



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.



BO JAKOBSSON
CARL MICHAEL JOHANNESSON
GÖRAN WERNER

Stockholmsprojektet – inglasade balkonger med värme- lagring i bjälklag

Kv Skogsalmen

R14: 1993

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400129255



BYGGFORSKNINGSRÅDET

R14:1993

LINDS TEKNISKA HÖGSKOLA
VÄG- OCH VÄTTENBYGGNAD
BIBLIOTEKET

STOCKHOLMSPROJEKTET - INGLASADE BALKONGER

MED VÄRMELAGRING I BJÄLKLÄG

Kv Skogsälmen

**Bo Jakobsson
Carl Michael Johannesson
Göran Werner**



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

REFERAT

Skogsalmen 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. Skogsalmen ligger i Hässelby i västra Stockholm.

Experimentdelen av kv Skogsalmen, som byggdes 1982-84, består av 32 lägenheter inom ett större område med sammanlagt 300 lägenheter. De 32 experimentlägenheterna har bygg- och installationssystem som utnyttjar solvärme. Den teknik som valts är inglasning av södervända balkonger kombinerat med värmelagring i bjälklag. I bjälklagen cirkuleras luft som värmts av solstrålning mot balkongutrymmet.

Utvärderingen planerades så att de 32 experimentlägenheterna skulle jämföras med 32 referenslägenheter som var likadant utformade som experimentlägenheterna med undantag för inglasade balkonger och ingjutna kanaler i bjälklagen.

Resultatet av undersökningen är att energiförbrukningen är lika stor i experimenthusen som i referenshusen, 164 kWh/m², BRA, år. I den totala energiförbrukningen ingår köpt energi för värme, varmvatten och hushållsel. Energiförbrukningen i experimenthusen och referenshusen skiljer sig i ett avseende: Förbrukningen av värme till värmeradiatorerna är 14 kWh/m² högre i referenshusen samtidigt som förbrukningen av köpt energi till hushållsel och varmvatten där är lika mycket lägre än i experimenthusen.

Sammanfattningsvis kan sägas att energibidraget från de inglasade balkongerna har varit för litet för att ekonomiskt motivera experimentåtgärderna. Såväl bygg- som installations-, drift- och underhållskostnader har varit för höga. Andra skäl än energibesparing måste till för att motivera de inglasade balkongerna, t ex att balkongerna utgör ett värdefullt tillskott till boendemiljön.

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.

R14:1993

**ISBN 91-540-5528-8
Byggeforskningsrådet, Stockholm**

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Bakgrund	5
Utvärdering	6
Syfte och hypoteser	7
Husens utformning och konstruktion	8
<i>Allmänt</i>	
Utvärderingsmetod	13
Mätningar	14
<i>Mätprojektet och idrifttagning</i>	
<i>Mätningarnas omfattning</i>	
<i>Kommentar till ventilationsmätningarna</i>	
Resultat av mätningar och analyser	18
<i>Uppmätt energiförbrukning</i>	
<i>Faktorer som påverkar skillnader i energiförbrukning mellan experiment- och referenshus</i>	
<i>Komplettering av utvärderingen</i>	
<i>Solstrålningens inverkan på radiatorvärmeförbrukningen</i>	
<i>Jämförelser av simuleringsberäkning och utifrån mätningar uppskattad energibesparing från solvärmesystemet</i>	
<i>Orsaker till skillnader mellan uppmätt och beräknad energiförbrukning</i>	
Observationer i sammandrag	27
<i>Solvärmesystemets inverkan på radiatorvärmeförbrukningen</i>	
<i>Drifterfarenheter av balkongfläktarna</i>	
<i>Erfarenheter av bjälklagens termiska egenskaper</i>	
<i>Solvärmesystemets energibidrag på årsbasis</i>	
<i>Statistik från Utrednings och Statistikkontoret</i>	
<i>Bjälklagskanalernas betydelse för kalla golv</i>	
Diskussion och slutsatser	30
Appendix och Bilagor	33
Referenser	65

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 Bygghögskolestyrelsen. 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 rapport grundas på PM och uppsatser som utarbetats under perioden 1986-88 vid projektgruppen för energihushållning i byggnader, EHUB, av främst civ.ing. Bo Jakobsson. Utifrån en preliminär rapport som förelåg 1988 har text- och fakta-kompletteringar utförts.

Till min hjälp i utarbetandet av denna rapport har jag haft professor Arne Elmroth, LTH och civ.ing. Göran Werner, AIB energikonsult AB. Båda har arbetat med detta utvärderingsprojekt från starten 1983.

Stockholm i februari 1992

Carl Michael Johannesson

SAMMANFATTNING

Skogsalmen är ett av de sex experimentobjekt 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. Skogsalmen ligger i Hässelby i västra Stockholm.

Experimentdelen av Skogsalmen byggdes 1982-84 och består av 32 lägenheter inom ett större område som totalt innehåller ca 300 lägenheter. Husen har 2-4 våningar och de har till största delen byggts med konventionell teknik. Den bärande stommen är av plattgjuten betong. Ytterväggarna är utförda av homogena lättbetongelement. Värmeisoleringen följer kraven i SBN80. Värmesystemet består av ett vattenburet system med radiatorer. I varje lägenhet finns från- och tilluftsaggregat med värmeväxlare.

De 32 experimentlägenheterna har bygg- och installationssystem som utnyttjar solvärme. Den teknik som valts är inglasning av södervända balkonger. Så snart luften i balkongerna har en temperatur som överstiger inomhustemperaturen cirkuleras den genom kanaler i bjälklagen med hjälp av en termostatstyrd fläkt. Bjälklagen fungerar då som ett värmelager för korttidslagring av solvärme.

De simuleringsberäkningar som låg till grund för systemutformningen visade en årlig energibesparing på 6 kWh/m² (BRA). Detta skulle utgöra 20% av det beräknade energibehovet till radiatorerna. Lägenheter med glasbalkonger beräknades behöva totalt ca 113 kWh/m² år av köpt energi jämfört med 119 för referenslägenheterna.

Utvärderingen planerades så att energiförbrukningen i 32 experimentlägenheter skulle jämföras med den i 32 referenslägenheter. Lägenheterna i experimenthusen var lika stora och hade ett likartat läge inom området som lägenheterna i referenshusen. Skillnaden låg i att referenshusens lägenheter saknade inglasade balkonger och kanaler i bjälklagen. Med undantag för vissa smärre avbrott finns kompletta mätvärdesserier för perioden juni 1986 - maj 1987. Inregleringar och injusteringar har kunnat utföras under en period av två år, från inflyttning till mätstart.

Resultaten av den jämförande utvärderingen sammanfattas i Figur 1. Den totala normalårskorrigerade energiförbrukningen är lika stor i experiment- och referenshusen. I den totala energiförbrukningen ingår köpt energi för värme, varmvatten och hushållsel. I hushållselen ingår också el till att driva de lägenhetsplacerade ventilationsaggregaten. Även el som använts till att värma tilluften ingår i hushållselen.

Det framgår av Figur 1 att den totala mängden köpt energi är större än den simulerade, i synnerhet mängden tillförd energi

till radiatorsystemet. Det gäller både experiment- och referenshusen. Skälen till detta är främst följande:

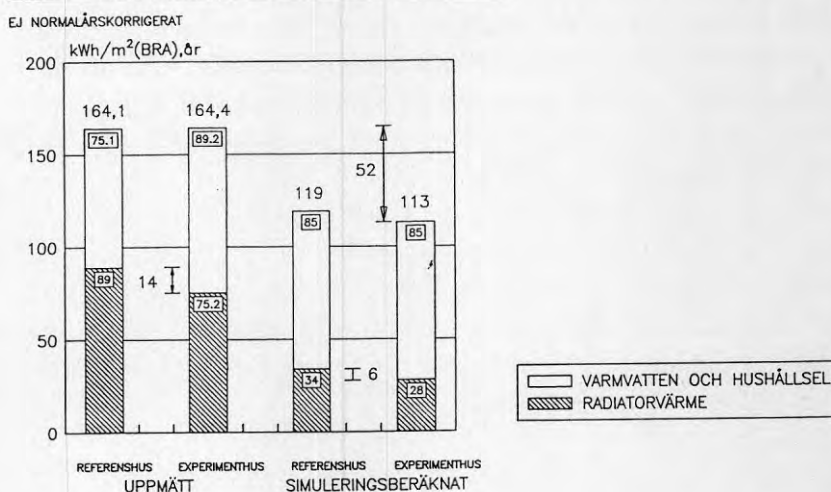
- 1) Vid simuleringsberäkningarna valdes en lägenhet mitt i huset. Den hade alltför gynnsamt UA-värde, d v s transmissionsförlusterna var väsentligt lägre än för genomsnittet av lägenheterna.
- 2) Den uppmätta medeltemperaturen i lägenheterna har under perioden varit 21 á 22°C istället för antagna 20°C.
- 3) Utetemperaturerna under mätåret har varit lägre än vad som beräknades vid simuleringarna.

Delposterna i Figur 1 visar på olikheter mellan husen. Experimenthusen har exempelvis 14 kWh/m² år lägre radiatorvärme- förbrukning än referenshusen. Samtidigt är behovet av köpt energi till hushållsel och varmvatten ca 14 kWh/m² år högre i experimenthusen än i referenshusen. Hur stor del av skillnaderna som beror på boendevanor har inte entydigt kunnat besvaras.

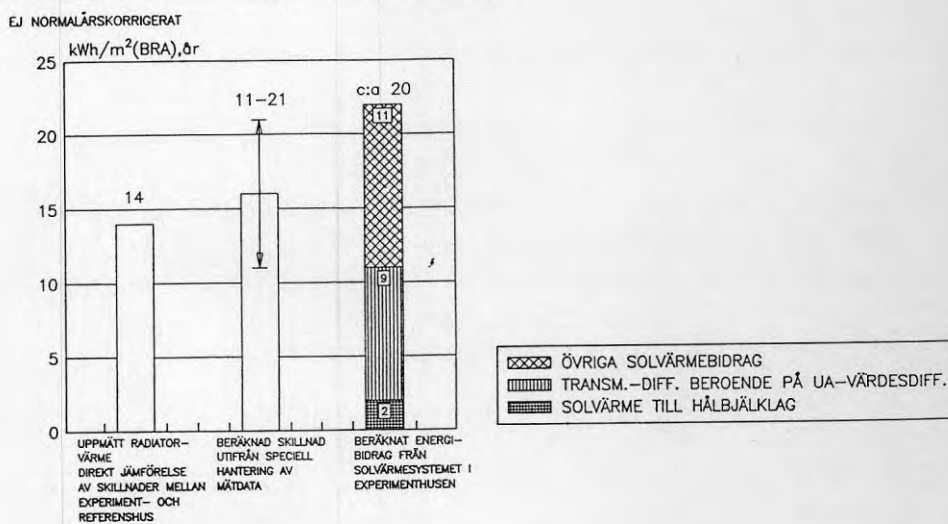
Figur 1 De två vänstra staplarna visar total mängd köpt energi under perioden juni-86 till maj-87 för referens- och experimenthusen i Skogsalmen. Den totala mängden köpt energi är lika i de båda husstyperna. Däremot är mängden radiatorvärme något mindre i experimenthusen.

De högra staplarna visar beräknad köpt energi enligt simuleringsberäkningarna. Den uppmätta mängden köpt energi är ca 50 kWh/m² år större än beräknat. Skillnaden hänförs huvudsakligen till radiatorvärme.

KÖPT ENERGI SKOGSALMEN 8606-8705



ENERGIDIFFERENSER SKOGSALMEN 8606-8705



Figur 2 Den vänstra stapeln visar uppmätt radiatorvärme som direkt skillnad mellan experiment- och referenshusen. Den mellersta stapeln visar beräknad skillnad mellan husen utifrån speciell hantering av mätdata. Den högra stapeln visar beräknat energibidrag från solvärme-systemet i experimenthusen.

De inglasade balkongerna kan medverka till att solenergi tas till vara på olika sätt. Två effekter dominerar: dels innebär inglasningen en tilläggsisolering av lägenheternas ytterväggar, dels tillförs balkongen strålningsvärme som ger ytterligare temperaturhöjning i balkongen. I Skogsalmen överförs viss del av värmen från balkongen till bjälklaget genom den cirkulerande luften. Den mängd energi som kan utnyttjas för uppvärmning på detta vis har beräknats uppgå till ca 2 kWh/m²,år.

Under experimentet har det varit problem med balkongfläktarnas drift och funktion. Under optimala förhållanden hade därför ytterligare ca 0,5 kWh/m²,år kunnat lagrats i bjälklaget. Det kan också vara värt att notera att balkongfläktarnas elförbrukning är drygt 1 kWh/m² år.

Slutsatsen är dock att även med denna förbättring av balkongfläktarna kan det aldrig bli lönsamt att lagra solvärme från inglasade balkonger i hålbjälklag på det sätt som prövats i experimentet i kv Skogsalmen.

Energibidraget från de inglasade balkongerna är för litet för att motivera experimentåtgärderna. Såväl bygg- som installations-, drift- och underhållskostnaderna är för höga. Andra skäl än sparskäl måste till för att motivera de inglasade balkongerna, t ex att balkongerna kan utnyttjas under längre tid och att de utgör ett värdefullt och attraktivt tillskott till boendemiljön.

BAKGRUND



Figur 3 Fasader med inglasade balkonger i experimenthusen i Skogsalmen.

Stockholmsprojektet, energisnåla nya flerbostadshus, är ett resultat av riksdagens energipolitiska beslut från 1980 om att Sveriges kommuner skulle ansvara för genomförandet av de uppställda energisparmålen. De mål som då ställdes upp var att energin för uppvärmning skulle halveras under den närmaste tioårsperioden. Stockholms kommun utlyste en idéävling 1981 som resulterade i att fem experimentprojekt planades, tilldelades tomter och kom till utförande. Ett sjätte projekt, Skogsalmen, löpte parallellt med Stockholmsprojektet. Från Byggnadsrådets sida insåg man tidigt att utvärderingen av Skogsalmenprojektet skulle kunna samordnas med Stockholmsprojektet. Därför tillfördes Stockholmsprojektet ett sjätte experimentprojekt, Skogsalmen.

Stockholmsprojektet är det första större sammanhållna experimentbyggnadsprojektet för utvärdering av nya energisnåla flerbostadshus som utförts i Sverige. Projektets syfte är att i sex nybyggda flerbostadshus prova nya byggmetoder och installationssystem som kan leda till lägre behov av köpt energi. I första hand tillämpas känd teknik men i vart och ett av husen prövas dessutom en eller flera nya metoder för energihushållning som inte tidigare prövats i full skala. Metoderna varierar från förbättring av väl beprövade system till relativt avancerade nya tekniker. Nya hus blir alltmer komplexa och därför är ett av målen att utvärdera hur olika tekniska system samverkar.

Stockholmsprojektet har bedrivits i samarbete mellan Byggnadsrådet, Stockholms stad, sex byggföretag, konsulter och Kungl. Tekniska Högskolan.

UTVÄRDERING

Teknisk utvärdering

Den tekniska utvärderingen utförs av Projektgruppen för energihushållning i byggnader, EHUB, vid Kungl. Tekniska Högskolan, och omfattar två teknikinriktade delprojekt, *Energiutvärderingsprojektet* och *Idrifttagningsprojektet*.

Syftet med *Energiutvärderingsprojektet* är att bestämma det totala behovet av köpt energi för byggnadens uppvärmning och drift och att kartlägga och förklara vilka konsekvenser som åtgärderna får i experimenthusen.

Genom att utarbeta energibalanser för de olika experimenthusen, kan delsystemens andel av den totala energiförbrukningen utvärderas. Detta ger också ett förbättrat underlag för bl a framtida simuleringsberäkningar.

Idrifttagningsprojektet påbörjades efter det att mätningar visat att värme-, ventilations- och reglersystem inte fungerade efter beräkningarna. Projektet har till syfte att trimma husen till att fungera i enlighet med de krav som redovisats i projekteringshandlingarna.

Förutom den tekniska utvärderingen ingår också följande delprojekt i Stockholmsprojektet:

Komfortprojektet som är en utvärdering av bl.a. rumskomfort och de boendes värderingar av inneklimatet. För detta projekt ansvarar avdelningen för husbyggnad, KTH.

Övrig utvärdering

I anslutning till den tekniska utvärderingen har två projekt särredovisats. De finns tillgängliga i rapporter från Stockholms stad utrednings- och statistikkontor (USK) och från avdelningen för konstruktionslära, KTH. Projekten är följande:

Boendeundersökningen som är ett sociologiskt inriktat delprojekt. Det syftar till att kartlägga hur de boende uppfattar och upplever de olika energibesparande åtgärderna. För detta projekt ansvarar USK (Utrednings och Statistikkontoret) inom Stockholms kommun.

I *Ekonomiprojektet* har kostnaderna för investering, drift och underhåll beskrivits och analyserats. För detta projekt har avdelningen för konstruktionslära, KTH ansvarat.

SYFTE OCH HYPOTESER

Syftet med experimenten i Skogsalmen är att pröva ett system för att ta tillvara solvärme från inglasade balkonger. Solvärmd luft i balkongen nyttjas dels för korttidslagring i hålbälklag, dels genom buffertverkan. Buffertverkan åstadkoms genom att solenergi i balkongerna värmer lägenheterna.

Målet med energiutvärderingen är att undersöka om korttidslagring tillsammans med buffertverkan ger en energibesparing som motiverar merkostnaderna. Syftet har också varit att förklara hur solvärmens har kommit huset tillgodo.

I samband med projekteringen av byggnaderna i Skogsalmen utfördes simuleringsberäkningar med datorprogrammet BRIS. Dessa visade att solvärmesystemet skulle ge energibesparingar på ca 6 kWh/m²(BRA), år (motsvarande c:a 20 % av energitillförseln via radiatorerna).

Hypotesen är att solvärmesystemet i praktiken ger samma energibesparing som simuleringsberäkningarna visar.

Ett syfte med experimentet är att verifiera eller förkasta hypotesen. Ett annat viktigt syfte är att undersöka om de inglasade balkongerna kan ge en skyddad uteplats med samma kvaliteter men med längre utnyttjandetid än en öppen balkong. Komforten sommartid avses kunna bibehållas genom effektiv fönstervädring av de inglasade balkongerna.

HUSENS UTFORMNING OCH KONSTRUKTION

Allmänt

Kvarteret Skogsalmen uppfördes under åren 1982-84 för Stockholms Kooperativa Bostadsförening (SKB). SIAB var generalentreprenör. Lars Bryde Arkitektkontor var arkitekt för området.

K-Konsult i Stockholm har stått för all teknisk projektering utöver A-handlingar. Projektledare har varit arkitekt Laszlo Marko, K-Konsult. Kvarteren Skogsalmen, Skogsnejlikan och Fjällnejlikan i Hässelby omfattar totalt c:a 300 lägenheter. De tre bostadskvarteren är uppförda med likadana byggnader med en sammanhållen stadsplan. Experimenthuset ligger i kvarteret Skogsalmen. 36 lägenheter i sex hus utgör experimentlägenheter för utnyttjande av solvärme. Av de 36 lägenheterna har 32 inglasade balkonger åt söder och värmelagrande hålbjälklag där solvärmeöverskottet avses kunna dygnslagras. Fyra av de 36 lägenheterna är skuggade av andra hus och saknar därför inglasning av balkongerna.

I området finns ytterligare sex hus med motsvarande utformning och orientering, dock utan hålbjälklag och inglasning av balkonger. Dessa används som referensbyggnader i mätprojektet.

Adresser till experimenthusen i kv Skogsalmen, Hässelby:

Granskogsvägen 12 och 14
Granskogsvägen 28 och 30
Granskogsvägen 46 och 48



Figur 4 Experiment- och referenshusen har lika många lägenheter. Stor vikt har lagts vid att de båda huskategorierna skall ha i det närmaste samma orientering och, med undantag från balkongerna, samma utformning.

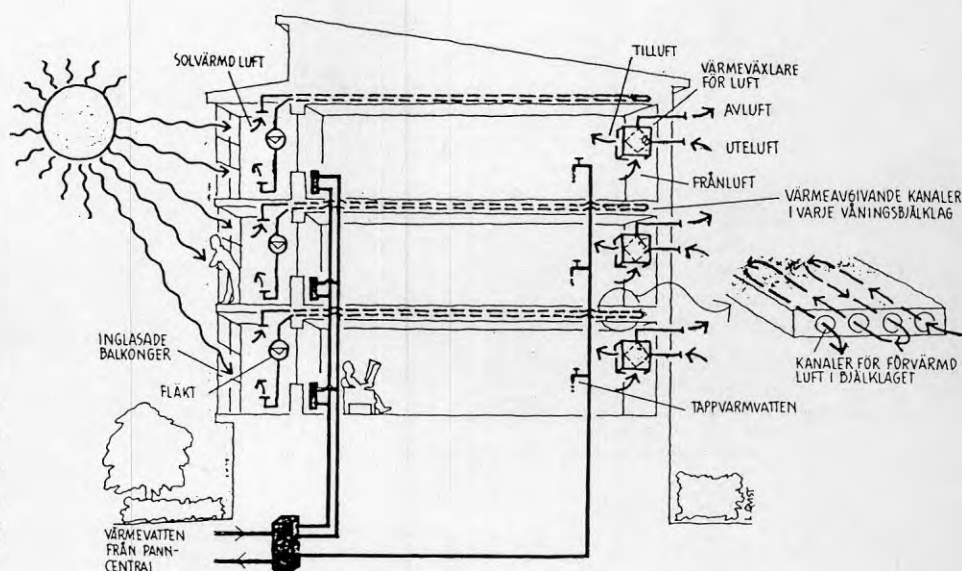
Följande är specifikt för experimenthusen

Av de 36 experimentlägenheterna har 32 södervända inglasade balkonger och hålbjälklag. Resterande 4 lägenheter saknar inglasning av balkongerna p g a ogynnsamma solförhållanden. Dessa fyra lägenheter benämns i fortsättningen "övriga hus". Den av solen uppvärmda balkongluften blåses genom ingjutna kanaler i anslutande betongbjälklag. Se Figurerna 5 och 6. Bjälklagen avses fungera som dygnslager. De är 220 mm tjocka mot normalt ca 180 mm. Kanalerna består av ingjutna spirorör med en diameter av 100 mm, kopplade i tre parallella slingor. Luften cirkuleras mellan balkong och bjälklag med hjälp av en fläkt. (Se figur 5). Det maximala luftflödet i bjälklagskanalerna är totalt 300 m³/h, lägenhet. Fläkten skall starta när balkongtemperaturen når 23°C och stanna när inloppstemperaturen till hålbjälklagen blir lägre än 20°C, eller då den understiger utloppstemperaturen från hålbjälklaget. Balkongfläktarna skall vara avstängda under sommaren (juni, juli, augusti). Inglasningen av balkongerna är utförd med 2-glas isolerrutor i aluminiumbågar. Ca 30 % av glasytan är öppningsbar för vädring sommartid. 2-glas valdes bl.a. för att minska kondens och isbildning på glasrutornas insida.

Följande delar av systemen överensstämmer i experiment- och referenshusen:

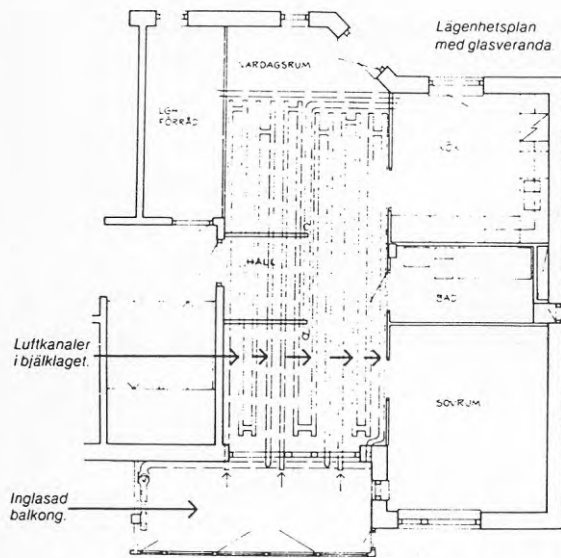
Värmesystemet

Värmen till hela bostadsområdet produceras av två elpannor och en oljepanna. En ackumulatortank fungerar som dygnslager. Under låglasttid laddas ackumulatortanken. Värmevattnet från ackumulatortanken används sedan under höglasttid.

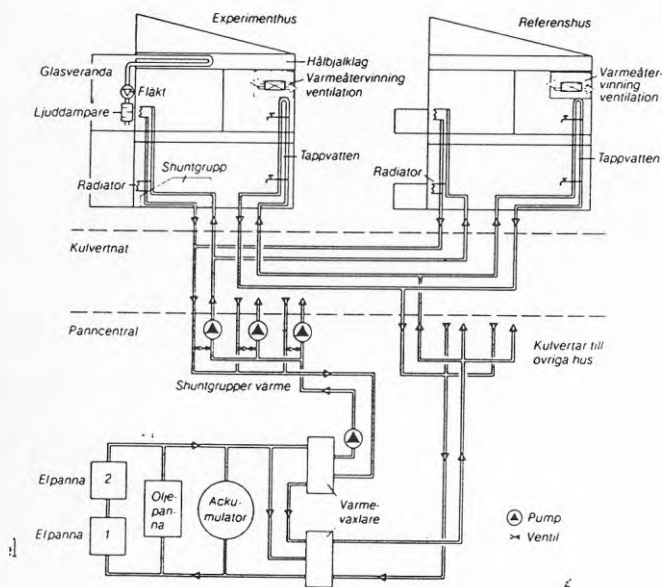


Figur 5 Experimentlägenheternas södervända glasbalkonger fungerar som solvärmemottagare. Den instrålade solenergin tillförs lägenheterna indirekt via hålbjälklag.

Härmed kan nattel levererad vid lågpristaxa utnyttjas. Detta medför en kostnadsbesparing för köpt energi även om det totala energiuttaget kvarstår. Värme från den centralt belägna panncentralen används endast för spetsvärme vintertid. Värmen till lägenheterna distribueras med ett vattenburet system. För experimentlägenheterna sker en shuntning av värmen. Framledningstemperaturen är där styrd av utomhustemperaturen. För referenshusen shuntas värmen centralt i värmecentralen. I lägenheterna regleras varje radiator med en radiatortermostatventil.



Figur 6 Den av solen uppvärmda balkongluften cirkuleras genom ingjutna kanaler i betongbjälklaget. Bjälklaget fungerar därmed som dygnslager.



Figur 7 Värmen till bostadsområdet produceras av två elpannor och en oljepanna. Under låglasttid laddas ackumulatorn vars värmevatten sedan används under höglasttid. Härmed kan billig nattel utnyttjas. Varje lägenhet är utrustad med ett ventilationsaggregat av typ balanserad till och frånluft med värmeåtervinning ur frånluften med hjälp av värmeväxlare.

Byggnadsteknik

Byggnaderna är grundlagda med platta på mark med underliggande 70-100 mm isolering av antingen mineralullsskiva (markskiva) eller extruderad styrencellplast. Isolerskiktet är kontinuerligt även under bärande innerväggar och kantbalkar. Byggnadernas stomme är bärande lättbetongväggar med betongbjälklag. Väggarna består av limmade stående putsade lättbetongelement. Yttertaket är uppstolpat från vindsbjälklaget som har 400 mm mineralullsisolering. Fönstren består av 3-glas (2 + 1) förseglade rutor.

Följande *U*-värden är beräknade utan hänsyn till köldbryggor:

Golv	0,30W/m ² K
Yttervägg	0,29"-
Vindsbjälklag	0,10"-
Fönster	1,80"-

Lufttätheten har provats i 15 lägenheter ^{a)}. Medelvärde av uppmätta luftomsättningar vid 50 Pa tryckskillnad är 0,9 oms/h. Största respektive minsta värde var 1,1 och 0,7 oms/h. Värdena uppfyller kraven i SBN 80.

Ventilationssystem

Varje lägenhet är utrustad med ett ventilationsaggregat Bahco-Minimaster. Det är placerat ovanför spiskåpan i köket. Aggregatet ger balanserad till- och frånluft med värmeåtervinning ur frånluften med hjälp av värmeväxlare. Hyresgästen kan själv ställa in luftflödet i tre steg mellan minimiflöde och forcerat flöde. Steg 2 (normal) motsvarar ca 0,5 oms/h. Steg 1 är ett sparläge som ger ca 0,2-0,3 oms/h. Steg 3 är forcering som ger ca 0,8-0,9 oms/h. Ventilationsluften eftervärms med elvärme som tillsammans med fläktdriften ingår i hyresgästens kostnad för hushållsel. Hyresgästen kan reglera eftervärmningen och på så sätt påverka tilluftstemperaturen och sin egen energiförbrukning.

^{a)} Tryckprovningssmetod SS 021551.

Area

Utseende och planlösning överensstämmer mellan experiment- och referenshusen. Det innebär också att bruksareor och lägenhetsareor är direkt jämförbara. I tabell 1 redovisas bruksarea för vardera huskategorin. Varje hus innehåller 4-8 lägenheter.

I experimenthusens bruksarea ingår inte area för de inglasade balkongerna. Balkongarean är 10 m² i både experiment och referenslägenheterna. Glasningsarea, inklusive bågar, för balkongerna är c:a 5,0x2,2 m².

Areaberäkningen syftar närmast till att bestämma uppvärmda utrymmen och har gjorts enligt svensk standard. Den area som redovisas är bruksarea, BRA.

Tabell 1. Bruksarea BRA för experiment- respektive referenshusen i kv. Skogsalmen.

BRA _{pe}	2 530 m ²
BRA _{pg+s}	335 m ²
BRA	2865 m ²

BRA_{pe} = primär enskild bruksarea (lägenheter)

BRA_{pg+s} = primär gemensam och sekundär bruksarea (trapphus resp förråd o. dyl.)

UTVÄRDERINGSMETOD

Utvärderingen baseras främst på jämförelser av köpt energi i experiment- och referenslägenheterna.

Experimentlägenheter med inglasade balkonger jämförs alltså med referenslägenheter med öppna balkonger. I övrigt är experiment- och referenslägenheterna identiska i fråga om utformning och orientering. Vid experimentuppläggningsen bedömdes antalet lägenheter (36 st.) vara tillräckligt stort för att utjämna boendevanornas inverkan på varmvatten- och hushållselförbrukningen. Även olikheter i den lägenhetsstyrda ventilationen antogs bli utjämnade.

Under projektets gång har behov av ytterligare utvärderingsstrategier tillkommit. Analysarbetet har därför kompletterats med huvudsakligen två utvärderingsmetoder. Enligt den ena metoden har data för köpt energi hanterats för att undersöka om det finns andra skillnader mellan experiment- och referenshusen än experimentåtgärderna. Enligt den andra metoden görs beräkningar av solvärmesystemets energibidrag. De mätdata som var avsedda för funktionsanalys av de inglasade balkongerna och hålbjälklagen har därvid också använts för bedömning av solenergibidraget.

MÄTNINGAR

Mätprojektet och idrifttagningen

Mätningarna har planlagts av K-Konsult i Stockholm som också svarat för genomförandet. Mätutrustningen har levererats av Mätcentralen för energiforskning, MCE, vid KTH. I ett senare skede har EHUB övertagit ansvaret för mätvärdesbearbetning och utvärdering. Avsikten med detta var att åstadkomma en utvärdering som så långt som möjligt gör det möjligt med jämförelser med de fem övriga husen inom Stockholmsprojektet.

Mätningar har pågått under två år. I denna rapport behandlas dock bara det senare mätåret (8606-8705). Detta beror på att det uppstod idrifttagningsproblem, framförallt med varmvattensystemet under den första mätperioden. Efter det första mätåret modifierades också glasbalkongernas installationer för att ge bättre styrning av balkongfläktarna. Efter klagomål från hyresgästerna försågs samtliga balkongfläktar då med särskild ljudisolering.

Mätningarnas omfattning

För utvärdering av energanvändningen från balkongsystemet mäts fyra energiposter i experimenthusen och referenshusen som tillsammans utgör mängden köpt energi. Dessa är poster är:

- * Radiatorvärme
- * Tappvarmvattenenergi
- * Varmvattencirkulation (vvc)
- * Hushållsel

Fastighetsel ingår inte i mätningarna. Det innebär att el till hissar, belysning utanför lägenheterna, balkongfläktar i experimentlägenheterna, pumpar och annan utrustning i panncentralen, pumpar till shuntgrupper o. dyl. inte ingår. I hushållselen ingår dock el till de lägenhetsvisa ventilationsaggregaten samt till elbatterierna för eftervärmning av ventilationsluften. I de övriga husen i området har endast värmeförbrukningen mätts.

För utvärdering av tillförlitlighet och prestanda hos balkongsystemet har följande särskilda mätningar gjorts i nio lägenheter :

- * Lufttemperatur i balkongerna.
- * Bjälklagens temperatur samt in- och utblåsningstemperatur i luften i hålbjälklagskanalerna.
- * Balkongfläktarnas drifttid.

Inför jämförelserna mellan husen har även följande mätdata insamlats:

- * Väderdata (utomhustemperatur, solstrålning och vindhastighet).
- * Temperatur i hallutrymme i samtliga experiment- och referenslägenheter.
- * Värmecentralens levererade värme.
- * Ventilationsaggregatens luftflöden och lufttemperaturer.
Se vidare under "kommentarer till ventilationsmätningarna".

Hushållsel mäts husvis (4-8 lägenheter). De övriga ingående posterna i *köpt energi* : radiatorvärme, tappvarmvatten och vvc, mäts per huspar (8-16 lägenheter).

I ett av husen med experimentlägenheter (huspar 11 och 12) är fyra lägenheter skuggade av andra huskroppar och deras balkonger är därför inte inglasade. De räknas ändå in i kategorin experimentlägenheter eftersom deras förbrukning av köpt energi inte har kunnat skiljas från de övriga experimentlägenheterna. Vid energiutvärderingen tas särskild hänsyn till detta. I avsnitt *Faktorer som påverkar skillnader i energiförbrukning mellan experimenten och referenserna* redogörs för dessa hänsyn.

Mätapparatur och mätnoggrannhet

De viktigaste delarna i Skogsalmens mätsystem är: mätstation, kablar, givare och, i vissa fall, signalomvandlare.

- 1) *Mätstationen* består av följande huvuddelar:
 - Styrdator av typ HP-86.
 - Pulsräknare tillverkade av MCE.
 - Scanner (mätpunktsväljare) av fabrikat Solartron,
 - Schlumberger. Multimeter (Voltmeter) av typ HP3456.
- 2) *Kablarna* förbinder mätstationen med undercentraler varifrån ledningar går till de olika givarna. Kablarna är helt separerade från övrigt kablage.
- 3) *Givarna* mäter: temperatur, vätskeflöden, elektrisk energi, luftflöden, solinstrålning, balkongfläktarnas starter och drifttid.

Temperaturer mäts uteslutande med resistansgivare av typ PT100. Onoggrannheten är $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Vätskeflöden mäts med flödesmätare av vinghjuls- resp. Woltmantyp. Onoggrannheten är $\pm 2\%$ vid normflöde.

Elenergi mäts med konventionella elmätare. Onoggrannheten är mindre än 2% .

Luftflöden i ventilationsaggregaten mäts med differenstryckgivare av fabrikat Micatrone MG 1000. Givarna är placerade på ömse sidor om luftfiltren i ventilationsaggregatet. Med rätt

justerad utrustning har mätningen en onoggrannhet bättre än 1 % av fullt utslag. I fallet Skogsalmen var fullt utslag 100 Pa. Onoggrannheten var alltså 1 Pa. Ett ganska vanligt förekommande mätvärde var 30 Pa, d.v.s. den relativa onoggrannheten torde understiga $\pm 3 \%$.

Solinstrålningen mäts med solarimeter av termisk typ, fabrikt Kipp & Zonen. Onoggrannheten är c:a 5 %.

Balkongfläktarnas drifttid mäts med pulsräknare vars frekvens är 1 Hz. Även antalet starter för balkongfläktarna mäts med pulsräknaren. Onoggrannheten för dessa två mätstorheter är mycket låg.

Total mätonoggrannhet för respektive energistorhet.

Förutom en givares mätonoggrannhet tillkommer följande mätfel:

- * Fel som beror på hur givaren är placerad på mätplatsen.
- * Onoggrannheter i mätstationen.
- * Onoggrannheter i beräkningen av energistorheten som beror på hur komplex beräkningsalgoritmen är, t.ex. hur många och hur stora temperaturdifferenser som ingår.
- * Fel (beträffande tappvarmvattenenergin) som beror på att mätning av varmvattentemperaturen inte sker kontinuerligt utan var femte minut. Man får därmed inte veta varmvattentemperaturen exakt då varmvatten tappas utan måste förlita sig på tidsmedelvärden.

När alla onoggrannheter sammanräknats fås följande värden för onoggrannhet för respektive energistorhet:

Radiatorenergi	5 %
Tappvarmvattenenergi	10 %
vvc-energi	10 %
Hushållsel	2 %
Ventilationsenergi	ca 50 %

Den genomsnittliga onoggrannheten för den totala köpta energin är c:a 5 %. Detta värde har erhållits genom multiplikation av onoggrannheten för varje post av köpt energi med dess andel av den totala köpta energin. Därefter har de viktade värdena på ingående energiposters onoggrannhet summerats.

Vid mätningar av det slag som redovisas här ovan uppstår i allmänhet fel och störningar som medför att vissa mätvärden saknas. Innan analys görs måste mätdata därför kompletteras vid en s.k. efterbehandling. Detta sker huvudsakligen genom interpolering av dygnsvärden. Dels har saknade data utfyllts med omkringliggande värden, dels har uppenbart orimliga data ersatts med rimligare värden. Denna mätdatabehandling är utförligt dokumenterad i bilaga 2 *Efterbehandling av mätdata*.

Kommentar till ventilationsmätningarna

Vid projektets uppläggning var hypotesen att skillnader i ventilationsförluster p g a individuellt reglerade ventilationsaggregat skulle utjämnas genom att antalet lägenheter var så stort. För kontroll av ventilationsaggregatens funktion bedömdes dock mätning i två av 36 lägenheter i vardera huskategorin (experiment- och referenshus) vara av intresse.

Verkligheten har visat att det är alltför osäkert att uppskatta den styrda lägenhetsvisa ventilationens storlek för samtliga lägenheter utifrån endast dessa två lägenheter.

Luftflödena bestämdes genom mätning av tryckfallet över filterna vid värmeväxlaren. När filterna successivt sätts igen ökar tryckfallet och därmed även mätvärdet för flödet.

Det verkliga luftflödet minskar när filterna sätts igen. I samband med filterbyte efter c:a ett års drift iaktogs att mätvärdet på luftflödet sjönk med c:a 30 %. När nya filter sattes in borde i verkligheten luftflödet ha stigit. Mätmetoden är således förhållandevis osäker; felet uppgår uppskattningsvis till c:a 50 %. Med utgångspunkt i de erfarenheter som kommit fram i bl.a. detta projekt kan påstås att mätmetoden är olämplig.

RESULTAT AV MÄTNINGAR OCH ANALYSER

I detta avsnitt redovisas uppmätt energiförbrukning och i kortfattad form de centrala resultaten av utvärderingen.

Uppmätt energiförbrukning

Avsnittet redovisar direkt uppmätta energimängder för perioden 8606-8705, och normalårskorrigerade data för samma period. Normalårskorrigeringen beskrivs i appendix D, *Normalårskorrigerade energidata för perioden juni 1986 - maj 1987*. I bilaga 4, *Driftdata för solbalkongsystemet*, redovisas förbrukningstal månadsvis, årsvis, per hus och huspar som bruttovärden samt som areaspecifika värden.

I Tabell 2 och Figur 8 jämförs de två huskategorierna i kv. Skogsalmen.

Tabell 2. Uppmätta ytspecifika värden ($kWh/m^2(BRA),\text{år}$) för köpt energi för byggnaderna i kv. Skogsalmen. Normalårskorrigerade värden redovisas inom parentes.

	Experimenthus	Referenshus
Radiatorvärme	75,2 (66,6)	89,0 (78,8)
Tappvarmvatten	37,1	30,7
vvc	18,3	15,6
Hushållsel ¹⁾	33,8	28,8
Total köpt energi	164,4(155,8)	164,1 (153,9)

¹⁾ I hushållsel inkluderas el till ventilationsaggregatens fläktar (Minimaster) och el till eftervärmare.

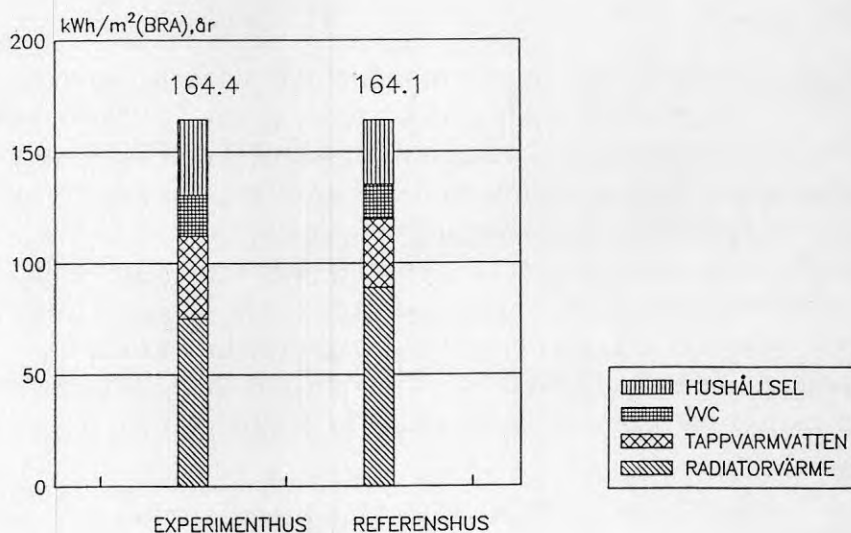
Den totala mängden köpt energi var lika stor i experimenthusen och referenshusen, c:a $164 kWh/m^2(BRA),\text{år}$. Detta innebär att man inte har något stöd för den uppställda hypotesen, att solvärmern skulle ge ett tillskott på ca $6 kWh/m^2(BRA),\text{år}$. Även efter normalårskorrigerering av värdena så är differensen i energiförbrukning mellan experiment- och referenshus mycket liten. Någon energibesparing från de inglasade balkongerna har alltså inte kunnat påvisas.

Med facit i hand kan man dock ifrågasätta om experimentet lades upp så att hypotesen verkligen kunde prövas. Skillnaden i energiförbrukning till radiatorerna uppgick t.ex. till $14 kWh/m^2(BRA),\text{år}$ samtidigt som all övrig energiförbrukning (hushållsel, vvc och tappvarmvatten) var $14 kWh/m^2(BRA),\text{år}$ högre i experimenthusen.

Ett exempel på att hypotesen verkligen kunde prövas är problemet med att hantera skillnaderna mellan å ena sidan

radiatorvärmeförbrukning och å andra sidan övrig förbrukning (hushållsel, vvc och tappvarmvatten) i experimenthusen och referenshusen. Den totala mängden köpt energi är, i det närmaste, densamma i båda huskategorierna medan skillnaderna är påtagliga (14 kWh/m² BRA, år) om man ser till förbrukningslag. Tänkbara orsaker till skillnaderna diskuteras på följande sidor. Signifikanta skillnader kan dock inte påvisas.

Figur 8 Köpt energi i kv Skogsalmen under perioden 8605-8705. Ej normalårskorrigerade värden.
OBS! Fastighetsel är ej inräknad.



Det finns flera faktorer som kan ge störningar eller osäkerheter i resultaten. På följande sidor i kapitel 6 redovisas sammanfattningar av en analys baserad på ett flertal antaganden. Analyserna redovisas utförligare i appendix A,B,E,F och G. Avsnittet *Jämförelser av simuleringsberäkning och utifrån mätningar uppskattad energivinst från solvärmesystemet* innehåller en fullständig analys och motsvarar alltså inte något appendix.

Faktorer som påverkar skillnader i energiförbrukningen mellan experiment- och referenshus

- 1) Skillnaden i energiförbrukning för radiatorvärme (14 kWh/m²BRA,år) mellan experiment- och referenshusen kan inte uteslutas bero på skillnader i energiomsättning för styrd ventilation.
- 2) Inomhustemperaturen har i genomsnitt varit densamma i experiment- och referenshusen under uppvärmningssäsongen. Den kan därför inte förklara skillnaden i energiförbrukning för radiatorvärme.
- 3) Den stora skillnaden i förbrukning (14 kWh/m² BRA,år) för hushållsel och varmvatten mellan experiment- och referenshus kan inte konstateras bero enbart på glasbalkongsystemet. Däremot kan antalet lägenheter ha varit för litet för att utjämna individuella skillnader i förbrukning av hushållsel och varmvatten. Av Tabell 3 framgår t.ex. att spridningen i varmvatten- och hushållselförbrukning mellan grupperna av

lägenheter är avsevärd. Förutom på boendevanor kan skillnaden bero på mätfel och tekniska fel i varmvattensystemet. Det sistnämnda är speciellt troligt när det gäller huspar 54-55 som uppvisar mycket låg varmvattenförbrukning. Det är värt att notera att det inte går att den inbördeuppskatta betydelsen av dessa förhållanden för den totala skillnaden i energiförbrukning.

- 4) Alla sammanräknade mätfel för köpt energi utgör c:a 5 % av mätvärdet.
- 5) I två experimenthus ingår som redan nämnts fyra lägenheter som är skuggade av andra huskroppar. Dessa har därför inte inglasade balkonger utan motsvarar tekniskt sett lägenheterna i referenshusen. Eftersom de ej har mätts separat görs en korrektion. Från dessa fyra lägenheter subtraheras 6 kWh/m²BRA, år vilket motsvarar den energibesparing som enligt simuleringsberäkningar skulle uppstå i varje lägenhet med glasbalkong. Den på detta sätt korrigerade totala förbrukningen i resterande antal experimentlägenheter (32 st) blir praktiskt taget oförändrad; 164 kWh/m²(BRA),år.

Tabell 3. Ytspecifika värden (kWh/m²(BRA),år för köpt energi (per huspar).

	Huspar	Antal lgh	Radvärme	HH el	vvc	TappVV	Tot.köpt energi
Exp	4,5	8	74,6	32,0	19,5	24,8	150,9
	11,12	16	79,2	31,6	15,8	36,0	162,6
	20,21	12	70,4	38,1	20,7	46,8	175,9
Ref	26,27	16	87,2	26,9	18,2	41,8	174,1
	33,34	8	87,5	31,2	21,4	28,4	168,4
	54,55	12	92,3	30,0	8,1	17,4	147,8

Variationsbredd

kWh/m ²	19,9	11,2	12,6	29,4	28,1
% av medel	24,3	35,4	72,9	90,4	17,2

Komplettering av utvärderingen; uppskattning av solvärmsystemets energibidrag

Som en fortsättning av de fem punkterna i avsnitt *Faktorer som påverkar skillnader i energiförbrukningen mellan experiment- och referenshus* kompletteras analysen med följande antaganden:

- Den uppmätta energin studeras för att undersöka om det finns andra skillnader än experimentåtgärderna som kan påverka resultatet. Därvid bortses från ventilationsenergins betydelse. I appendix B, *Hantering av mätdata för att förklara skillnader i energiförbrukning*, redovisas hur detta görs genom bearbetning av mätdata på olika sätt.

- Sommarmånadernas förbrukning sätts lika för de båda huskategorierna samtidigt som hushållsel och varmvattenförbrukning reduceras till så mycket som schablonmässigt antas komma husen tillgodo som nyttig värme.
- Det referenshus som hade speciellt låg varmvattenförbrukning frånräknas.

Med dessa sätt att hantera mätdata visar sig experimenthusen ha 11-21 kWh/m²(BRA),år dvs 6-13 % lägre förbrukning av total mängd köpt energi. Dessa ganska små skillnader kan ligga inom mätningarnas felmarginal. Inverkan av eventuella skillnader i styrd ventilation har inte heller tagits med i analysen. Man kan därför inte entydigt dra slutsatsen att experimenthusen använder mindre energi än referenshusen.

Ett annat antagande i utvärderingen går ut på att jämföra summan av glasbalkongernas energibidrag med den totala mängden uppmätt köpta energi samt med skillnaden i värmeförbrukning för radiatorerna mellan de två huskategorierna. En fördel med denna analys är att glasbalkongsystemets olika energibidrag är oberoende av de faktorer som diskuterats i punkterna 1) - 3) i föregående avsnitt. Eftersom dessa energibidrag är mycket små jämförda med mängden köpt energi spelar det i praktiken liten roll att det man jämför med har låg noggrannhet eller innehåller osäkerhetsfaktorer. Resultatet av detta antagande, som redovisas i appendix G *Solvärmesystemets olika energibidrag jämförda med skillnader i radiatorförbrukning mellan experiment- och referenshus*, är att experimenthusens totala solvärmesystem (glasbalkonger + hålbjälklag) kan uppskattas ge ett energibidrag på ca 22 kWh/m²(BRA),år. Detta motsvarar ca 15 % av den köpta energin. Det motsvarar också skillnaden i radiatorvärmeförbrukningen mellan experiment- och referenshusen. Man kan dock givetvis inte dra slutsatsen att detta energibidrag är direkt orsak till en lika stor minskning av radiatorförbrukning i experimenthusen. Skillnader i radiatorförbrukning mellan de två huskategorierna kan ju också delvis bero på skillnader i ventilation.

I appendix G redovisas också andra resultat från analysen av solvärmesystemets olika energibidrag:

- Delposten transmissionsminskning av rumsvärme, som är oberoende av solinstrålningen, svarar för knappt hälften (9 kWh/m²(BRA), år) av de uppskattade totala energibidragen från de inglasade balkongerna.
- Bufferteffekten i en glasbalkong beror på den solvärme som varken kunnat styras till hålbjälklaget eller kunnat ge transmissionsvärmeflöde till lägenheten, (eftersom balkongluften måste bli mer än rumsvarm för att transmission till lägenheten skall kunna ske). Detta bidrag, som minskar de normala transmissionsförlusterna, utgör knappt hälften (5 kWh/m² (BRA),år) av solenergitillskottet.

- Omvänt transmissionsflöde är det värmefflöde man får när balkongtemperaturen är högre än inomhustemperaturen. Då transporteras värmeflödet från balkongen in till lägenheten.
- Solvärmeflödet via bjälklag utgör en liten del av det totala energibidraget från solvärmesystemet, endast 2,1 kWh/m²(BRA),år (ca 10-15 % av det uppskattade solvärmeflödet).

Slutsatser

Hålbjälklagssystemet tycks alltså vara omotiverat med hänsyn till energibesparingen. Det bidrar med sina ca 2 kWh/m² (BRA),år (normalårskorrigerat) bara med drygt 1 % av den köpta energin.

Om hålbjälklagssystemet utesluts men inglasning av balkongerna bibehålles skulle ändå 90 % (ca 20 kWh/m²(BRA),år) av de uppskattade energibidragen från inglasningen bibehållas. Vill man ha glasbalkonger är det inte meningsfullt att komplettera dem med ett hålbjälklagssystem av det slag som provats i Skogsalmen.

Knappt hälften av energibidraget från de inglasade balkongerna beror på den extra värmeisolering som balkongfasaderna utgör. Denna del är oberoende av solinstrålningen och om det är en låg energiförbrukning som man primärt vill uppnå ställer det sig troligen billigare och enklare att, istället för att glasa balkongen, förse husen med fönster och ytterväggar med bättre värmeisolering.

Om antagandena i appendix G accepteras kan de inglasade balkongerna antas ge en energibesparing på 22 kWh/m²(BRA), år. Det motsvarar den energibesparing som erhålls med antaganden om mätdatabehandling som redovisas i början på detta avsnitt. Det är alltså inte möjligt att påvisa någon skillnad i energiförbrukning mellan experiment- och referenshusen utan att komplettera mätdata med sådana antaganden.

Ytterligare synpunkter på solvärmesystemet ges i appendix F.

Solstrålningens inverkan på radiatorförbrukningen

En följd av huvudhypotesen är att radiatorvärmeförbrukningen under soliga perioder bör sjunka mer i experimenthusen än i referenshusen. I appendix F, *Solinstrålningens inverkan på radiatorförbrukningen*, jämförs därför radiatorvärmeförbrukningen under molniga och soliga perioder. De analyserade mätvärdena har gett följande huvudresultat:

- 1) Vid övergång från molnig till solig period får experimenthusen en större höjning av inomhustemperaturen.
- 2) Ett värmeregleringssystem som reagerar snabbare skulle sannolikt låta mer av det extra soltillskottet komma byggnaden tillgodo.

Jämförelser av simuleringsberäkning och utifrån mätningar uppskattad energibesparing från solvärmesystemet

I detta avsnitt granskas, enligt samma principer som då BRIS-simuleringarna genomfördes under projekteringstiden, de andelar av värmebalansen som kan härledas till mängden uppmätt energi. Därvid antas att delar av värmebalansen som inte kan baseras på mätningar, t.ex. solinstrålning genom fönster och personvärme, är lika i båda huskategorierna. Vidare utsluts vvc-energin i studien eftersom man i simuleringsberäkningarna inte har skiljt den från den antagna totala varmvattenförbrukningen. Den beräknade skillnaden mellan experiment- och referenshus jämförs med den energivinst för experimenthusen som BRIS-simuleringarna förutsäger.

Anmärkning

Om man vill betrakta vvc-energin som ingående i simuleringsberäkningarna och som dold i radiatorenergin kan man anta att 75 % av den uppmätta vvc-energin motsvarar radiatorvärmeförbrukning. Detta medför att ytterligare 10,3 respektive 8,8 kWh/m²(BRA),år för experiment- och referenshusen adderas till nedanstående fall 2 och 3.

Enligt BRIS-simuleringarna antas 75 % av hushållselen komma huset tillgodo som nyttig värme i båda huskategorierna. Eftersom ventilationsaggregatens eftervärmare drivs med hushållsel kan dock denna andel väntas vara något större än 75 %. Hur mycket större är dock oklart eftersom hushållselen till ventilationsaggregaten inte har mätts separat. Två olika grader av tillgodogörande som nyttig värme prövas. Enligt simuleringsberäkningarna skulle experiment- och referenshusen ha ett radiatorvärmebehov på 28 respektive 34 kWh/m²(BRA),år. Solvärmesystemet i experimenthusen skulle alltså svara för mellanskillnaden dvs: 6 kWh/m²(BRA),år.

Tre fall för beräkningar av energibesparing från solvärmesystemet ställs upp. Tillhörande data redovisas i Tabell 4.

- 1) Det enligt BRIS beräknade radiatorvärmebehovet, samt 75% av den antagna hushållselförbrukningen, jämförs för experiment- och referenshusen.
- 2) Uppmätt total energiförbrukning under uppvärmningssäsongen exklusive varmvattenförbrukning redovisas. Uppmätt hushållsel antas tillgodogöras till 100 % under uppvärmningssäsongen.
- 3) Som 2), men bara 75 % av hushållselen anses tillgodogöras i värmebalansen.

Tabell 4. Radiatorvärmeförbrukning och nyttiggjord hushållsel för uppvärmning enligt BRIS-simuleringar. Detta jämförs med uppmätta värden på radiator- och hushållselförbrukning behandlade på motsvarande sätt som i BRIS-simuleringarna. De olika fallen beskrivs i punkterna 1)-3) ovan. Värden inom parentes är radiator- respektive hushållselförbrukning. Data är inte normalårskorrigerade.

	Exp.hus kWh/m ²	Ref.hus kWh/m ²	Differens kWh/m ²	Differens %
1) Simuleringsberäknat	48	54 (28+20)	6 (34+20)	11
2) Uppskattat utifrån mätdata	98	110 (71+27)	12 (87+23)	12
3) Uppskattat utifrån mätdata	91	104 (71+20)	13 (87+17)	12

En slutsats är att om det skulle finnas väsentliga skillnader mellan de två huskategorierna beträffande hushållsel till ventilationssystemet, motsvarar detta sannolikt värden mellan fallen 2) och 3) ovan.

Resultatet av denna analys innebär en viss minskning av värmebehovet (från både radiatorer och hushållsel) i experimenthusen. Minskningen blev omkring dubbelt så stor som BRIS-beräkningarna redovisade. (Se tredje kolumnen i tabell 4.)

Ser man till relativa skillnaden i energiförbrukning mellan experimenthus och referens, blev den i stort sett lika stor i simuleringsberäkningarna som i verkligheten. (Se fjärde kolumnen i tabell 4.) Detta beror på att simuleringsberäkningarna räknat med väsentligt lägre radiatorvärmeförbrukning än den uppmätta (se första och andra kolumnerna i Tabell 4).

Orsaker till skillnader mellan uppmätt och beräknad energiförbrukning

I avsnitt 6.5 och appendix E, *Tänkbara orsaker till skillnader mellan beräknad och uppmätt energiförbrukning*, visas att radiatorförbrukningen i båda huskategorierna blivit avsevärt större än vad som beräknats med simuleringsprogrammet BRIS.

Tabell 5. Jämförelser mellan beräknad och uppmätt energiförbrukning. Ej normalårskorrigerade värden. (normalårskorrigerade värden inom parentes)

	Beräknad förbrukning BRIS $kWh/m^2(BRA),\text{år}$	Uppmätt förbrukning 8606-8705. $kWh/m^2(BRA),\text{år}$
EXPERIMENTHUS		
Radiatorvärme	28 (29,2) ¹⁾	75,2 (66,5) ²⁾
Varmvatten	49	55,4 ³⁾
Hushållsel	36	33,8
Summa	113 (114,2)	164,4 (155,7)
REFERENSHUS		
Radiatorvärme	34 (35,5) ⁴⁾	89,0 (78,8) ⁵⁾
Varmvatten	49	46,3
Hushållsel	36	28,8
Summa	119 (120,5)	164,1 (153,9)

1) Beräknad som : $28 \times \text{GrD (Norm)}/\text{Grd (1971)}$

2) Beräknad som $75,2 \times \text{GrD (Norm)}/\text{Grd (8606-8705)}$

3) Analogt med 1)

4) Varmvatten inkl. vvc-förluster

5) Analogt med 2)

I *simuleringsfallet* kan hushållselen anses innefatta el till ventilationsaggregatens fläktar medan el till deras eftervärmare ingår i radiatorvärmeposten. I *simuleringsfallet* har ingen vvc-energi beräknats separat. Endast en total post för varmvattenförbrukning har antagits.

I *fallet uppmätt förbrukning* ingår el till ventilationsaggregatens fläktar och eftervärmare i hushållselen. I detta fall anses dessutom vvc-energin till viss del komma byggnaden till godo.

Granskning av simuleringsberäkningarnas förutsättningar visar viktiga skillnader gentemot de verkliga mätobjekten.

- a) Simuleringsprogrammet BRIS har i detta fall endast betraktat en "mittlägenhet" i både höjd och sidled och alltså med mindre ytterväggsarea än genomsnittslägenheten. Lägenheten har på så sätt givits ett alltför gynnsamt UA-värde, dvs lägre transmissionsförluster än genomsnittet. Ökningen av transmissionsförlusterna med hänsyn till den simulerade lägenhetens placering, har beräknats till 28 respektive 23 $kWh/m^2(BRA),\text{år}$ för experiment- och referenshusen.

- b) Simuleringsberäkningarna har utförts med väderdata från typåret 1971 som var varmare än den mätta uppvärmnings-säsongen.
- c) Inomhustemperaturen har i simuleringsberäkningarna antagits till 20°C, medan det verkliga värdet varit 21-22°C.

Den sammanlagda ökningen av värmeförlusterna p.g.a. b) och c) uppskattas till 31 respektive 29 kWh/m² (BRA), år för experiment- och referenshusen.

Om den simulerade radiatorvärmeförbrukningen korrigeras enligt a) - c) hamnar den nära de uppmätta värdena. Det kan inte uteslutas att även andra orsaker kan bidra till att förklara skillnaden mellan beräknad och uppmätt energiförbrukning.

Exempel på detta är:

- * Sämre värmeisolering än beräknat
- * Köldbryggor
- * Större mängd energi till ofrivillig ventilation än beräknat
- * Dåligt fungerande ventilationssystem
- * Vädring av balkong
- * Osäkerheter i ventilationsmätningar och ventilationsförluster

Resultaten av jämförelsen mellan simulerad och uppmätt energiförbrukning visar att det är synnerligen viktigt att använda korrekta beräkningsförutsättningar då simuleringsberäkningar utförs.

OBSERVATIONER I SAMMANDRAG

Följande förteckning är en sammanfattning av allmänna erfarenheter och observationer i samband med utvärderingsarbetet.

Solvärmesystemets inverkan på radiatorvärmeförbrukningen

- 1 Experimenthusen har, vid *låg* solintensitet, lägre inomhus-temperatur än referenshusen (trots relativt hög utetemperatur, dvs ej kall vinterperiod).
- 2 Experimenthusen har, vid *hög* solintensitet, högre inomhus-temperatur än referenshusen (trots låg utetemperatur, dvs ej kall vinterperiod).
- 3 Experimenthusen har i genomsnitt lägre radiatorvärmeförbrukning än referenshusen. (Dock gällde motsatsen under sommaren 1986.)
- 4 Då solinstrålningen ökar, stiger radiatorvärmeförbrukningen kraftigare i experimenthusen än i referenshusen. Termostaten på varje radiator påverkas av solinstrålningen i rummet. Referenshusen får mer direkt solstrålning in genom fönstren.
- 5 Under molniga perioder, både natt och dag, har experimenthusen lägre radiatorvärmeförbrukning än referenshusen. Ingen av huskategorierna visar någon märkbar skillnad mellan natt- och dagförbrukningen. Solbalkongen utgör en buffert i söderfasaden.
- 6 Dagtid, under molniga dagar, är radiatorvärmeförbrukningen betydligt lägre i experimenthusen än i referenshusen. Regressionskurvan för förbrukningen visar samma beroende av utomhustemperaturen i båda huskategorierna.
- 7 Under soliga perioder kräver experimenthusen mindre värme till radiatorerna än referenshusen. För bägge huskategorierna gäller dels att de har lägre radiatorvärmeförbrukning än under molniga perioder, dels att regressionskurvan för denna förbrukning har ungefär samma lutning.

Drifterfarenheter av balkongfläktarnas funktion

- 1 De allra flesta fläktstarter sker under dagtid, mellan kl. 8 och 14. Det har dock hänt att fläktar har startat vid andra tillfällen. Orsaken till detta är att en termostat satt felplacerad.
- 2 Lufttemperaturen på balkongerna var vid fläktstarterna 25-33°C.

- 3 Inloppstemperaturen till bjälklagskanalerna har vid fläktstarterna varit 22-26°C.
- 4 Under de dagar då balkongfläktarna varit i drift var deras drifttid per dygn i medeltal 7-10 timmar.
- 5 Balkongtemperaturen har ofta överskridit 23°C utan att balkongfläktarna startat. Detta inträffade främst under morgontimmarna. Den tid som förflöt från det att balkongtemperaturen översteg 23°C till fläktstarten var högst en timme.
- 6 Balkongtemperaturen var vid ett fåtal tillfällen lägre än inloppstemperaturen till hålbjälklagen. Detta inträffade huvudsakligen under sen eftermiddag och tidig kväll.
- 7 Om balkongfläktarna varit i permanent drift när lufttemperaturen på balkongerna överskred 23°C så beräknas den inlagrade bjälklagsvärmen ha blivit 10-15 % högre.
- 8 Om balkongfläktarna alltid hade varit i drift när inloppstemperaturer i bjälklagen låg över 23°C, beräknas den inlagrade bjälklagsvärmen ha blivit ca 10 % högre (alltså något lägre än i föregående fallet).
- 9 Oavsiktlig nedkylning i stället för uppvärmning i hålbjälklagen har förekommit. Detta motsvarade sammanlagt ca 20 % (0.5 kWh/m² (BRA),år) av den värme som totalt inlagrats. Under 20-40 % av de timmar då fläktarna varit igång har oavsiktlig nedkylning skett. Nedkylningen har främst skett under sen eftermiddag och kväll (minst på förmiddagen). Månaderna september, oktober, november, februari, mars och april utgjorde den oavsiktliga nedkylningen 10-20 % av den inlagrade värmen, medan under maj och juni motsvarande tal var ca 30 % resp. ca 55 %. Under december och januari var fläkten ej i drift p g a för låg solinstrålning för att systemet skulle aktiveras. Under december och januari var balkongtemperaturen alltid för låg för att fläktarna över huvud taget skulle starta.
- 10 Variationer av inloppstemperaturen till hålbjälklagen i förhållande till balkongtemperaturen förefaller ske med en ogynnsam tidsförskjutning så att varm balkongluft ej tas till vara på morgonen och kall balkongluft tas in under sen eftermiddag och tidig kväll.

Erfarenheter av bjälklagens termiska egenskaper

- 1 Enligt en grov uppskattning är den energi som lagrats in i bjälklagen lika stor som den som urladdats från bjälklagen till lägenheterna. Värmen har inte förlorats ut till balkongen nattetid.
- 2 I det bjälklag som värms via ingjutna luftkanaler uppnås maxtemperaturen ca 4 timmar efter fläktstarten.

- 3 Under de närmaste timmen efter fläktstarten stiger temperaturen i det uppvärmda bjälklaget markant snabbare än i det som saknar bjälklagskanaler.
- 4 Maxtemperaturen för det ouppvärmda bjälklaget nås 1-3 timmar senare än i det uppvärmda, dvs 5-7 timmar efter fläktstart.

Solvärmesystemets energibidrag på årsbasis

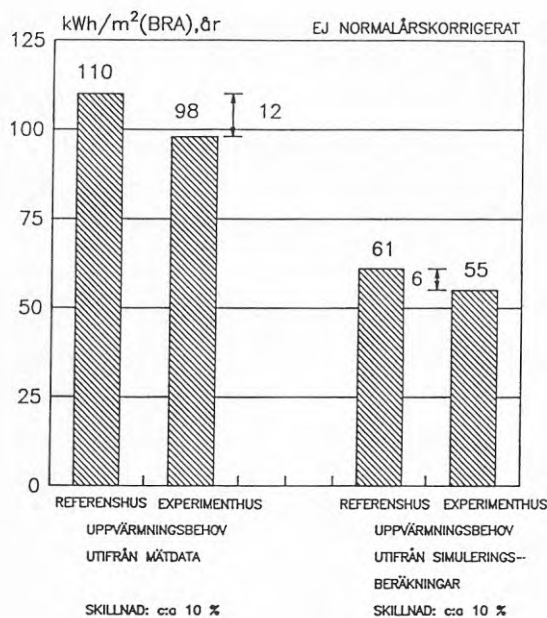
- 1 Mängden köpt energi är lika stor i experiment- och referenshusen (165 kWh/m²(BRA),år). Fastighetsel är ej inräknad. I experimenthusen svarar radiatorvärmeförbrukningen för 45 % (75 kWh/m²(BRA),år) och i referenshusen 55 % (90 kWh/m²(BRA), år). Experimenthusen har alltså lägre radiatorvärmeförbrukning men högre förbrukning av hushållsel och varmvattenenergi.
- 2 Totalt solbidrag från glasbalkong beräknas med utgångspunkt i ett flertal antaganden uppgå till c:a 12 kWh/m²(BRA), år. Det motsvarar c:a 85 % av referenshusens merförbrukning av radiatorvärme. Det motsvarar vidare c:a 7 % av totala mängden köpt energi. Solvärmebidrag har främst förekommit under månaderna mars, april, maj och september. Under februari och oktober samt under sommarmånaderna har vissa mindre solvärmebidrag tillkommit.
- 3 Solvärmeförbrukningen till hålbjälklagen utgör c:a 17 % (2,1 kWh/m²(BRA),år) av summan av de rena solvärmebidragen. Denna bjälklagsvärme motsvarar i sin tur c:a 15 % av referenshusens merförbrukning av radiatorvärme. Inlagringen har främst skett under månaderna mars, april, maj och september.
- 4 Balkongfläktarnas elförbrukning för inlagring av solvärme i bjälklagen var drygt 1 kWh/m²(BRA),år. Detta motsvarar c:a 50 % av bjälklagens solvärmebidrag.
- 5 Glasbalkongens bufferteffekt p.g.a. solenergieffekt (dvs den del av det totala solbidraget som stannar kvar på balkongen) motsvarar c:a 60 % (5 kWh/m²(BRA),år) av totalt solbidrag.
- 6 I experiment- och referenshusen är den totala differensen från värmeförbrukningsförluster p.g.a. inlagringen av samma storleksordning som referenshusens merförbrukning av radiatorvärme, ca 14 kWh/m²(BRA),år. Denna lägre värmeförbrukningsförlust för experimenthusen beror på förstärkt klimatskärm (ca 60 %). Solvärmebuffert och fläktel motsvarar ca 33 % resp. ca 7 % av experimenthusens minskade värmeförbrukningsförluster.

DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Den köpta energin var enligt mätningarna lika stor, 164 kWh/m² (BRA),år, i experimenthusen och i referenshusen. Radiatorvärmeförbrukningen var dock ca 14 kWh/m²(BRA),år lägre i experimenthusen. Följaktligen hade dessa ca 14 kWh/m²(BRA),år högre uttag för övrig köpt energi (hushållsel och varmvatten).

I avsnitten 6 och i appendix A, *Faktorer som påverkar skillnader i energiförbrukning mellan experiment- och referenshus*, diskuteras olika tänkbara orsaker till varför energiuttaget i experimenthusen inte varit lägre än i referenshusen. Total energiförbrukning under sommarmånaderna juni, juli och augusti och energiförbrukning för tappvarmvatten under hela året var högre i experimenthusen än i referenshusen. Dessa skillnader är av underordnad betydelse från värmebalanssynpunkt under eldningssäsongen och torde inte rimligen kunna bero på experimenthusens solvärmesystem. Det har därför ansetts rimligt att i en jämförelse av mätdata sätta energiuttaget under sommaren lika för de bägge huskategorierna. Dessutom har hushållsel och vvc-energi reducerats genom att 75 % av energin ansetts komma husen tillgodo som värme. Med sådana antaganden får experimenthusen en lägre förbrukning av köpt energi för uppvärmning på, vilket innebär en besparing på 6 - 13 % (11 - 21 kWh/m²(BRA),år). Det är dock inte uteslutet att en sådan skillnad ligger inom mätningarnas felmarginal.

I avsnitt 6 och i appendix G, *Solvärmesystemets olika energibidrag jämförda med skillnader i radiatorvärmeförbrukning mellan experiment- och referenshus*, presenteras solvärmesystemets olika



Figur 9 Jämförelse av simuleringsberäkning och utifrån mätdata uppskattad energivinst från solvärmesystemet

energiposter. Dessa jämförs med den totalt köpta energin samt skillnader i radiatorförbrukning mellan experiment- och referenshus. Den värme som har lagrats in i bjälklagen är bara ca 10 % (2,1 kWh/m²(BRA),år) av det totala beräknade energibidraget från solvärmesystemet och endast drygt 1 % jämfört med den köpta energin. Det största energibidraget genom solvärmesystemet (knappt hälften, 9 kWh/m²(BRA),år) beror på att inglasning av balkongerna utgör en extra värmeisolering som oberoende av solinstrålningen minskar transmissionsförlusterna. Solvärmesystemet skulle alltså till stor del kunna ersättas med en konventionell ökning av klimatskärmens värmemotstånd, i första hand genom förbättrade fönsterkonstruktioner. Vill man av andra skäl än energihushållning välja inglasade balkonger är det ändå olönsamt att koppla dem till hålbjälklagssystem av det slag som experimentet innebär.

I avsnitt 6.5 diskuteras skillnader mellan uppmätt och beräknad energivinst från solvärmesystemet. Uppvärmningsbehovet har beräknats med utgångspunkt i mätningarna och enligt samma principer som BRIS-simuleringarna. Resultatet är att experimenthusens minskning av uppvärmningsbehovet, i absoluta tal ca 10 kWh/m²(BRA),år, är ungefär dubbelt så stor som simuleringarna visat på.

I avsnitt 6.6 och appendix E, *Tänkbara skillnader mellan beräknad och uppmätt energiförbrukning*, diskuteras förhållandet att uppmätt radiatorvärmeförbrukning i alla huskategorier varit avsevärt högre än de resultat som BRIS-simuleringarna presenterat. Detta kan i huvudsak förklaras med två förhållanden:

- 1) Typlägenheten i simuleringarberäkningarna valdes i mittläge i både höjd- och sidled och var därmed gynnsammare från värmetransmissionssynpunkt än den verkliga genomsnittslägenheten.
- 2) Det har rätt lägre utomhustemperaturer och högre inomhustemperatur under mätsäsongen än vad som antagits i simuleringarberäkningarna.

I appendix D, *Normalårskorrigerade energidata för perioden juni 1986-maj 1987*, redovisas en normalårskorrigerad för radiatorvärmeförbrukningen. Efter korrigerad blir den totala köpta energin 156 kWh/m²(BRA),år för experimenthusen och 154 kWh/m²(BRA),år för referenshusen. Skillnaden är inte signifikant. Däremot visar temperaturkorrigeringen att mätåret varit betydligt kallare än normalåret. (Observera att fastighetsel ej heller här är inräknad.)

I appendix G, *Solvärmesystemets olika energibidrag jämförda med skillnader i radiatorvärmeförbrukning mellan experiment- och referenshus*, studeras solinstrålningens inverkan på radiatorförbrukningen genom jämförelser mellan molniga och soliga perioder i experiment- respektive referenshusen. Studierna visar följande:

- 1) Innetemperaturen ökar 1,0 - 1,5 °C mer i experimenthusen än i referenshusen vid övergång från molnig till solig period.
- 2) Även om innetemperaturernas förändringar vore lika i de båda huskategorierna, så skulle minskningen i radiatorvärmeförbrukning mellan molnig och solig period bli ungefär densamma i experiment- och referenshusen.

Experimenthusens centrala värmeregleringssystem är inte anpassat för att kunna nyttiggöra momentana solvärmestillskott. Detta skulle regleras av radiatortermostatventilerna vilka tydligen inte har reagerat som förväntat.

Sammantaget innebär iakttagelserna att det prövade solvärmesystemet i kombination med "ordinarie" värmesystem och dess regleringssystem knappast kan bli kostnadseffektivt.

I bilaga 6, *Uppskattad extra bostadsarea i experimenthusens balkonger*, uppskattas värdet av den extra bostadsarea som experimentlägenheterna får tack vare att en inglasad balkong kan utnyttjas under en längre tid av året. Denna extra area värderad enligt vissa temperaturkriterier motsvarar c:a 3-4 % ökning av lägenhetsarean. (Hänsyn har ej tagits till ett eventuellt minskat balkongutnyttjande sommartid p g a besvärande övertemperatur.)

I Bilaga 8, *Beräkning av teoretiskt energibehov till ventilationsaggregatens eftervärmare*, redovisas drifterfarenheter av balkongfläktarna. De har inte stannat som det var planerat och det har lett till att bjälklagen nedkylts. Om balkongfläktarna hade fungerat som planerat skulle uppskattningsvis 0,5 kWh/m² mer värme ha inlagrats i hålbjälklagen. Även under sådana driftförhållanden skulle hålbjälklagssystemet emellertid vara olönsamt.

APPENDIX OCH BILAGOR

APPENDIX A

FAKTORER SOM PÅVERKAR SKILLNADER I ENERGIFÖRBRUKNING MELLAN EXPERIMENT- OCH REFERENSHUS

I det följande diskuteras hur olika poster i den totalt uppmätta energiförbrukningen förhåller sig till varandra. Syftet är att undersöka om andra skillnader än inglasning av balkonger påverkar resultaten.

Experimenthusens förbrukning av hushållsel och varmvatten var c:a 19 % högre än i referenshusen. De inglasade balkongerna kan inte rimligen vara orsak till dessa merförbrukningar.

Möjligen kan el till belysning i vardagsrummen öka något i experimenthusen p.g.a. inglasningens reduktion av ljusinstrålning genom fönster mot balkonger. Om man t.ex. under 250 dagar om året använder extra elbelysning, motsvarande en effekt av 100 W/lägenhet, två timmar längre på morgonen och tänder den två timmar tidigare på eftermiddagen ökar förbrukningen av hushållsel med endast drygt 1 kWh/m²(BRA),år. Belysningen i vardagsrummen avförs därför som orsak till experimenthusens merförbrukning av hushållsel, som i genomsnitt var (7 kWh/m²(BRA), år).

Betydligt mer sannolika skäl till merförbrukningen är bl.a. skillnader i:

- § 1 hushållselförbrukning till ventilationsaggregatens eftervärmare.
- § 2 varmvattenförbrukning p.g.a. fel i varmvattensystemet.
- § 3 § 2 och/eller hushållselförbrukning p.g.a. mätfel.
- § 4 § 2 + § 3 samt skilda boendevanor.

Det är inte möjligt att avgöra de nämnda orsakernas relativa inflytande på den totala skillnaden i energiförbrukning. Mer omfattande mätningar hade kunnat klargöra § 1. Eftersom det konstaterats att varmvatten och VVC-systemet fungerat dåligt, påpekas § 2. Om mätfel enligt § 3, utöver de som redan har korrigerats i avsnitt 5.4 förekommit, kan inte klarläggas. Beteendestyrd förbrukning (§ 4) kan förväntas variera slumpmässigt. Enligt sannolikhetsteori blir inverkan av variationen mindre ju större de jämförda lägenhetsbestånden är. Huruvida det är sannolikt att brukarberoendet kan framkalla en så stor skillnad i förbrukning som 19 % mellan två grupper om vardera 36 lägenheter går inte att undersöka statistiskt p.g.a. att underlaget är alltför bristfälligt. Vad gäller boendesammansättningen

kan man sammanfattningsvis karakterisera: *Boende med inglasad balkong* som ett ungt, förvärvsarbetspar. *Boende med vanlig balkong* som en ensamstående, äldre person som vistas i bostaden under stor del av dygnet. Dessa förhållanden kan förklara att experimenthusen förbrukar mer varmvatten och hushållsel, under förutsättning att med "ungt förvärvsarbetspar" menas barnfamilj. Den enligt mätningarna låga förbrukningen i huspar 54-55 kan inte förklaras med ledning av något utredningsmaterial. Om dessa mätvärden utesluts minskar skillnaden mellan genomsnittsvärdena till 5 %. Det är ändå osäkert om experimenthusen kan ha 5 - 19 % högre beteendestyrd förbrukning när antalet lägenheter är så stort som 36. Detta beror återigen på att underlaget är bristfälligt. Det kan inte uteslutas att orsakerna 1-3 ensamma svarar för den stora förbrukningsskillnaden. Det hypotetiska fallet att den låga uppmätta förbrukningen i huspar 54-55 verkligen beror på lägre energikonsumtion av de boende kommer att behandlas i appendix B.

Referenshusens förbrukning av radiatorvärme var c:a 19 % högre än i experimenthusen. Två faktorer som kan tänkas påverka en sådan förbrukningsskillnad är:

- § 5 olika stora ventilationsförluster i de två huskategorierna.
- § 6 skilda inomhustemperaturer under uppvärmningssäsongen i de två huskategorierna.

Eftersom den styrda ventilationen inte har mätts kan § 5 inte uteslutas som en tänkbar viktig orsak till att referenshusen förbrukat mer radiatorvärme. Denna osäkerhet gör att värdet för köpt energi inte räcker som mätunderlag för utvärdering.

§ 6 kan däremot direkt avföras som orsak till skillnaden i radiatorvärmeförbrukning eftersom inga väsentliga temperaturskillnader under uppvärmningssäsongen framgår av mätningarna.

Några eller alla av §§ 1-5 kan således tänkas orsaka skillnaderna i energiförbrukning mellan experiment- och referenshusen.

APPENDIX B

HANTERING AV MÄTDATA FÖR ATT FÖRKLARA SKILLNADER I ENERGIFÖRBRUKNING

Här prövas några nya antaganden för utvärderingen: Ventilationsenergins betydelse lämnas helt därhän och den uppmätta energin studeras för att undersöka om det finns andra skillnader än experimentåtgärderna som skulle kunna påverka resultaten. Fem metoder för att jämföra experiment- och referenshusens energiförbrukning prövas.

Metod 1 Man antar att experiment- och referenshusen i fiktiv mening förbrukade samma mängd total köpt energi under sommarmånaderna juni t o m augusti. Förbrukningstalen har bildats som medelvärde för de två huskategoriernas energiförbrukning. Under resten av året antas 25 % av tappvarmvattenvärmen samt 75 % av VVC-energi och hushållsel komma husets uppvärmning tillgodo. För övrigt har förbrukningsdata ej ändrats.

Metod 2 Som metod 1 men här antas att 100 % av hushållselenergin kommer huset tillgodo. I metod 1 och 2 prövas således två nivåer på tillgodogörande av hushållsel som nyttig värme. Metoderna 1 och 2 ger ett rimligt spann för hur stor del av hushållselenergin som går till ventilationsaggregaten.

Metod 3 Här frånräknas ett referenshuspar som hade speciellt låg tappvarmvatten- och VVC-förbrukning. Det "bästa" experimenthusets helårsvärden används för att sätta gräns uppåt i skillnader mellan experiment- och referenshus. (Den speciellt låga varmvattenförbrukningen i ett av referenshusen kan bero på boendevanor, systemfel eller mätfel.)

Metod 4 Som metod 3 men här behandlas tappvarmvattenvärmen och sommarmånadernas förbrukning på samma sätt som i metod 1.

Metod 5 Som metod 1 men samtliga experimenthus jämförmed referenshusen exklusive det referenshus vars varmvattenförbrukning var extremt låg.

Tabell 6 Experimenthusens underförbrukning av köpt energi gentemot referenshusen beräknade enligt punkterna 1-5 ovan. OBS, att data ej är normalårskorrigerade.

	Skillnad i förbrukning kWh/m ² (BRA),år	% av referenshusens totala förbrukning
Metod 1	12,0	7
Metod 2	10,9	6
Metod 3	21,4	13
Metod 4	20,9	13
Metod 5	14,3	9

Resultaten enligt Tabell 6 (se föregående sida) visar en något lägre förbrukning av köpt energi för experimenthusen än för referenshusen. Skillnaderna är dock ganska små. Storleksordningen 10 - 20 kWh/m²(BRA),år motsvarar 6 - 13 % av den totala förbrukningen.

Det kan inte uteslutas att skillnader av denna storlek ligger inom mätningarnas felmarginal. Inverkan av eventuella skillnader i styrd ventilation kan inte studeras eftersom ventilationen inte har mätts. Man kan därför inte entydigt dra slutsatsen att experimenthusens förbrukning av energi är lägre än referenshusens.

APPENDIX C

UPPMÄTT ENERGI:

JÄMFÖRELSE MELLAN REFERENSHUS OCH OMRÅDETS ÖVRIGA HUS

Förutom experimenthus och referenshus omfattar området hus med ytterligare ca 250 lägenheter. Dessa lägenheter har samma tekniska utformning som referenshusen men varierande orientering jämfört med experiment och referenshusens sydliga balkongfasader. För dessa övriga hus har endast radiatorförbrukning och VVC-energi mätts.

Radiatorvärmeförbrukningen i de övriga husen uppgår till 112,9 kWh/m²(BRA),år - att jämföra med referenshusens 89,0 kWh/m²(BRA), år. VVC-energin var lika stor i båda hus typerna; 15,6 kWh/m²(BRA),år.

För att rätt bedöma radiatorvärmens i de övriga husen bör hänsyn tas till att kulvertförluster från panncentralen till samtliga undercentraler har kommit att bokföras på gruppen övriga hus. För att ta hänsyn till detta görs en schablonmässig reduktion på 5 % av den uppmätta radiatorvärmeförbrukningen. Det skulle innebära att radiatorvärmeförbrukningen för gruppen övriga hus blir:

$$112,9 \times 0,95 = 107,2 \text{ kWh/m}^2(\text{BRA}),\text{år}$$

I Tabell 7 särredovisas årsförbrukningen av radiatorvärme med hänsyn tagen till kulvertförlusten.

Tabell 7 Årsförbrukning av radiatorvärme för mätprojektets tre huskategorier.

Experimenthus	75 kWh/m ² (BRA),år	70	% av övriga hus	
Referenshus	89	- " -	83	- " -
Övriga hus	107	- " -	100	- " -

Energiuttaget för radiatorvärme har sålunda varit 18 kWh/m²(BRA),år eller ca 17 % lägre i de syd-orienterade referenshusen än i de övriga husen. Om man vidare antar att det gått åt lika mycket hushållsel och tappvarmvatten i gruppen övriga hus som i referenshusen blir den totala mängden köpt energi ca 10 % eller 18 kWh/m²(BRA),år lägre i referenshusen än i de övriga husen. För att styrka ovanstående antaganden genomförs följande resonemang:

Varmvattenförbrukningen kan knappast ha påverkat skillnader i radiatorvärmeförbrukning. VVC-förbrukningen var lika i de övriga husen och i referenshusen. Tappvarmvattenförbrukningen är visserligen okänd, men kommer husuppvärmningen tillgodo i så liten grad att skillnaderna i energiförbrukning för

varmvatten mellan olika huskategorier inte nämnvärt kan påverka andra energiposter.

Det kan inte uteslutas att den högre radiatorvärmeförbrukningen i gruppen övriga hus delvis kan bero på en lägre hushållselförbrukning. Den uppmätta hushållselförbrukningen i referenshusen är emellertid ganska låg jämfört med värden som kan utläsas ur annan statistik för flerbostadshus. Det förefaller därför mindre sannolikt att gruppen övriga hus skulle ha avsevärt lägre hushållselförbrukning än referenshusen. Hushållselförbrukningen i de övriga husen bedöms därför inte påverka radiatorvärmeförbrukningen.

APPENDIX D

NORMALÅRSKORRIGERADE ENERGIDATA

FÖR PERIODEN JUNI 1986 - MAJ 1987

Energiförbrukningen för uppvärmning av en byggnad är väderberoende. För att möjliggöra jämförande studier brukar man därför korrigera energiförbrukningstalen under ett visst undersökt år till normalårsförhållanden. För normalårskorrigering används det s.k. graddagsbegreppet, i princip tidsintegralen av temperaturdifferensen mellan verklig utomhustemperatur och ett fiktivt värde för inomhustemperatur, 17 °C. Detta värde ligger 3-4 °C under verklig inomhustemperatur beroende på en schematisk kompensation för värmestillskott från solinstrålning, hushållsel etc. Under månaderna maj till september räknas differensen från utomhustemperaturen upp till en lägre temperatur än 17 °C. Endast värmeförluster som kan anses direkt proportionella mot temperaturdifferensen inne-ute skall graddagskorrigeras.

På grund av svårigheter att mäta värmeförlusterna graddagskorrigeras här en uppskattad del av värmestillskottet som motsvarar de graddagsberoende värmeförlusterna. Olika metoder att utföra denna uppskattning är föremål för forskning. Här antas att endast radiatorvärmeförbrukningen är graddagsberoende. Inomhustemperaturen under uppvärmningssäsongen (september 1986 - maj 1987) var i genomsnitt densamma i experiment- och referenshusen.

Tabell 8. Graddagstal för Bromma flygplats (SMHI-statistik) för perioden 8606 - 8705 samt för normalår.

Månad	8606 - 8705 graddagar	Normalår graddagar
jun	0	7
jul	0	1
aug	43	2
sep	228	123
okt	306	305
nov	364	443
dec	561	579
jan	917	632
feb	597	593
mar	650	547
apr	361	384
maj	226	148
hela året	4253	3764

Förhållande mellan normalår och mätår: $3764/4253 = 0,885$

Normalåret har 11,5 % lägre graddagstal än det aktuella mätåret. De normalårskorrigerade förbrukningstalen i tabell 9 har erhållits genom att reducera den mätta radiatorvärmeförbrukningen med 11,5 %.

Tabell 9. Okorrigerade samt normalårskorrigerade värden av köpt energi för årsperioden 8606-8705. De normalårskorrigerade värdena berör endast radiatorförbrukningen. Fastighetsel är ej inräknad. (kWh/m²(BRA),år)

	Okorrigerat	Normalårs korrigerat	Hus i Stockholm byggda 1976-83
<i>Experimenthus</i>			
Radiatorvärme	75,2	66,6	
Tappvarmvatten	37,1	37,1	
VVC	18,3	18,3	
Hushållsel	33,8	33,8	25
Total köpt energi.	164,4	155,8	225
<i>Referenshus</i>			
Radiatorvärme	89,0	78,8	
Tappvarmvatten	30,7	30,7	
VVC	15,6	15,6	
Hushållsel	28,8	28,8	25
Total köpt energi.	164,1	153,9	225

Experimenthusen har före graddagskorrigering 13,8 kWh/m² (BRA),år lägre radiatorförbrukning än referenshusen. Efter graddagskorrigering blir motsvarande skillnad 12,2 kWh/m²(BRA),år. Skillnaden i total köpt energi mellan experiment- och referenshus är efter korrigering något större än före. Denna skillnad är dock mycket liten och inte signifikant.

APPENDIX E

TÄNKBARA ORSAKER TILL SKILLNADER MELLAN BERÄKNAD OCH UPPMÄTT ENERGIFÖRBRUKNING

Den förväntade energiförbrukningen har i samband med projekteringen beräknats med simuleringsprogrammet BRIS. Den uppmätta radiatorförbrukningen under den aktuella årsperioden blev väsentligt högre än den simulerade. Tabell 10 visar skillnaden mellan beräknad och uppmätt energiförbrukning.

Tabell 10. Jämförelse mellan beräknad och uppmätt energiförbrukning. (kWh/m²(BRA),år)

	Beräknad förbrukning BRIS-simulering	Uppmätt förbrukning 8606-8705.	Skillnad
<i>Experimenthus</i>			
Radiatorvärme	28	75,2	-47,2
Varmvatten	49	55,4	-6,4
Hushållsel	36	33,8	2,2
Summa	112	164,4	-52,4
<i>Referenshus</i>			
Radiatorvärme	34	89,0	-55,0
Varmvatten	49	46,3	2,7
Hushållsel	36	28,8	7,2
Summa	119	164,1	-45,1

Vid en granskning av simuleringsberäkningarna har följande skillnader gentemot de verkliga mätobjekten noterats:

- 1 Vid simulering med BRIS har endast en lägenhet betraktats. Den valda lägenheten ligger i mitten i både höjd och sidled och har alltså mindre vägg- och takarea som gränsar mot kallt utrymme än vad genomsnittslägenheten har. Lägenheten har sålunda givits ett alltför gynnsamt *UA*-värde.
- 2 Simuleringsberäkningarna har utförts med väderdata från år 1971 som var betydligt varmare än mätåret.
- 3 Inomhustemperaturen har i simuleringsberäkningarna antagits vara 20 °C, medan det verkliga värdet har varit högre; ca 21-22 °C.

Analys av faktorerna 1-3

- 1 Lägenheten i simuleringsberäkningarna hade ett gynnsammare läge än genomsnittslägenheten.

Enligt simuleringarna skulle transmissionsförlusterna genom ytterhöljet uppgå till 37 kWh/m²(BRA),år. Detta värde korrigeras för det högre *UA*-värdet i den verkliga genomsnittslägenheten. Transmissionsförlusterna är direkt proportionella mot

UA-värdet. Korrigeringen har därför skett genom att proportionera transmissionsförlusterna mot beräknade data på UA-värden. (UA-värdena har beräknats ur projekteringsdata för U-värden och tillhörande areor.)

Totala UA-värdet har beräknats till följande:

Experimenthus:	Genomsnittslägenhet	38,9	W/K
	Simuleringslägenhet	22,1	- " -
Referenshus:	Genomsnittslägenhet	44,3	W/K
	Simuleringslägenhet	27,3	- " -

Ökningen av transmissionsförlusterna pga lägenhetsplaceringen blir:

Experimenthus	$37 \cdot ((38,9/22,1)-1) = 28$	$\text{kWh/m}^2(\text{BRA}),\text{år}$
Referenshus	$37 \cdot ((44,3/27,3)-1) = 23$	$\text{kWh/m}^2(\text{BRA}),\text{år}$

Korrigerat värde på transmissionsförlusterna blir då:

Experimenthus:	$37 + 28 = 65$	$\text{kWh/m}^2(\text{BRA}),\text{år}$
Referenshus:	$37 + 23 = 60$	$\text{kWh/m}^2(\text{BRA}),\text{år}$

Analys av faktorerna 2 och 3

Lägre utomhustemperatur och högre inomhustemperatur än beräknat.

Här används korrigerat värde på transmissionsförlust enligt punkt 1. Detta läggs till övriga simulerade, graddagsberoende värmeförluster, dvs nettoventilations och läckluftsförluster som beräknats vara 21 resp. 18 $\text{kWh/m}^2(\text{BRA}),\text{år}$. Antalet gradtimmar p.g.a. lägre utomhustemperatur och högre inomhustemperatur var i experiment- och referenshusen 30 resp. 29 % högre än normalt.

En graddagskorrigering ¹⁾ av summerade värmeförluster ger då följande ökning av värmeförlusterna:

Experimenthus:	$(65 + 21 + 18) \cdot 0,30 = 31,2$	$\text{kWh/m}^2(\text{BRA}),\text{år}$
Referenshus:	$(60 + 21 + 18) \cdot 0,29 = 28,8$	$\text{kWh/m}^2(\text{BRA}),\text{år}$

¹⁾ Notera att extra graddagar p.g.a. högre inomhustemperatur än beräknat, har räknats från 20 °C och upp till verklig mätt inomhustemperatur, medan graddagar räknas upp till fiktiv inomhustemperatur på +17 °C.
Se även Figur 12 på sid 45.

Det beräknade totala uppvärmningsbehovet blir, efter korrektioner :

	A	B	C		
Experimenthus:	28	28,0	31,2	$= 87,2$	$\text{kWh/m}^2(\text{BRA}),\text{år}$
Referenshus:	34	23,0	28,8	$= 85,8$	$\text{kWh/m}^2(\text{BRA}),\text{år}$

A = Det simulerade uppvärmningsbehovet.

B = Ökning i uppvärmningsbehov p.g.a. att lägenheten i simuleringsberäkningarna var gynnsammare belägen än genomsnittslägenheten.

C = Ökning i uppvärmningsbehov p.g.a. lägre utomhustemperatur och högre inomhustemperatur.

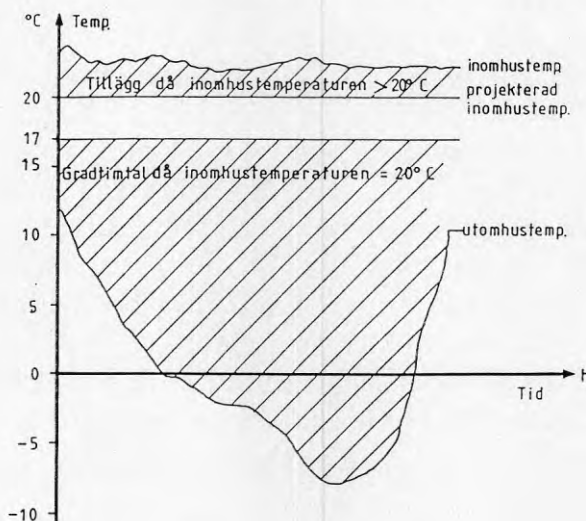
Detta uppvärmningsbehov motsvarar radiatorvärme plus en okänd del av hushållselenergin till ventilationsaggregaten. Enligt beräkningar i Bilaga 9 bedöms sistnämnda energipost dock högst uppgå till c:a 6 kWh/m²(BRA),år. Den del av uppvärmningen som täcks med radiatorvärme skulle då ligga inom ett av intervallen:

Experimenthus: 87 - 81 kWh/m²
- att jämföras med uppmätt 75 kWh/m²(BRA)

Referenshus: 86 - 80 kWh/m²
- att jämföras med uppmätt 89 kWh/m²(BRA)

De korrigerade värdena på simulerad radiatorvärmeförbrukning ligger alltså nära den uppmätta. Det kan dock inte uteslutas att andra orsaker kan ge ytterligare väsentliga bidrag till skillnader mellan simulerad och uppmätt förbrukning.

Figur 10 Redovisning av överskottsenergi i förhållande till projekterad inomhustemperatur. Den streckade ytan representerar det totala gradtimaltet som räknats. Den streckade yta som ligger nedanför 17 °C representerar det gradtimaltet som gäller för 20°C inomhustemperatur.



Övriga tänkbara orsaker till avvikelser i energiförbrukning mellan simulerade värden och uppmätta:

- 4 Sämre isolering än beräknat
- 5 Köldbryggor
- 6 Högre ofrivillig ventilationsenergi än beräknat
- 7 Dåligt fungerande ventilationssystem
- 8 Osäkerheter i ventilationsmätningar och ventilationsförluster
- 9 Vädring av balkong

Analysen bygger på grova approximationer. Slutsatsen är att det inte ter sig oförklarligt att värdet för radiatorvärmeförbrukningen blivit så hög jämfört med simulerade data. Resultaten av jämförelsen mellan simuleringsberäknad energiförbrukning och uppmätt visar att det är synnerligen viktigt att använda korrekta beräkningsförutsättningar. Om hänsyn tas till verkliga UA-värden samt verkliga inne- och utetemperaturer fås god överensstämmelse mellan beräkningar och mätningar.

APPENDIX F

I detta avsnitt jämförs radiatorvärmeförbrukningen under molniga och soliga perioder. En hypotes är att radiatorvärmeförbrukningen under soliga perioder sjunker mer i experimenthusen än i referenshusen p.g.a. solvärmeinlagring i hålbjälklag från de inglasade balkongerna. Följande kriterier har uppställts för jämförelser mellan molniga och soliga perioder:

a. Först har året indelats i soliga och molniga dagar.

Molniga dagar: dagar då dygnssumman av solintensiteten underskridit $0,2 \text{ kWh/m}^2$ horisontell yta.
Soliga dagar: dagar då dygnssumman av solintensiteten överskridit 4 kWh/m^2 horisontell yta.

b. För att något eliminera effekter av transienta värmeförlopp definieras "perioder" som antalet dagar minus de två första dagarna i varje aktuell tidsperiod. I Figur 13 har inomhustemperaturen under molniga och soliga perioder satts av mot differensen mellan inom och utomhustemperatur. I Figur 14 har radiatorvärmeförbrukningen under molniga och soliga perioder satts av mot differensen mellan inom och utomhustemperatur. Temperaturdifferens som abskissa har valts för att i möjlig mån eliminera skilda inomhustemperaturers inverkan på radiatorvärmeförbrukningen i de två huskategorierna.

De centrala resultaten är nedanstående punkt 1-5. Punkt 6 är också ett viktigt analysresultat som framkommit vid detaljgranskning av mätdata. (Visas ej i Figurerna 13 och 14).

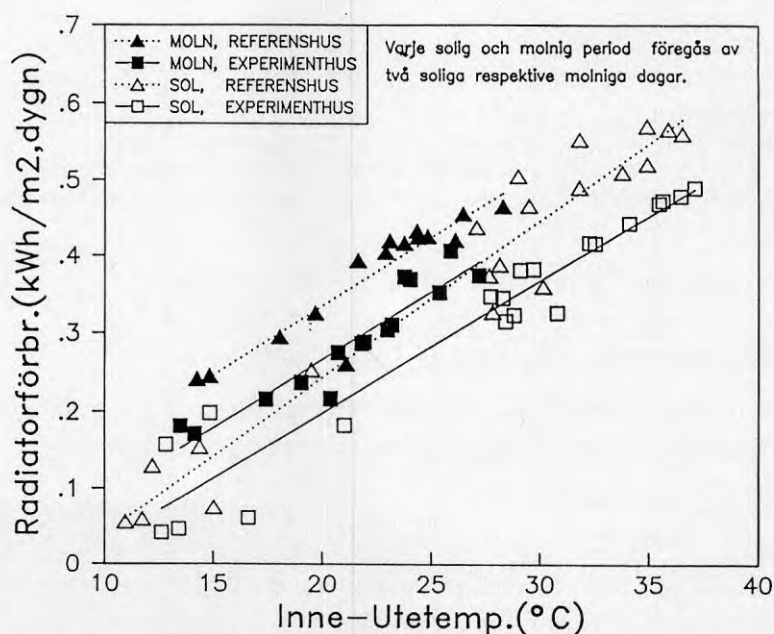
- 1 Radiatorvärmeförbrukningen är under både soliga och molniga perioder lägre för experimenthusen än för referenshusen.
- 2 Radiatorvärmeförbrukningen är för både experiment- och referenshusen lägre under de soliga perioderna än under de molniga.
- 3 I Figur 14 har mätdata sorterats så att att temperaturdifferensen inne - ute har satts lika för båda huskategorierna. Trots en sådan normering av radiatorvärmeförbrukningen så sjunker inte denna mera i experimenthusen än i referenshusen vid övergång från molnig till solig period.
- 4 Innetemperaturen i experimenthusen är under molniga perioder lägre och under soliga perioder högre än i referenshusen.
- 5 Innetemperaturen ökar $1,0-1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ mer i experimenthusen vid övergång från molnig till solig period.
- 6 Radiatorvärmeförbrukningen varierar generellt sett mindre under dygnet i experimenthusen än i referenshusen.

Punkterna 1 och 2 är väntade resultat. Det mest oväntade resultatet är punkt 3 som motsäger att experimenthusen under soliga perioder bättre skulle kunna utnyttja solvärme för uppvärmning. Mot bakgrund av punkt 3 innebär punkterna 4 och 5 följande: Solvärmens har givit en större ökning av innetemperaturen i experimenthusen än i referenshusen. Denna ökning av temperaturen har inte resulterat i motsvarande minskning av energiförbrukningen för radiatorvärme.

Punkt 3 betyder dessutom att även om värmeregleringssystemet hade kunnat förorsaka samma ökning av inomhustemperaturen i bägge huskategorierna, vid övergång från molnig till solig period, hade radiatorvärmeförbrukningen i experimenthusen ändå inte minskat nämnvärt.

Punkt 6 kan förklaras av att experimenthusen har en värmeregleringskaraktäristik som reagerar långsammare på temperaturändringar. Detta kan i sin tur tänkas bero på att man velat underlätta hålbjälklagens värmeavgivning.

Ett mera snabbreglerat värmesystem i experimenthusen skulle bättre kunna ta vara på det extra soltillskottet. Det är dock tveksamt om det skulle resultera i en sänkning av radiatorvärmeförbrukningen vid övergång från molnig till solig period.

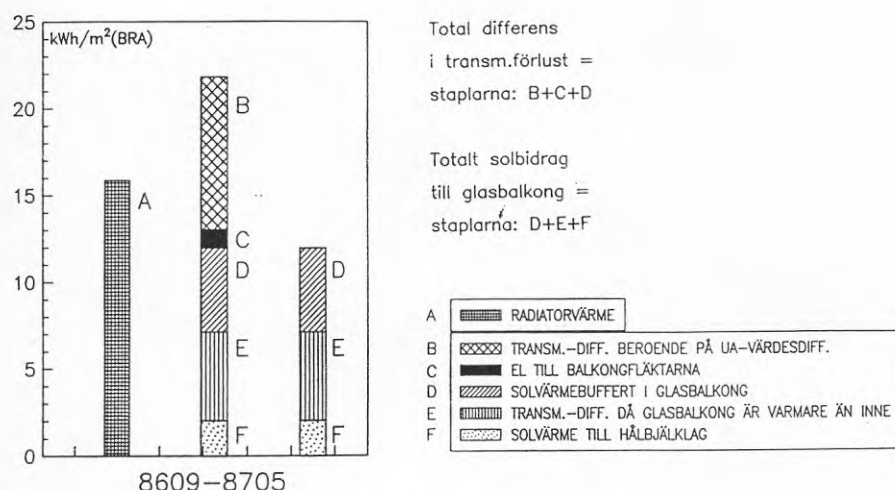


Figur 11 Radiatorvärmeförbrukning undermolniga och soliga perioder

APPENDIX G

SOLVÄRMESYSTEMETS PÅVERKAN PÅ RADIATORVÄRMEFÖRBRUKNINGEN

Solvärmesystemets olika energibidrag har beräknats med utgångspunkt i både mätningar och antaganden. I avsnittet *Resultat av mätningar och analyser*, sid 18, jämförs dessa bidrag med den totala mängden uppmätt köpt energi. Solvärmesystemets energibidrag jämförs också med skillnaderna i radiatorvärmeförbrukning mellan experiment- och referenshus. Se Figur 12.



Figur 12 Energidifferenser mellan experiment- och referenshusen i Skogsalmen

Förklaring till Figur 12

- Den vänstra stapeln i diagrammet utgörs av skillnader i radiatorförbrukning.
- Den mitterre stapeln är sammansatt av de olika energibidragen från solvärmesystemet.
- Den högra stapeln består av sådana delar av den mitterre stapeln som enbart kommer från solvärme.

De olika energibidragen från solvärmesystemet är:

Transmissionsdifferens på grund av U-värdesdifferens

- B** Experimenthusens lägre transmissionsförluster p.g.a. U.A-förluster orsakade av glasbalkongernas värmeisolering.

El till balkongfläktarna

- C** Elenergi till balkongfläktarna omvandlas till värme. Denna värme tillförs dels bjälklagskanalerna, dels glasbalkongen. Värmen som tillförs balkongen ger högre väggtemperatur och därmed lägre transmissionsförluster i experimenthusen än i referenshusen.

Solvärmebuffert i glasbalkong

- D** När det har varit kallare på glasbalkongen än inomhus och solvärmens varken kunnat styras till hålbjälklagen eller givit omvänd transmissionsvärme till lägenheterna kan solvärme

me i glasbalkongen ha bidragit till en högre omgivnings-temperatur och därmed lägre transmissionsförluster än i referenshusen.

Transmissionsdifferens då luften i glasbalkongen är varmare än inneluften

E Då det är varmare på glasbalkongen än utomhus uppstår skillnader i transmissionsförluster mellan experiment- och referenshus. Vid en högre temperatur på glasbalkongen än inomhus uppstår en omvänd värmetransmission. Energibidraget i transmissionshänseende utgör summan av dels omvänd värmetransmission, dels skillnad i transmissionsförlust över yttervägg mellan experiment- och referenshus.

Solvärme till hålbjälklag

F tillförd solvärme till hålbjälklagen.

Mer detaljerat har staplarna i Figur 12 beräknats enligt följande:.

Summan av staplarna **B+C+D**:

Betrakta de timmar då glasbalkongtemperaturen är lägre än inomhustemperaturen. Då är transmissionsförlusten genom vardagsrumsväggarna:

$(UA\text{-värde för vardagsrumsvägg}) \cdot (\text{Innetemp.} - \text{balkongtemp.}) [W]$

UA-värde för vardagsrumsväggen kan beräknas till = 14 W/K, lägenhet.

Lägg därefter till förluster från övriga omslutningsytor. (För referenshusen har transmissionsförlusterna beräknats på vanligt sätt för hela byggnaden.)

Detta är den totala transmissionsförlusten. Experimenthusens lägre värde måste inkludera såväl förstärkt klimatskärm som olika värmestillskott genom glasbalkongens värmebuffertverkan. Eftersom begreppet "totala transmissionsförluster = **B+C+D**" omfattar minskade förluster, jämfört med referenshusen, kan vissa delar av (**C+D**) utgöras av energiposter på tillförselsidan.

Stapeln **B** har beräknats genom en addering av glasbalkongens värmemotstånd till den vanliga ytterväggens och beräkning av transmissionsförlusten enligt:

$(UA \text{ för vägg+glasbalkong}) \cdot (\text{Innetemp.} - \text{Utetem.}) [W]$

UA för vägg+glasbalkong beräknas uppgå till ca 8 W/K, lägenhet.

Till detta läggs förluster från övriga omslutningsytor.

Differensen transmissionsförlust referenshus dito experimenthus ger väsentligen den UA-värdesberoende delen av glasbalkongens lägre transmissionsförlust = **B**.

Stapeln **D** beräknas enligt: $D = (B+C+D) - (B+C)$

Beräkningen av **B** har just beskrivits. **C** beräknas som fläktens märkeffekt multiplicerat med dess drifttid.

BILAGA 1

SAMMANSTÄLLNING AV AREAUPPGIFTER.

Här redovisas hur area fördelas på de olika husen. Redovisningen sker dels per hus, dels för varje huspar. Ett hus utgörs av en trappuppgång med två lägenheter per plan. Ett huspar innehåller två trappuppgångar och har således fyra lägenheter per plan. Se tabell 11. Genomsnittslägenheten har arean 70,3 m²(BRA,pe).

Tabell 11 Lägenhetsarea för 32 + 4 experimentlägenheter resp. 36 referenslägenheter.

5 lägenheter med	80,5	m ²
1 " "	79,0	"
1 " "	78,0	"
3 " "	73,5	"
21 " "	70,5	"
2 " "	69,5	"
3 " "	43,0	"

Tabell 12 Lägenhetsarea m.m. för experimenthus och referenshus i Skogsalmen

Hus nr	Lägenhet m ² (BRA,pe)	Trapphus m ² (BRA,pg+s)	Totalt m ² (BRA)
4	305	32	337
5	268	33	301
4,5	573	65	638
11	536	83	619
12	573	83	656
11,12	1109	166	1275
20	268	52	320
21	580	52	632
20,21	848	104	952
Σ Experimenthus	2530	335	2865
26	536	83	619
27	573	83	656
26,27	1109	166	1275
33	305	32	337
34	268	33	301
33,34	573	65	638
54	268	52	320
55	580	52	632
54,55	848	104	952
Σ Referenshus	2530	335	2865

BILAGA 2

EFTERBEHANDLING AV MÄTDATA.

I denna bilaga ges en utförlig dokumentation av hur mätdata har korrigerats för mätfel innan den egentliga energiutvärderingen tagit vid. Korrigeringarna redovisas dels som löpande text och dels som en tidsöversikt (se Figur 14, sid 55).

Radiatorvärme

Efter granskning av dygnssummor på radiatorvärme ges följande kommentarer:

HUSPAR 20,21 (EXPERIMENTHUS)

Radiatorvärmemätaren visar låga värden 8608. SKB kan inte kommentera. Enligt K-Konsults bedömning har värme felaktigt gått över till huspar 4,5 (Experimenthus). Lämnas u.a.

HUSPAR 26,27 (REFERENSHUS)

870304-870328 fylldes mätbrunnen med smältvatten, så att värme-vattenenergimätningen avstannade t.o.m. 870424. Korrektion har utförts genom att interpolera dygnsförbrukningar för tiden 870328-870424.

Hushållsel

Granskning av dygnssummor för hushållsel för hela mätperioden (8606-8705). Utan anmärkning.

Tappvarmvatten (TVV) och VVC.

Timvärden på (TVV-VVC) - flöden visade ibland negativa värden. Detta motiverade en helårsgranskning av (TVV-VVC)-flöden. Därvid användes dygnsvärden för TVV- och VVC-flöden, vilket styrkte uppfattningen att stora negativa värden på (TVV-VVC) - flöden beror på mätgivarfel. De timvärden som tillfälligt gick under noll kan anses vara slumpmässiga fel eller bero på att TVV-flödesmätaren visar noll (ej reagerar) på lika små värden som VVC-flödesmätaren.

De misstänkta mätfelen i framförallt flöden men också temperaturer har föranlett följande korrektioner:

HUSPAR 4,5 (EXPERIMENTHUS)

870111-870211 TVV-mätaren visar noll. (Stannar p.g.a. skräp i mätaren.)
870225-870312 Samma som ovanstående.

Vid bägge tidsperioderna interpoleras flödesvärden från närmast omkringliggande månader. TVV-flödet sätts till $0,04 \text{ m}^3/\text{h}$ bägge perioderna.

HUSPAR 20,21 (EXPERIMENTHUS)

Radiator, TVV och VVC-energi har alla erhållits genom att efter korrektion låta huspar 4,5 ingå i värdena för hus 20,21:

Radiatorenergi huspar 20,21 = 20,21-4,5
TVV-energi huspar 20,21 = 20,21-4,5
VVC-energi huspar 20,21 = 20,21-4,5

HUSPAR 26,27 (REFERENSHUS)

- 860711-860712 Enligt K-Konsult kan tillfälligt avbrott ha uppkommit p.g.a. VVS-arbeten. Enkel interpolering av TVV-flödet: $R260T1F = 0,1 \text{ m}^3/\text{h}$.
- 870326-870403 TVV-flödet ned till 0. Enligt K-Konsult berodde detta på att mätare stannade. Interpolering: $R260T1F = 0,13 \text{ m}^3/\text{h}$.
- 870326-870424 VVC-flödet noll eller mycket lågt. Eftersom VVC-flödet är konstant i övrigt interpoleras värden från omkringliggande tidsperioder. $R260C1F = 0,24 \text{ m}^3/\text{h}$. VVC-energin för 8704 blev ganska låg, troligtvis beroende på mycket låga värden på (TVV-VVC)-temperaturen i början av månaden. Ingen korrektion har gjorts för detta.
- 870404-870424 TVV-energin beräknas med hjälp av interpolerat VVC-flöde enligt tidigare, dvs.: $R260C1F = 0,24 \text{ m}^3/\text{h}$. Alltså $R260T1E = (R260T1F - 0,24) \cdot 4,18 \cdot (R260T1T - G849I1T)$.

HUSPAR 33,34 (REFERENSHUS)

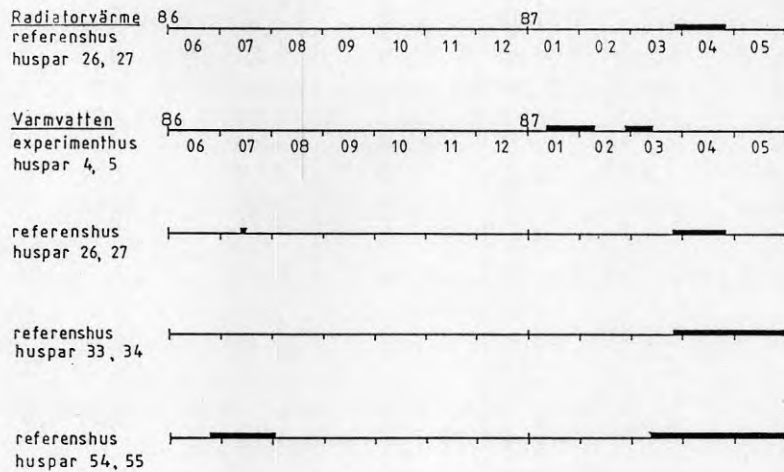
- 870323-870531 TVV-flödet varierar kraftigt och går periodvis under VVC-flödet. Misstankar har framförts att vid tappning VVC-flödet skulle ha gått baklänges i ledningen. Detta motsägs av att VVC-flödet ej borde fortfa med konstant flöde utan borde ha en tendens att samvariera med TVV-flödet. Slutsatsen blir att TVV-flödet mycket sannolikt har blivit felmätt. Det har därför extrapolerats enligt: $R330T1F = 0,036 \text{ m}^3/\text{h}$.

HUSPAR 54,55 (REFERENSHUS)

- 860620-860731 VVC-flödesmätaren trasig så att VVC-flödet visar nollvärden nästan hela perioden. Extrapolering av omkringliggande värden ger: $R550C1F = 0,03 \text{ m}^3/\text{h}$. TVV-energin beräknas då med VVC-flöde enligt: $R550T1E = (R550T1F - 0,03) \cdot 4,18 \cdot (R550T1T - G849I1T)$
- 870310-87053 TVV-flödet blir c:a 10 ggr högre än normalt under perioden 0310-0325, därefter visas nollvärden t.o.m. 0531. K-Konsult trodde spontant att det var fråga om givarfel. SKB har ej noterat förändringar från perioden. Extrapolering från tidigare flöden har tillämpats: $R550T1F = 0,045 \text{ m}^3/\text{h}$. VVC-flödet var onormalt variabelt under perioden 0309-0325. Det blev c:a 20 ggr högre 0326 - 0531. Vid extrapolering av flöden från tidigare blev VVC-energin för 8704-8705 oräalistiskt låg p.g.a. lågt flöde och låg temperaturdifferens (som bara var c:a 1/4 av normala 20°C med start omkring 0310. En korrigeringsmöjlighet var att använda värden för VVC-energi från motsvarande period året innan. Dessa värden visade sig emellertid vara onormalt höga (ej

representativa för framtiden) eftersom en inreglering företogs under denna period 8603-8605. Därför gjordes en analys enligt följande :

Jämför hur VVC-energin från panncentralen förändras just när VVC-energin från huspar 54,55 förändras (ökar kraftigt). Ökningen i VVC-energi visade sig ske snabbt (inom loppet av ca 2h). Den förändring som VVC-energin från panncentralen samtidigt visade kan ej ens statistiskt sammankopplas med dito från huspar 55,54. Mätfel kan alltså varken bevisas eller motbevisas. Detta är en mycket kraftig avvikelse från det förväntade varför extrapolering används. Denna har utförts genom att jämföra med hur VVC-energin varierar under året i procent av årets maximala månatliga VVC-energi. Studien har alltså baserats på värden för övriga hus. Resultatet blev (i procent av årets mest VVC-energikrävande månad): 90% för mars, 80% för april och 70% för maj.



Figur 13 Tidsöversikt för korrigerade mätfel

BILAGA 3

REDOVISNING AV FÖRBRUKNINGSTAL

I denna bilaga redovisas energiförbrukningen för samtliga huspar (hushållselen husvis) i experiment och referenshusen samt årsvärmeförbrukningen för de övriga husen i kvarteret Skogsalmen. Data är ej normalårskorrigerade, men har korrigerats för mätfel enligt Bilaga 2. Först redovisas bruttovärden (kWh) därefter ytspecifika värden (kWh/m²(BRA)).

Radiatorvärme (kWh) 8606-8705 (Experimenthus och referenshus)

Huspar	E 4,5	E 11,12	E 20,21	R 26,27	R 33,34	R 54,55
8606	1022	1773	1218	433	251	947
" 07	871	1528	995	245	153	566
" 08	1474	2754	808	1398	689	1639
" 09	2434	4621	2986	5947	2744	4711
" 10	3200	7030	4055	8574	4263	6706
" 11	3683	9370	4822	10612	5334	7994
" 12	5721	12641	8070	14496	7709	10912
8701	8969	19816	14382	22663	11811	17622
" 02	6395	13833	9800	16348	8193	13066
" 03	6681	14068	10192	15769	7885	12897
" 04	4537	8807	6266	9042	4409	7061
" 05	2739	4865	3556	5876	2549	3891
Summa	47726	101107	67139	111403	55989	88013

Hushållsel (kWh) 8606-8705 (Experimenthus)

Hus	E 4	E 5	E 11	E 12	E 20	E 21
8606	625	792	1047	1224	820	1613
" 07	665	703	1068	1232	849	1559
" 08	727	785	1191	1410	900	1834
" 09	802	758	1240	1524	1045	1718
" 10	916	827	1381	1729	1204	1898
" 11	963	862	1568	1730	1294	2059
" 12	1028	1028	2307	2171	1292	2584
8701	1208	1087	2942	3026	1414	2990
" 02	1212	676	2077	2069	1062	1899
" 03	1294	674	1805	2012	1136	1834
" 04	858	635	990	1839	1046	1590
" 05	613	664	946	1794	1059	1551
Summa	10911	9493	18563	21760	13120	23130

Hushållsel (kWh) 8606-8705 (Referenshus)

Hus	R 26	R 27	R 33	R 34	R 54	R 55
8606	998	1284	718	640	491	1321
" 07	967	1306	607	602	546	1305
" 08	1161	1423	775	708	581	1422
" 09	1294	1396	767	848	600	1617
" 10	1475	1665	958	875	684	1844
" 11	1513	1749	937	862	711	1810
" 12	1742	1923	1070	872	755	2132
8701	1792	1825	1258	906	808	2613
" 02	1276	1523	905	761	593	1765
" 03	1273	1535	954	803	760	1724
" 04	1137	1431	725	770	681	1588
" 05	1155	1430	784	788	671	1578
Summa	15784	18491	10457	9435	7881	20719

Tappvarmvatten (kWh) 8606-8705 (Experimenthus och referenshus)

Huspar	E 4,5	E 11,12	E 20,21	R 26,27	R 33,34	R 54,55
8606	641	2585	2984	3385	1448	629
" 07	721	1814	2154	2960	769	685
" 08	917	2825	3002	3692	1342	870
" 09	1414	3450	3249	3773	1636	1233
" 10	1442	3733	3724	4514	1757	1199
" 11	1817	3820	4171	4879	1887	1024
" 12	1736	4869	4463	5023	1789	1316
8701	1696	5427	4960	5982	1717	2395
" 02	1224	4727	4398	4542	1538	1983
" 03	1596	5058	4360	5562	1632	1924
" 04	1601	4378	3966	4945	1418	1778
" 05	1080	3321	3256	4087	1224	1534
Summa	15884	46006	44687	53343	18157	16571

Varmvattencirkulation (kWh) 8606-8705 (Experimenthus och referenshus)

Huspar	E 4,5	E 11,12	E 20,21	R 26,27	R 33,34	R 54,55
8606	791	1467	1528	1727	1448	617
" 07	180	1502	1246	1662	769	442
" 08	321	1572	1162	1785	1342	626
" 09	151	1538	1324	1833	1636	653
" 10	099	1731	1552	1924	1757	747
" 11	010	904	1819	2101	1887	915
" 12	990	2008	1978	2201	1789	913
8701	1099	2014	2044	2326	1717	498
" 02	977	1719	1803	2082	1538	301
" 03	040	1790	1855	2572	1632	703
" 04	978	1590	1782	1267	1418	720
" 05	872	1392	1624	1828	1224	632
Summa	2509	20226	19715	23309	13704	7767

YTSPECIFIKA VÄRDEN

Radiatorenergi (kWh/m² BRA) 8606-8705 (Experimenthus och referenshus)

Huspar	E 4,5	E 11,12	E 20,21	E tot.	R 26,27	R 33,34	R 54,55	R tot.
8606	1,60	1,39	1,28	1,40	0,34	0,39	0,99	0,57
" 07	1,36	1,20	1,04	1,18	0,19	0,24	0,59	0,34
" 08	2,30	2,16	0,85	1,75	1,09	1,08	1,72	1,30
" 09	3,80	3,62	3,13	3,50	4,66	4,29	4,94	4,67
" 10	5,00	5,51	4,25	4,98	6,71	6,66	7,03	6,81
" 11	5,75	7,34	5,05	6,23	8,31	8,33	8,38	8,34
" 12	8,94	9,90	8,46	9,21	11,35	12,04	11,44	11,54
8701	14,01	15,52	15,08	15,04	17,75	18,46	18,47	18,15
" 02	9,99	10,83	10,27	10,46	12,80	12,80	13,70	13,10
" 03	10,44	11,02	10,68	10,78	12,35	12,32	13,52	12,73
" 04	7,09	6,90	6,56	6,83	7,08	6,89	7,40	7,14
" 05	4,28	3,81	3,73	3,89	4,60	3,98	4,08	4,29
Summa	74,57	79,18	70,38	75,23	87,24	87,48	92,26	88,96

Hushållsel (kWh/m² BRA) 8606-8705 (Experimenthus)

Hus	E 4	E 5	E 11	E 12	E 20	E 21	E tot
8606	1,85	2,62	1,69	1,86	2,55	2,55	2,13
" 07	1,97	2,33	1,72	1,88	2,64	2,46	2,12
" 08	2,15	2,60	1,92	2,15	2,80	2,90	2,38
" 09	2,37	2,51	2,00	2,32	3,26	2,71	2,47
" 10	2,71	2,74	2,23	2,63	3,75	3,00	2,77
" 11	2,85	2,86	2,53	2,63	4,03	3,25	2,95
" 12	3,04	3,41	3,72	3,30	4,02	4,08	3,63
8701	3,57	3,60	4,74	4,61	4,41	4,72	4,41
" 02	3,59	2,24	3,35	3,15	3,31	3,00	3,13
" 03	3,83	2,23	2,91	3,06	3,54	2,90	3,05
" 04	2,54	2,10	1,60	2,80	3,26	2,51	2,42
" 05	1,81	2,20	1,53	2,73	3,30	2,45	2,31
Summa	32,28	31,43	29,94	33,12	40,87	36,54	33,78

Hushållsel (kWh/m² BRA) 8606-8705 (Referenshus)

Hus	R 26	R 27	R 33	R 34	R 54	R 55	R tot.
" 06	1,6	1,95	2,12	2,12	1,53	2,09	1,90
" 07	1,56	1,99	1,80	1,99	1,70	2,06	1,86
" 08	1,87	2,17	2,29	2,35	1,81	2,25	2,11
" 09	2,09	2,13	2,27	2,81	1,87	2,55	2,27
" 10	2,38	2,53	2,83	2,90	2,13	2,91	2,61
" 11	2,44	2,66	2,77	2,85	2,21	2,86	2,64
" 12	2,81	2,93	3,17	2,89	2,35	3,37	2,96
8701	2,89	2,78	3,72	3,00	2,52	4,13	3,20
" 02	2,06	2,32	2,68	2,52	1,85	2,79	2,38
" 03	2,05	2,34	2,82	2,66	2,37	2,72	2,46
" 04	1,83	2,18	2,14	2,55	2,12	2,51	2,21
" 05	1,86	2,18	2,32	2,61	2,09	2,49	2,23
Summa	25,46	28,14	30,94	31,24	24,55	32,73	28,83

Tappvarmvatten (kWh/m² BRA) 8606-8705 (Experimenthus och referenshus)

Huspar	E 4,5	E 11,12	E 20,21	E tot.	R 26,27	R 33,34	R 54,55	R tot.
8606	1,00	2,02	3,13	2,16	2,65	2,26	0,66	1,54
" 07	1,13	1,42	2,26	1,63	2,32	1,20	0,72	1,54
" 08	1,43	2,21	3,15	2,35	2,89	2,10	0,91	2,06
" 09	2,21	2,70	3,41	2,83	2,95	2,56	1,29	2,31
" 10	2,25	2,92	3,90	3,10	3,53	2,74	1,26	2,60
" 11	2,84	2,99	4,37	3,42	3,82	2,95	1,07	2,71
" 12	2,71	3,81	4,68	3,85	3,93	2,80	1,38	2,83
8701	2,65	4,25	5,20	4,21	4,68	2,68	2,51	3,52
" 02	1,91	3,70	4,61	3,60	3,56	2,40	2,08	2,81
" 03	2,49	3,96	4,57	3,84	4,36	2,55	2,02	3,18
" 04	2,50	3,43	4,16	3,46	3,87	2,22	1,86	2,84
" 05	1,69	2,60	3,41	2,67	3,20	1,91	1,61	2,38
Summa	24,82	36,03	46,84	37,12	41,77	28,37	17,37	30,68

Varmvattencirkulation (kWh/m² BRA) 8606-8705 (Experimenthus och referenshus)

Huspar	E 4,5	E 11,12	E 20,21	E tot.	R 26,27	R 33,34	R 54,55	R tot.
8606	1,24	1,15	1,60	1,32	1,35	1,49	0,65	1,15
" 07	1,84	1,18	1,31	1,37	1,30	1,43	0,46	1,05
" 08	2,06	1,23	1,22	1,41	1,40	1,56	0,66	1,19
" 09	1,80	1,20	1,39	1,40	1,44	1,66	0,68	1,24
" 10	1,72	1,36	1,63	1,53	1,51	1,77	0,78	1,33
" 11	1,58	1,49	1,91	1,65	1,65	1,86	0,96	1,46
" 12	1,55	1,57	2,07	1,73	1,72	1,95	0,96	1,52
8701	1,72	1,58	2,14	1,80	1,82	2,11	0,52	1,45
" 02	1,53	1,35	1,89	1,57	1,63	1,89	0,32	1,25
" 03	1,62	1,40	1,94	1,63	2,01	1,97	0,74	1,58
" 04	1,53	1,24	1,87	1,52	0,99	1,97	0,75	1,13
" 05	1,36	1,09	1,70	1,35	1,43	1,76	0,66	1,25
Summa	19,54	15,84	20,66	18,27	18,25	21,41	8,14	15,60

Totalt köpt energi (kWh/m² BRA) 8606-8705 (Experimenthus och referenshus)

Huspar	E 4,5	E 11,12	E 20,21	E tot.	R 26,27	R 33,34	R 54,55	R tot.
8606	6,05	6,34	8,56	7,01	6,13	6,27	4,20	5,52
" 07	6,47	5,59	7,13	6,30	5,59	4,76	3,71	4,78
" 08	8,16	7,64	8,08	7,90	7,41	7,05	5,39	6,66
" 09	10,25	9,69	10,82	10,19	11,15	11,03	9,24	10,49
" 10	11,69	12,22	13,03	12,37	14,21	14,04	11,72	13,35
" 11	13,02	14,40	14,85	14,24	16,33	15,95	13,05	15,16
" 12	16,41	18,79	19,27	18,42	19,88	19,82	16,80	18,84
8701	21,97	26,02	27,03	25,45	27,08	26,62	25,09	26,32
" 02	16,38	19,13	19,88	18,76	20,18	19,69	18,56	19,53
" 03	17,63	19,37	20,31	19,29	20,92	19,59	18,88	19,94
" 04	13,45	13,78	15,34	14,23	13,96	13,41	12,40	13,32
" 05	9,32	9,65	11,58	10,22	11,26	10,11	8,71	10,15
Summa	150,82	162,62	175,88	164,38	174,10	168,35	147,75	164,06

Årsvärden för olika delförbrukningar (kWh/m²,BRA) 8606-8705

	Experimenthus	Referenshus
Radiatorvärme	75,2	89,0
Hushållsel	33,8	28,8
Tappvarmvatten	37,1	30,7
VVC	18,3	15,6
Totalt	164,4	164,1

BILAGA 4

DRIFTDATA FÖR SOLBALKONGSYSTEMET.

Solbalkong/hålbjälklagssystemet har ej gett så stora energibidrag som beräknats i BRIS-simuleringarna. I denna bilaga redovisas de dataunderlag som har använts till förklaring av solvärmesystemets funktion. Mätningar har gjorts i nio av de 32 experimentlägenheterna.

Balkongtemperaturen och inloppstemperaturen till hålbjälklagen är timmedeltemperaturer under den timme mellan hela klockslag då balkongfläkten startat. För lägenhet 043 saknas mätvärden då mätdata har varit odefinierade. Då endast timmedelvärdet redovisas framgår ej exakt vilket värde de båda temperaturerna hade i det ögonblick då balkongfläkten startade. De slutsatser som redovisas i Bilaga 1 (punkterna 9-23) bygger på kompletterande studier av hur balkongtemperaturen och inloppstemperaturen till hålbjälklagen ändrar sig under timmarna närmast fläktstarterna.

BALKONGTEMPERATUR UNDER DEN TIMME DÅ FLÄKTEN STARTAT

Månadsmedelvärden 8606-8705 (°C)

lgh	041	042	043	044	051	052	053	054	201
jun	34,9	-	-	26,8	23,5	27,2	24,9	25,3	24,1
jul	-	-	-	-	-	-	-	-	40,2
aug	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sep	33,3	26,6	-	25,4	28,9	29,9	31,8	28,8	31,3
okt	34,6	28,3	-	26,7	28,1	34,0	33,5	30,1	27,8
nov	38,3	31,8	-	28,5	27,5	36,8	29,6	31,7	27,0
dec	-	34,7	-	25,2	-	-	-	-	-
jan	32,0	33,7	-	31,3	-	-	-	-	22,7
feb	35,6	33,4	-	29,7	29,4	36,5	30,3	30,4	28,7
mar	35,6	30,1	-	28,9	28,5	33,9	30,8	30,0	29,2
apr	27,5	26,0	-	24,0	25,5	29,2	29,0	26,4	24,7
maj	27,9	25,2	-	24,7	24,4	26,7	26,0	25,7	23,4

Årsmedelvärden 8606-8705 (°C)

lgh	041	042	043	044	051	052	053	054	201
33,3	30,0	-	27,1	27,0	31,8	29,5	28,5	27,9	

INLOPPSTEMPERATUR TILL BJÄLKLAGSKANAL DE TIMMAR
DÅ FLÄKTEN STARTAT

Månadsmedelvärden 8606-8705 (°C).

lgh	041	042	043	044	051	052	053	054	201
jun	33,1	-	-	26,5	23,0	26,1	23,3	24,9	24,5
jul	-	-	-	-	-	-	-	-	35,9
aug	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sep	25,3	23,2	-	23,4	22,6	25,6	23,6	24,9	26,4
okt	27,7	22,4	-	22,1	22,3	26,0	22,4	23,3	22,4
nov	30,9	22,4	-	21,6	23,0	27,5	22,4	21,7	20,5
dec	-	23,0	-	22,1	-	-	-	-	-
jan	24,9	22,9	-	17,6	-	-	-	-	17,4
feb	26,4	23,2	-	21,5	21,9	26,4	20,8	20,3	19,6
mar	27,3	22,4	-	22,7	22,4	24,7	20,0	21,2	21,6
apr	24,1	22,4	-	22,3	22,4	24,5	22,2	23,2	22,0
maj	24,2	22,3	-	22,8	22,4	23,8	22,4	22,9	23,4

Årsmedelvärden 8606-8705 (°C).

lgh	041	042	043	044	051	052	053	054	201
	27,1	22,7	-	22,3	22,5	25,6	22,2	22,8	23,4

SKOGSALMEN 8606-8705

Tabellen ger en översikt av hur ofta och när fläktarna startat. Skillnaden mellan värden i tabell 3a) och 3b) beror på att fläktarna ibland startat flera gånger under en mättimme.

3a) TOTALT ANTAL FLÄKTSTARTER 8606-8705

Månadssummor (st.)

lgh/	041	042	043	044	051	052	053	054	201
jun	2	0	0	1	16	18	17	18	22
jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1
aug	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sep	15	17	0	16	13	16	18	17	17
okt	14	14	0	12	8	10	10	10	20
nov	3	8	0	6	2	3	2	4	10
dec	0	1	0	1	0	0	0	0	0
jan	1	2	0	1	0	0	0	0	3
feb	14	14	0	10	6	7	8	11	15
mar	21	21	0	19	15	17	17	20	21
apr	48	24	0	23	20	23	23	24	23
maj	19	22	0	21	15	19	26	24	32

Årsummor (st.)

lgh/	041	042	043	044	051	052	053	054	201
	139	124	0	111	96	115	123	130	165

3b) ANTAL TIMMAR 8606 - 8705 MED FLÄKTSTARTER

Årsummor (h)

lgh	041	042	043	044	051	052	053	054	201
	116	122	0	109	95	113	120	128	142

DIVERSE ÖVRIGA DRIFTDATA FÖR BALKONGFLÄKTAR, 8606-8705.

Igh	041	042	043	044	051	052	053	054	201
Brutto(*) drifttid(h)	662	1450	0	1130	587	700	1140	1096	1649
Netto(**) drifttid(h)	559	1298	0	1041	495	598	1034	984	1539
Antal dagar som fläkten varit i drift	104	131	0	118	92	107	121	125	149
Medelvärde (h)									
bruttodrifttid/dag	6,4	10,7	-	9,6	6,4	6,5	9,4	8,8	11,1
Min. bruttodrifttid/dag (h)	2	1	-	1	1	1	1	1	1
Max. bruttodrifttid/dag (h)	12	24	-	24	16	15	24	24	24

(*) Bruttodrifttid: en bruttodriftimme räknas om fläkten varit igång åtminstone någon del av timmen.

(**) Nettodrifttid: fläktens totala drifttid.

Kommentar : Den maximala bruttodrifttiden har enligt tabellen varit 24 timmar i flera lägenheter. Fläkten har alltså gått även på natten och detta kan möjligen bero på att inloppstemperaturen till bjälklagen sjunker långsammare än balkongtemperaturen.

BILAGA 5

BJÄLKLAGSKANALERNAS BETYDELSE FÖR UPPLEVELSEN AV KALLA GOLV

Resultat från boendeundersökningen visar att hyresgästerna klagat på kalla golv i tre gånger fler lägenheter i experimenthusen än i referenshusen. Denna undersökning gjordes innan den aktuella mätperioden juni 1986 - maj 1987. Då hade man ännu inte hunnit rätta till vissa bullerproblem från fläktarna på glasbalkongerna. Dessa bullerproblem minskades genom att vissa delar av luftkanalerna invid balkonginfästningen försågs med ljudisolerande material. Detta kan också ha gett en viss värmeisolerande effekt varför tendensen till kalla golv kan ha minskat efter att boendeundersökningen gjordes.

Här skall ändå utredas om bjälklagskanalernas förbindelse med balkongluften kan ge en ökad värmeförlust i jämförelse med referenshusen och om det i så fall kan innebära att golven i experimenthusen kan bli kallare än i referenshusen.

Hålbjälklagssystemet utgörs av bjälklagskanaler i tre parallella slingor. Dessa har var och en två cirkulära öppningar mot balkongen i sina respektive in och utlopp. Sammanlagt förekommer alltså sex kanalöppningar i kontakt med balkongluften.

Värmetransport p.g.a. strålning.

Kanalöppningarna mot balkongen har ett strålningsutbyte med de ytor av bjälklagskanalerna som kanalöppningen så att säga "ser".

Kanalöppningarna har totalt arean $A = 6 \cdot (\pi/4) \cdot d^2$ [m²].

Bjälklagstemperaturen antas vara ca 20 °C överallt i kanalerna. Balkongtemperaturen sätts till 0°C (kall molnig period). Emissionstalet för betong kan sättas till $\epsilon = 0,9$.

Detta ger:

$$P_{\text{strål}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot ((273 + \theta_{\text{bjälkl.}})^4 - (273 + \theta_{\text{balkong}})^4) \text{ [W]}$$

$$P_{\text{strål}} = 4,4 \text{ W.}$$

Värmetransport p.g.a. egenkonvektion i bjälklagskanalerna.

Luftcirkulation i vertikalplanet inne i kanalerna skulle kunna ge upphov till egenkonvektion i bjälklagskanalerna. Den termiska drivhöjden är emellertid endast 0,1 m (kanaldiametern) och den horisontella transporten sker i den 7 m långa kanalen. Det är ovisst om konvektion överhuvudtaget kan uppstå i en kanal med sådana dimensioner.

För att sätta en övre gräns på hur mycket egenkonvektionsförlusterna maximalt kan bli görs här en hypotetisk studie där friktionskrafterna mot luftrörelsen försummas bredvid de drivande displacementskrafterna. Drivkrafterna uppstår invid den vägg inne i bjälklagskanalens vändzon som är parallell med dess öppning ut mot balkongen och alltså befinner sig på ca 7 m avstånd från denna kanalöppning. Man får:

$$\alpha_k = 5 \text{ W/m}^2\text{K} = P_k = \alpha_k \cdot A \cdot (\theta_{\text{bjälkl.}} - \theta_{\text{balkong}}) = 4,7 \text{ W.}$$

Värmetransport p.g.a. ledning i stillastående luft.

Om ej egenkonvektion föreligger, leds värmen ut ur bjälklagskanalerna i den stillastående luften. Den bortledda värmen kan härledas till:

$$P_{\text{ledn}} = 6 \cdot (\theta_{\text{bjälkl.}} - \theta_{\text{balkong}}) \cdot \left(\lambda_{\text{luft}} \cdot \left(\frac{A}{6} \right) \cdot \alpha_{\text{bjälkl.}} \cdot U \right)^{0,5} \cdot \coth \left(\frac{\alpha_{\text{bjälkl.}} \cdot U \cdot L}{\lambda_{\text{luft}} \cdot A} \right) \text{ (W)}$$

$$\alpha_{\text{bjälkl.}} = 5 \text{ à } 10 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\lambda_{\text{luft}} = (\text{luftens värmekonduktivitet}) = 0,024 \text{ (W/mK)}$$

$$U = (\text{omkretsen i cirkulära bjälklagskanalen} = \pi \cdot d) = \pi \cdot 0,1 \text{ (m)}$$

$$L = (\text{bjälklagskanalens raka längd}) = 7,2 \text{ (m)}$$

Man får $P_{\text{ledn}} = 2 \text{ à } 3 \text{ W}$

Total teoretiskt möjlig värmeförlust p.g.a. att bjälklagskanalerna fungerar som köldbryggor, samt jämförelse med referenshusen.

Den totala värmeförlusten uppgår till:

$$\text{Vid egenkonvektion: } P_{\text{tot}} = P_{\text{stråln}} + P_{\text{konv}} = 4,4 + 4,7 = 9 \text{ W}$$

$$\text{Utan egenkonvektion: } P_{\text{tot}} = P_{\text{stråln}} + P_{\text{ledn}} = 4,4 + 2 \text{ à } 3 \approx 7 \text{ W}$$

Dessa värmeförluster skall jämföras med förlusterna från motsvarande ställe i referenshusen. Där föreligger värmeförluster från den väggyta som motsvarar bjälklagskanalernas cirkulära öppning ut mot glasbalkongen i experimenthusen.

För att kunna beräkna dessa "referensförluster" krävs kännedom om yttemperaturen på väggen och därmed också kännedom om värmeisolering. Ett antagande om detta är:

$$P_{\text{ref}} = \alpha_{\text{vägg}} \cdot A \cdot (\theta_{\text{vägg}} - 0) \quad (\text{W})$$

$$\alpha_{\text{vägg}} = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 6 \cdot (\pi/4) \cdot 0,1^2 \quad (\text{m}^2)$$

Bestäm $\theta_{\text{vägg}}$

$$P_{\text{ref}} = \frac{1}{\frac{1,0}{1,7} + \frac{\delta_{\text{is}}}{\lambda_{\text{is}}}} \cdot A \cdot (20 - \theta_{\text{vägg}})$$

$$= \alpha_{\text{vägg}} \cdot A \cdot (\theta_{\text{vägg}} - 0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_{\text{vägg}} = 20 \cdot \frac{1}{1 + \alpha_{\text{vägg}} \left(\frac{1,0}{1,7} + \frac{\delta_{\text{is}}}{\lambda_{\text{is}}} \right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{\text{ref}} = \left[\text{om } \frac{\delta_{\text{is}}}{\lambda_{\text{is}}} \text{ försummas} \right] = 1,5 \quad (\text{W}).$$

Även om väggisoleringen (dvs $\frac{\delta_{\text{is}}}{\lambda_{\text{is}}}$) försummas fås

$$P_{\text{ref}} = 1,5 \text{ W} \text{ dvs endast c:a } 15 \% \text{ av } P_{\text{tot}}.$$

Om P_{ref} kan försummas bredvid P_{tot} kan experimenthusen teoretiskt få storleksordningen 10 W större nedkylning av bjälklagen per delsystem än referenshusen p.g.a. bjälklagskanalerna.

Kan dessa värmeförluster ge kalla golv?

Nedkylningen av golvytan antas medföra en ökad temperaturdifferens mellan golv och inomhustemperatur.

Antag att värmeövergångstalet vid golvytan är c:a 10 W/m²K och att endast den del av golvytan som motsvarar hålbjälklagets storlek (28 m²) nedkyls av hålskanalerna. Den ökade temperaturdifferensen blir då:

$$P_{\text{tot}} = 10 \cdot 28 \cdot \Delta\theta \quad (\text{W})$$

$$= \Delta\theta = 1/28 = 0,036^\circ\text{C}.$$

Bjälklagskanalernas teoretiskt möjliga nedkylning av bjälklagen motsvarar endast storleksordningen en hundradels °C i ökad temperaturdifferens mellan golv och inomhustemperatur.

BILAGA 6

UPPSKATTAD EXTRA BOAREA I EXPERIMENTHUSENS BALKONGER

Inglasningar av balkonger ger ett bättre klimat och möjliggör längre utnyttjandetider än vanliga balkonger. De kan bättre än en vanlig balkong ge extra bostadsyta och/eller kanske användas för odling av blommor och grönsaker från tidig vår. Nedan redovisas försök till uppskattning av sådan extra bostadsarea.

I glasbalkongerna i kv. Skogsalmen har man haft problem med utvädring av övertemperaturen sommartid. detta leder till ett lägre balkongutnyttjande än i vanliga balkonger. Hänsyn till detta har ej tagits i nedanstående uppskattning av "utökad lägenhetsarea". Kriterier för uppskattningen har valts med hänsyn till balkongtemperaturen på följande sätt:

Extra boarea	= 0 m ² då balkongtemp. är < 10°C.
" "	= (balkongtemp.-10) m ² då balkongtemp. är 10 - 20°C.
" "	= 10 m ² då balkongtemp. är > 20°C.

För den fjärdedel av lägenheterna där balkongtemperaturer uppmätts kan med denna utgångspunkt följande medelvärden beräknas:

Tabell 13 Extra boarea i experimenthusens balkonger beräknat utifrån månadsmedelvärden för uppvärmningssäsongen.

8609	8,00 m ²
" 10	5,15 "
" 11	2,50 "
" 12	0,56 "
8701	0,50 "
" 02	2,26 "
" 03	3,88 "
" 04	6,74 "
" 05	7,69 "

Om medelvärde för uppvärmningsperioden beaktas fås:

Perioden sept-maj motsvarar: 4,14 m² som periodmedelvärde. Det innebär ca 4 á 5 % större area för experimenthusens lägenheter.

Perioden okt-april motsvarar: 3,08 m² som periodmedelvärde. Det innebär ca 3 á 4 % större area för experimenthusens lägenheter.

Den uppskattade extra bostadsarean utan krav på egen extra tillförsel av köpt energi, kan med det presenterade synsättet anses motsvara ca 3-4 % av den ordinarie bostadsarean.

BILAGA 7

DRIFTERFARENHETER FRÅN BALKONGFLÄKTAR OCH SOLVÄRMEINLAGRING I HÅLBJÄLKLAGE.

En väsentlig del av idén med solvärmestillskott genom inglasade balkonger var att med hjälp av fläktar på balkongerna styra solvärme från balkong till hålbjälklage. Hålbjälklagen skulle sedan avge denna värme till lägenheten.

Enligt projekteringshandlingarna för energisystemet ska balkongfläktarna starta när lufttemperaturen i inloppet till hålbjälklagen överskrider 23 °C och stanna när den underskrider 20 °C eller då den underskrider utloppstemperaturen i hålbjälklaget. Enligt beräkningar baserade på rätt osäkra antaganden skulle c:a 25 % (0,5 kWh/m² (BRA),år) mer solvärme ha inlagrats i bjälklagen om inga avvikelser från den projekterade driftfunktionen inträffat. Orsaken till avvikelsen är främst att balkongfläktarna varit i drift trots att utloppstemperaturen från hålbjälklagen varit högre än inloppstemperaturen. Den härav orsakade oavsiktliga nedkylningen har inträffat under ca 20-40 av de timmar då balkongfläktarna varit i drift.

För mer detaljerade drifterfarenheter hänvisas till Bilaga 1 punkterna 9-23. Ytterligare dataunderlag som verifiering av presenterade analyser och slutsatser finns i Bilaga 5.

BILAGA 8

BERÄKNING AV TEORETISKT ENERGIBEHOV TILL VENTILATIONSAGGREGATENS EFTERVÄRMARE

Ventilationsaggregatens eftervärmare drivs med el som inkluderas i hushållselabonnemanget. Denna elförbrukning skall här teoretiskt beräknas med utgångspunkt från projekteringsdata.

Entalpiverkningsgraden skulle enligt projekteringarna vara 50 %. Tillufttemperaturen antas vara lägst 17 °C.

Utomhustemperaturens årsmedelvärde är c:a 6 °C.

Under den tid av året då värmeåtervinningen teoretiskt inte räcker för att ge önskad tillufttemperatur 17 °C blir med dessa data det specifika värmebehovet:

$$e = 3200 \text{ (h)} \cdot 4,5 \text{ (kJ/kg)} = 14\,400 \text{ (h} \cdot \text{kJ/kg,år)}$$

$$\text{Ventilationsflödet: } q = n \cdot \rho \cdot V = 0,5 \cdot 1,2 \cdot 2865 \cdot 2,4 = 4126 \text{ (kg/h),}$$

där: n = antal luftomsättningar per timme. (oms/h)

ρ = luftens densitet (kg/m³)

V = luftvolym [rumshöjd · bruksarea] (m³)

Det årliga värmebehovet blir

$$E = e \cdot q = 14400 \cdot 4126 = 59,4 \text{ MJ/år} = 5,76 \text{ kWh/m}^2\text{(BRA),år}$$

Det teoretiska värmebehovet till ventilationsaggregatens eftervärmare uppgår alltså till c:a 6 kWh/m²(BRA),år.

REFERENSER

LITTERATUR

- (1) Statens råd för byggnadsforskning. "Skogsalmen" S5:1986, Stockholm.
- (2) Werner G. 1983. Programutredningar för kv. Skogsalmen, Bilaga 1, 830516. K-Konsult. Stockholm.
- (3) Werner G. 1983. Mät- och utvärderingsprogram för Skogsalmen, 830208. K-Konsult. Stockholm.
- (4) Johannesson, CM 1987. Stockholmsprojektet Projektkatalog, 870825. EHUB/KTH. Stockholm.
- (5) SMHI. 1986 1987. Graddagar, 8606-8705 (månadsstatistik). Norrköping.
- (6) Kamjou, Parviz 1987. Utdrag ur loggbok för åtgärder och observationer i Skogsalmen, 870929. K-Konsult. Stockholm.
- (7) Pierre B. 1982. Mekanisk Värmeteori, fortsättningskurs, del 1. Inst. f. Mekanisk värmeteori och Kylteknik KTH. Stockholm.
- (8) Mätpunktsbeskrivning för projekt Skogsalmen (B-fil), Mätcentralen för energiforskning (MCE/KTH). Stockholm.
- (9) Arbetsritningar: A,E,1982.06.01, MÄT80: 041,042,111-114, 201-204, E,1982.06.01, MÄT80: 261-264,331,332, 541-544
- (10) Svennberg S.A. 1983. Värmeåtervinning ur ventilationsluft. BFR T14:1983. Stockholm.

PERSONKONTAKTER

K-Konsult (Parviz Kamjou och Ragnar Jung).
Stockholms Kooperativa Bostadsförening (SKB), (Reino Strömberg).
VVS-tekniska föreningen, Stockholm. (Lars-Göran Karlsson).



R14:1993
ISBN 91-540-5528-8
Bygghälsan, Stockholm

Art.nr: 6813014
Abonnemansgrupp:
T. Fastighetsförvaltning
Z. Konstruktioner och
material

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirka pris: 101 kr inkl moms