Hus SV (W)	
kl 00-06	640 W
06-17	1 280 W
07-17	440 W
17-24	1 280 W

---

Yttervägg:	45 cm lättbetong
------------	------------------

---

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

De tre små kuberna representerar fiktiga beräkningsvolymmer som var nödvändiga att ha med för att simulera samspelet mellan luftsolfångarsystem och ventilationssystemet. Normalt behövs ej sådana.

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

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

---

Månad	temperatur, °C
januari, februari	35
mars, april	25
maj juni, juli, augusti	18
september, oktober	25
november, december	40

---

Maximala kyleffekten för detta våningsplan är vald till 3 kW. Denna effekt valdes efter passningsräkning. Vid denna kyleffekt blev den energimängd som överfördes till varmvattnet under en solig dag ungefär lika stor som dygnsbehovet för tappvarmvattenberedning. Detta skall motsvara inverkan av

tappvarmvattenackumulatort. Efter denna värmeväxlare passerar tilluften hålbjälklaget och in i lägenheterna. Hålbjälklaget utjämnar de kraftiga temperaturvariationer på tilluften som kan uppstå under vissa tider.

### Beräkningsresultat

#### Energibalansen

Totala energibalansen för året redovisas i Bild 65. Beräkningarna har gjorts för ett våningsplan. Genom ändring av k-värden för golv och tak har korrektion gjorts så att energibalansen gäller för hela byggnaden.

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

Total energibalans månadsvis redovisas i Bild 66 och Bild 67. Sommartid täcks upp till 75% av energibehovet för varmvattenberedning av solvärmesystemet. Solvärmestillskotten under vintermånaderna är litet. Det tillskott som då finns kommer främst via luftförvärmning.

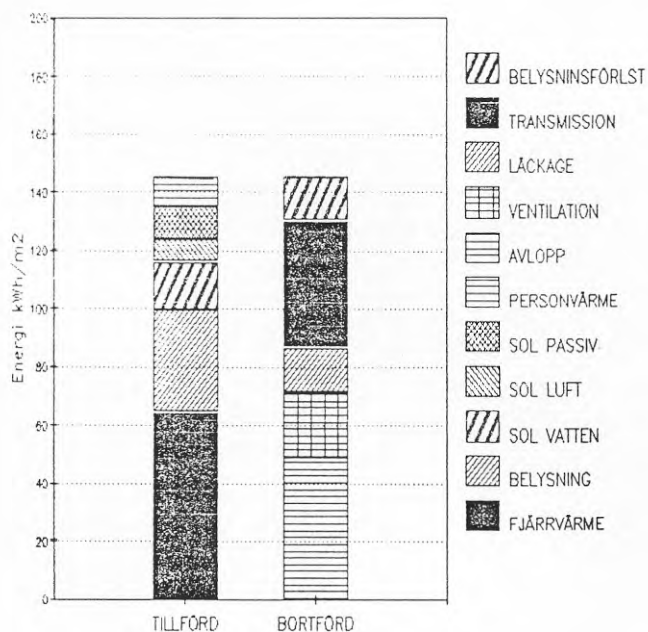


Bild 65 Total energibalans, kv Kejsaren enligt DEROB.

I Bild 68 och Bild 69 visas månadsvis netto värmebalansens procentuella fördelning. Solvärmestillskottet via förvärmning av tilluft är hela tiden mindre än tillskottet via fönster. För en solig dag i mars visas i Bild 70 temperatur efter solfångaren och överförd effekt till tappvarmvattnet. Förutom till tappvarmvattnet överförs också effekt via förvärmning av tilluften.

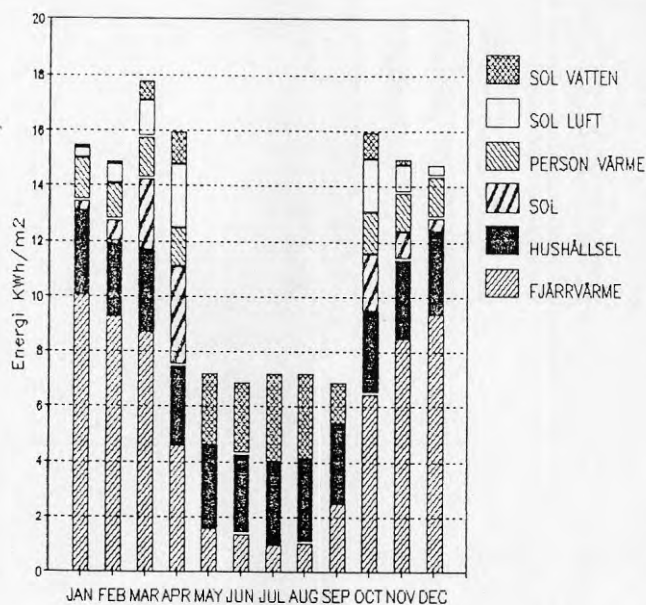


Bild 66 Total energibalans månadsvis, Kv Kejsarenenligt DEROB. Tillförd energi

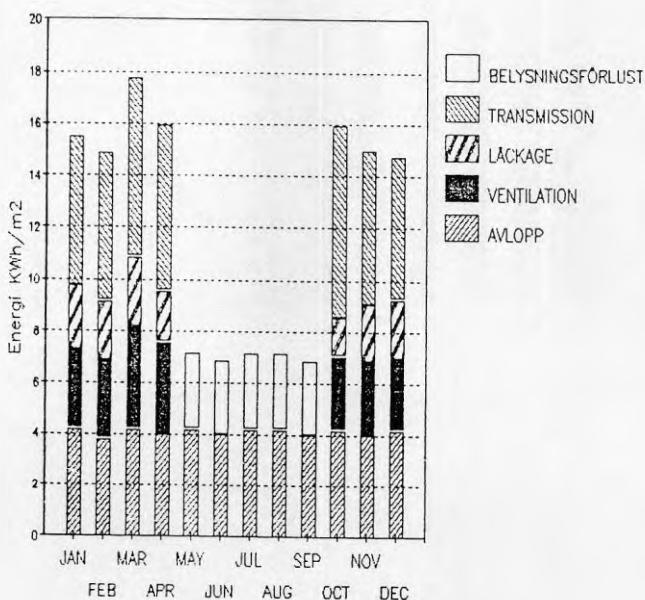


Bild 67 Total energibalans månadsvis, kv Kejsaren enligt DEROB. Bortförd energi

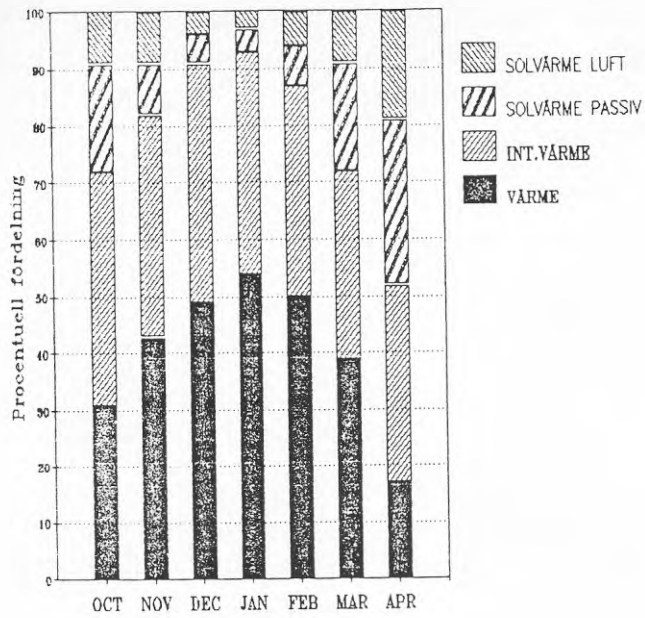


Bild 68 Värmebalans månadsvis, kv Kejsaren enligt DE-ROB. Tillförd energi

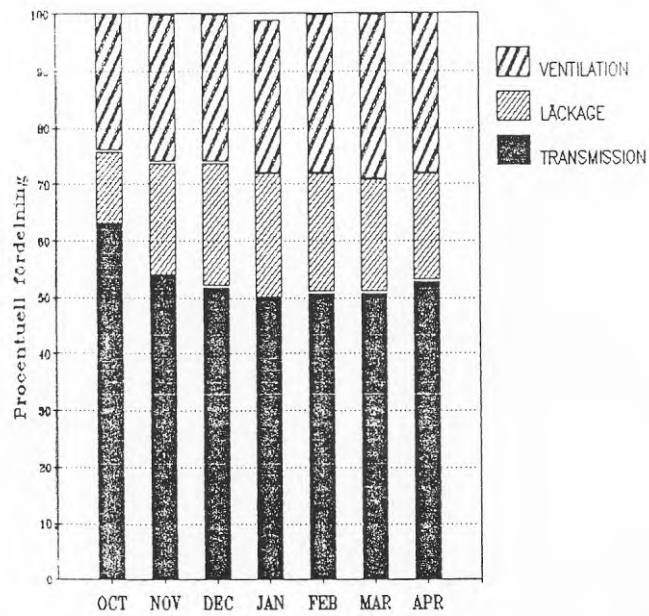


Bild 69 Värmebalans månadsvis, kv Kejsaren enligt DE-ROB. Bortförd energi



### Inomhustemperatur

I tabellen nedan redovisas beräknade medeltemperaturer inomhus för eldningssäsongen.

Tabell 29 Medeltemperaturer inomhus under eldningssäsongen.

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

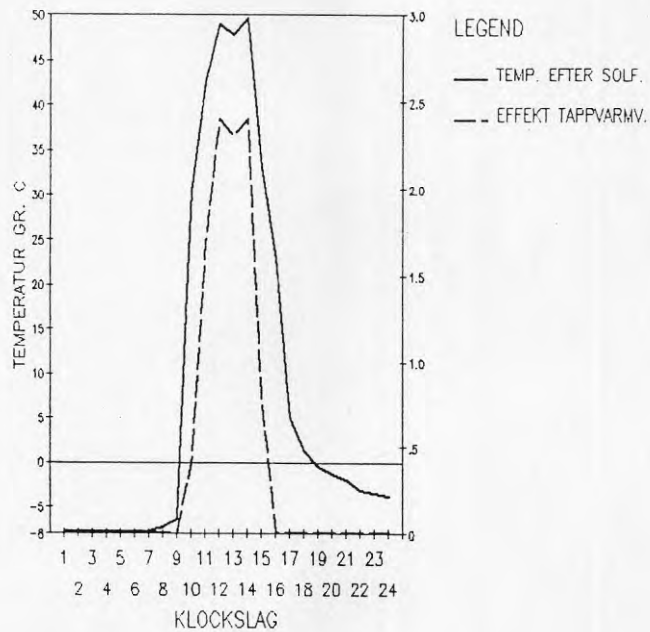


Bild 70 Temperatur och effekt solfångare, kv Kejsaren enligt DEROB. Klimatdata 6 mars 1971



**R13:1993**  
ISBN 91-540-5526-1  
Byggeforskningsrådet, Stockholm

Art.nr: 6813013  
Abonnemansgrupp:  
T. Fastighetsförvaltning  
W. Installationer  
Z. Konstruktioner och  
material

Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
171 88 Solna

Cirkapris: 112 kr inkl moms