



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

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



CARL MICHAEL JOHANNESSON

Stockholmsprojektet – utökad värme- isolering och kvali- tetsstyrning

Kv Sjuksköterskan

R12: 1993

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400129253

 BYGGFORSKNINGSRÅDET

R12:1993

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
VÄG- OCH VATTENBYGGNAD
BIBLIOTEKET

STOCKHOLMSPROJEKTET - UTÖKAD

VÄRMEISOLERING OCH KVALITETSSTYRNING

Kv Sjuksköterskan

Carl Michael Johannesson



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

REFERAT

Sjuksköterskan 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. Sjuksköterskan ligger i Bromma i västra Stockholm.

Experimentdelen av kv Sjuksköterskan, som byggdes 1983-84, består i att med utökad isolering, i kombination med kvalitetsstyrning av byggprocessens olika delmoment, från projektering till drift- och underhållsskedet, minska behovet av köpt energi och samtidigt ge lägre drift- och underhållskostnader. Värmeegenomgångskoefficienten i väggarna är $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ och i taken $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kvalitetsstyrningen i kv Sjuksköterskan omfattar: förbättrade bygg- och installationshandlingar, utbildning av arbetsledare, ökad byggkontroll, information och handledning till brukarna samt bra skötselinstruktioner.

Utvärderingen har haft till syfte att kartlägga fastighetens totala energibalans och att studera utfallet av en utökad värmeisolering, utöver den som gällde när huset uppfördes, SBN 80. Kvalitetsstyrningen har utvärderats utifrån noggrann dokumentation av projekterings-, byggnads- och installationsarbetena. De mätningar som utförts har i första hand inriktats på att analysera tillförsel av energi och i andra hand på att förklara fördelningen på olika förbrukningskällor.

Resultatet av undersökningen är att tjock värmeisolering är en väl fungerande energisparåtgärd men att särskild omsorg måste ägnas de byggnadstekniska lösningarna. Byggnaden är ett konventionellt uppfört bostadshus där utökad värmeisolering kommit till användning tidigare än i de flesta andra byggnader. Detta har i vissa fall lett till väl komplicerade byggnadstekniska lösningar med små köldbryggor men med ifråga om framför allt lufttäthet. Energiförbrukningen i byggnaden uppgår till ca $150 \text{ kWh/m}^2\text{BRA,år}$, vilket är lägre än i flerbostadshus av samma typ som uppförts under samma tidsperiod. Någon energibesparing eller kostnadsbesparing utifrån den speciella kvalitetsstyrning som företogs i projektet har inte kunnat påvisas.

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.

R12:1993

**ISBN 91-540-5524-5
Byggeforskningsrådet, Stockholm**

Innehållsförteckning

Förord	1
Byggnaders energistatus	3
Byggnadsteknik, ekonomi	7
Faktasammanställning	18
Mät- och utvärderingsprogram	22
Vad tycker de boende	29
Köpt energi	45
Kvalitetsstyrning	58
Effektivare elanvändning	59
Luftläckning och ventilationssystem	67
Kan simuleringsprogram användas i prognoser	72
Värmeledningsförmåga hos tjock lösfallnadsisolering	77
Simuleringsmodeller	89

Sammanfattning

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. Stockholmsprojektet har pågått sedan 1983. När husen projekterades var elenergi billig och olja dyr. Under de år som stockholmsprojektet pågått har förhållandena förändrats.

Den bärande idén med kv Sjuksköterskan är att med konventionella byggmetoder minska byggnadens energibehov. Därför har huset projekterats bland annat med höga krav på täthet och isolering.

Värmeledningskoefficienten, U -värdet, har sänkts under kraven i SBN 80 till 0,17 i väggar och 0,12 i tak. Fönstren i söder är större än de mot norr. Samtliga fönster har gasfyllning och selektiv beläggning. U -värdet är angivet till 1,3 W/m²K.

Förutom utökad isolering utgörs experimentet av kvalitetsstyrning av planering, byggande och drift och underhåll.

Kvalitetsstyrning omfattar, så som den är redovisad av Riksbyggen konsult:

- Förbättrade bygg- och installationshandlingar
- Utbildning av arbetsledare
- Ökad byggkontroll
- Information och handledning till brukarna
- Bra skötselinstruktioner

Sjuksköterskan stod klart för inflyttning sommaren 1984. Fel och brister i byggnaden har uppmärksammas vid flera tillfällen sedan dess.

De erfarenheter som inhämtats under bygg- och idrifttagningsskedet har resulterat i synpunkter på konkreta förändringar med utgångspunkt i utförandet i Sjuksköterskan. Dessa förändringar avser förenkling/förbättring av sådana utformningar som visat sig medföra problem.

Till grund för energiutvärderingen ligger ett mätprogram som avser att dels kartlägga fastighetens energibalans, dels att studera utfallet av en utökad isoleringsstandard utöver SBN80. Förutom den utökade energistandarden har projektet genomförts med en målinriktad kvalitetsstyrning avseende värmeisolering, lufttäthet samt energipåverkande installationer. Utvärdering av denna kvalitetsstyrning sker ej via direkta mätningar utan bedöms utifrån en noggrann dokumentation av projekterings-, byggnads- och installationsarbeten samt belyses vidare i det s.k. teknikvärderingsprojektet inom Stockholmsprojektet.

Värmesystemet i kv Sjuksköterskan är dimensionerat som ett s k lågtemperatursystem (55/45 °C). Kontroll av distributions-temperaturer i värmesystemet görs via registrering av fram-

och returtemperaturen på värmevattnet. Detta ger också möjlighet att bedöma byggnadens effektbehov vid olika driftfall.

Tappvarmvattnet distribueras med en temperatur på 45 °C. För att kontrollera om denna temperaturnivå är tillräcklig med hänsyn till ledningsförluster och VVC kontrollmäts tappvarmvattentemperaturen på olika avstånd mellan värmecentralen och lägenheterna.

Värme ur frånluften värmeväxlas mot inkommande uteluftsflöde i en dubbel korsvärmväxlare. Värmeinnehållet i luften mäts både före och efter värmväxlaren. Mätningar görs både för luftens temperaturförändring och för luftens förändring av fuktinnehåll för en bestämning av luftvärmväxlarens energiverkningsgrad.

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

När det gäller upplevelsen av såväl värme som ventilation i de tre först färdigställda husen i Stockholmsprojektet utmärkte sig kv Sjuksköterskan som något av en förlorare. Det var här man oftast hade klagomål på drag och då främst från inblåsningdonen. Värmen i lägenheterna klassades också ut såväl vid en totalbedömning som vid en jämförelse med tidigare bostad.

I den öppna inledande frågan kring vad som var lägenhetens största fördel respektive nackdel, nämnde 70% av de boende någon nackdel. Bland dessa nämner en fjärdedel värmen i lägenheten som dess största nackdel.

I ett tidigt skede av stockholmsprojektet gjordes datorsimuleringar över byggnadernas energianvändning. I första hand gjordes simuleringarna som ett underlag vid projekteringen av byggnadernas värmeanläggningar. Som ett speciellt projekt utfördes dessutom jämförande studier med två olika simuleringsprogram, BRIS och DEROB. Simuleringarna visar på ett årligt behov av köpt energi på mellan 108 kWh/m², år (DEROB) och 124 kWh/m², år (BRIS).

Den totala uppmätta förbrukningen av köpt energi har varierat mellan 146 och 151 kWh/m² bruksarea (BRA), totalt ca 640 MWh/år. Totalförbrukningen är ganska stabil från år till år med mindre än 4 % variation mellan högsta och lägsta värde. Variationen är alltså mycket liten och den lilla skillnad som finns kvar kan bl a förklaras med brister i korrigeringsförfarandet samt att anläggningen under 1985-86 inte var optimalt injusterad. Vid ett närmare studium visar det sig att den injustering av anläggningen som gjordes under vintern 1986 - 87 ledde till minskad värmeförbrukning för uppvärmning av ventilationsluft, men att denna minskning i sin tur medförde en ökning av värmeförbrukning i radiatorkretsen. Injusteringen ledde alltså inte till någon total besparing men bidrog troligen till att komforten i lägenheterna ökade. Bild A1 redovisar totalt

köpt energi uppdelad i poster. Den köpta energin fördelar sig på tre ungefär lika stora poster: Elenergi, värme till radiatorsystemet och ventilationsanläggningen samt tappvarmvattenberedning.

Förbrukningen av energi till tappvarmvattenberedning är något högre i kv Sjuksköterskan än i Stockholmsprojektets övriga byggnader. Orsaken till detta är att temperaturen på det varmvatten som levererats till byggnaden varit för låg. Detta har lett till större förbrukning av varmvatten än nödvändigt.

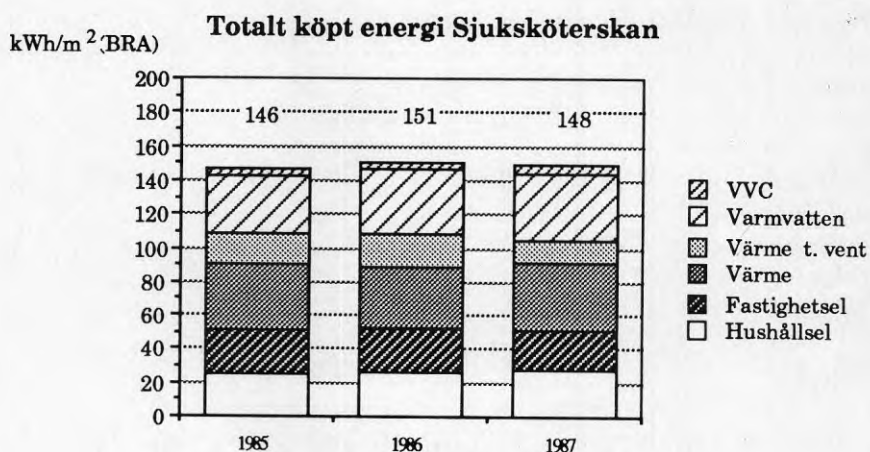


Bild A1 Köpt energi kv Sjuksköterskan årsvis 1985-1987, fördelat på fjärrvärme, värme till ventilationsaggregat, varmvatten, VVC, fastighetsel och hushållsel. Graddagsjusterade och ytnormerade värden. (kWh/m² BRA)

Elförbrukningen är hög jämfört med vad man antog i simuleringsberäkningarna. Framförallt underskattades andelen fastighetsel. I kv Sjuksköterskan använder man sig inte av någon speciellt elkrävande teknik. Fastighetselförbrukningen är av den anledningen relativt låg jämfört med de flesta andra byggnaderna i Stockholmsprojektet.

Hushållselförbrukningen i kv Sjuksköterskan avviker inte ifrån vad som förbrukats i Stockholmsprojektets andra byggnader. Den har dock ökat något sedan mätstarten, vilket troligen beror på ökad användning av elektrisk utrustning i hushållen. Fastighetelen har däremot minskat något från år till år vilket kan förklaras med att ventilationsaggregaten efterhand har injusterats.

Var för sig överensstämmer mätresultaten för fastighets- och hushållsel dåligt med simuleringsberäkningarna som för BRIS var 7 resp 36 kWh/m². Orsaken till de stora avvikelserna är bl a att elenergiposterna fördelats på ett annat sätt vid simuleringarna. Delar av det som i mätningarna betraktats som fastighetsel har i simuleringen betraktats som hushållsel. Sammanlagt för fastighets- och hushållsel visar mätningarna ett ca 20 % större elbehov än simuleringarna.

Avvikelsen i fjärrvärmeförbrukningen beror delvis på att man i simuleringarna antar en lägre inomhustemperatur (20 °C) än den verkliga (ca 21 -22 °C) och delvis på att simuleringarna baseras på väderdata för 1971 som var något varmare än normalåret.

Kv Sjuksköterskan har 39 lägenheter. Ventilationssystemet är balanserat med värmeåtervinning (FTX). Fastigheten är fjärr-

värmeansluten. Ventilationssystemet med värmeväxling uppskattas förbruka ca 2,2 MWh el per lägenhet.

Det ökade fläktarbetet i kv Sjuksköterskan för att återvinna värmen ger ett lågt förhållandetal mellan el och återvunnen värme på bara ca 2,2 - 2,7.

En särskild utvärdering av fastighetsel har företagits i kv Sjuksköterskan. Med uppgifter om driftstider och om verklig effekt antages lika med märkeffekter på belysning, fläktar och pumpar erhålls en elförbrukning enligt Tabell A1.

Tabell A1. Elförbrukning i kv Sjuksköterskan

Funktion	Elförbrukning MWh	kWh/m ² ,år	
Tvättstuga	24	5,6	Uppmätta värden
Fläktar	82,3	19,2	
Pumpar	4,7	1,1	
Hiss	5	1,0	
Belysning	12,3	2,9	
Summa	128,3	29,8	

Detta ska jämföras med faktisk elförbrukning 1986 på 134,2 MWh. Dvs ytterligare 6 MWh har förbrukats. Utslaget per lägenhet är elförbrukningen för fastighetsel ca 3,2 MWh per år.

Ur mätdata erhålls en timmedeleffekt för hela byggnaden på 8,6 kW -10,6 kW.

Luftomsättningsmätningar har utförts i Sjuksköterskan med en kontinuerlig spårgasmetod. Samtidigt har mätningar av vindhastighet och temperaturer utförts.

Mätresultatet visar att luftomsättningen är relativt konstant och ligger nära de flätkontrollerade värdena trots att påverkan av vindkrafter och skorstensverkan var betydande.

Den tryckskillnad som råder mellan ut- och insida av byggnaden är liten. Vid lufttäthetsmätningarna nyttjades en utvald lägenhet. Denna var mindre lufttät än flera av de andra lägenheterna i Stockholmsprojektet, eller ca 1.0 oms/h vid 50 Pa. Detta värde uppfyller emellertid kraven i SBN 80.

I kv Sjuksköterskan är utökad isolertjocklek en väsentlig energisparåtgärd. Funktionen hos de tjocka isoleringarna utvärderas speciellt i projektet. Värmeflödesmätningar på olika ytterväggskonstruktioner och på vindsbjälklaget utfördes första gången vintern 1984/85. Nya mätningar utfördes under januari och februari 1986. Mätning av tjocklek hos lösfallnadsisolering är svårt att utföra eftersom ytan är så ojämn.

Fältundersökningar av värmemotstånd och värmeledningsförmåga hos tjock lösfallnadsisolering av mineralull har visat att:

- Uppmätt värmeledningsförmåga för tjock (ca 50 cm) lösfallnadsisolering av mineralull är 0,048 resp 0,046 W/mK.
- Med hänsyn till osäkerheter vid de fältmässiga bestämningarna visar resultaten att de två isolermaterialen A och B har likvärdig värmeledningsförmåga.

- c) Fältmätningar av värmemotstånd hos högisolerade konstruktioner är mycket svåra att genomföra och metodiken bör fortsättningsvis ägnas särskilda studier.

Erfarenheterna från projektet visar att tjock isolering är ett väl fungerande energisparsystem men att särskild omsorg måste ägnas de byggnadstekniska lösningarna. Kv Sjuksköterskan är ett konventionellt utformat flerbostadshus där isolertjockleken utökats vid en tidpunkt när erfarenheterna från detta ännu ej analyserats eller när det var vanligt i flerbostadshus. Detta ledde ibland till okonventionella och väl komplicerade lösningar som hade bl a lufttäthetsmässiga brister. I dag, 1992, får man anse att det finns utprovade lösningar för att klara av dessa problem. Kv Sjuksköterskan var ett av de första husen i sitt slag och det byggnadstekniska resultatet pekar mot att det får efterföljare just genom säkerheten och enkelheten i utformningen.

Förord

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

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

Förutsättningarna för energibesparingen var följande när projektet planerades och inleddes:

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

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

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

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

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

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

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

Stockholm i februari 1992

Carl Michael Johannesson

Byggnaders energistatus

Bertil Pettersson, BFR, VVS&Energi 10-86

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

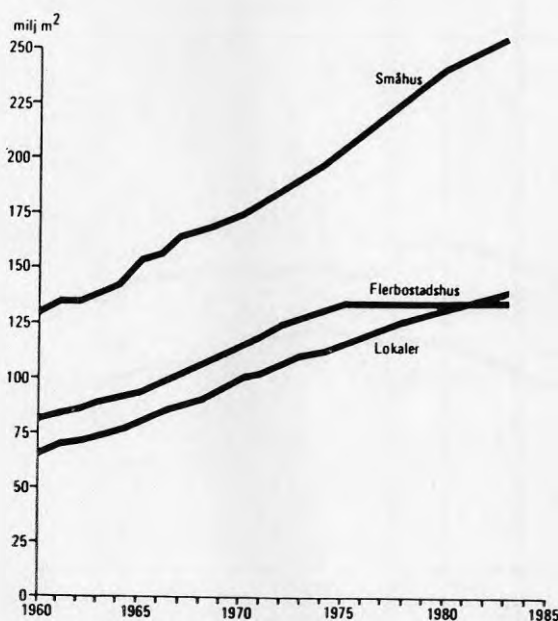


Bild 1 Utveckling av den uppvärmda ytan efter 1960

Flerbostadshusens energiförbrukning minskar

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

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

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

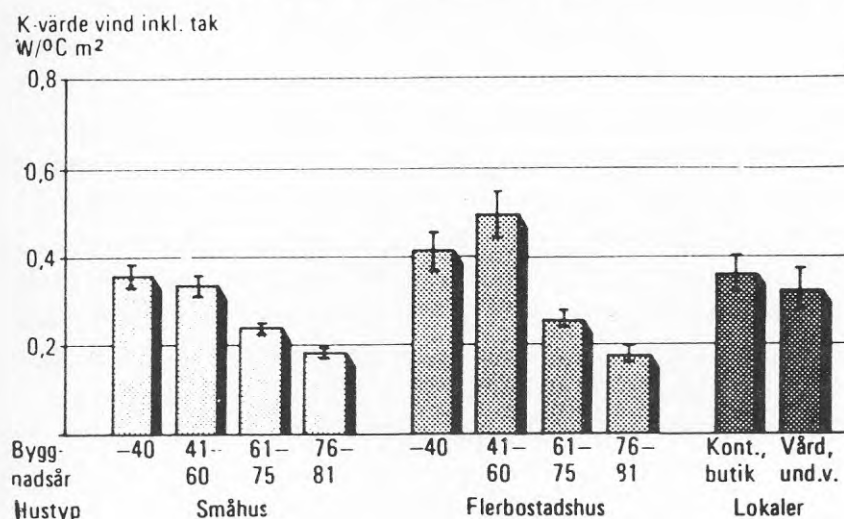


Bild 2 U-värden för vindskonstruktioner i småhus, flerbostadshus och lokaler 1983-84.

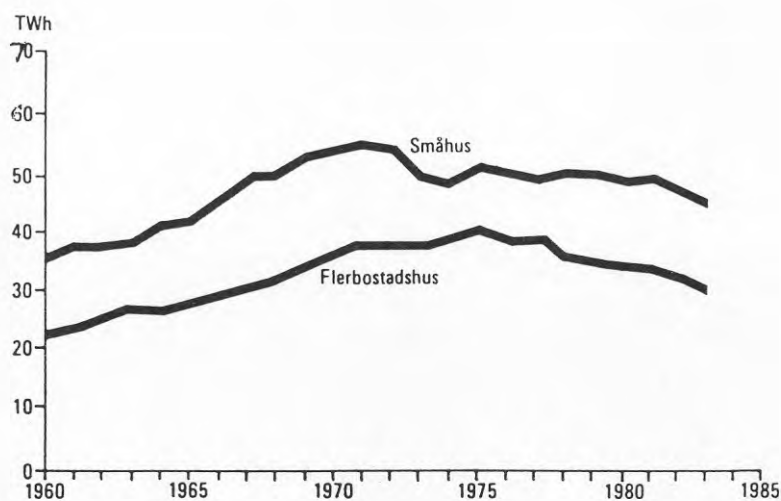


Bild 3 Total energianvändning brutto (exkl hushållsel) i småhus och flerbostadshus efter 1960

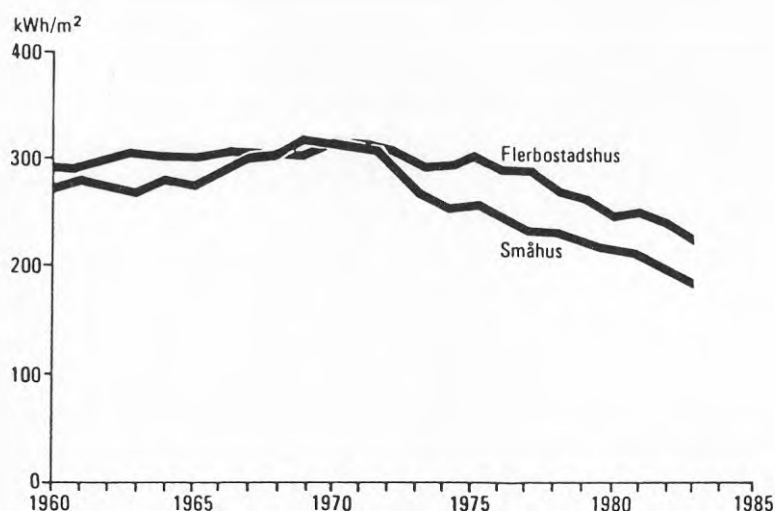


Bild 4 Specifik bruttoenergianvändning för uppvärmning och varmvatten i småhus och flerbostadshus

Lågt energibehov i nya flerbostadshus

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

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

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

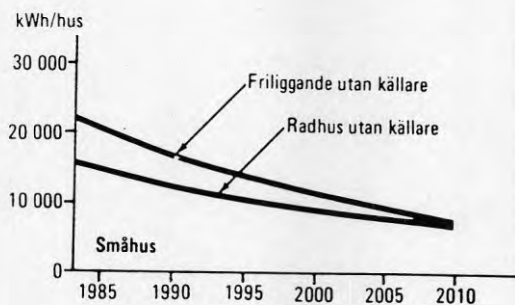
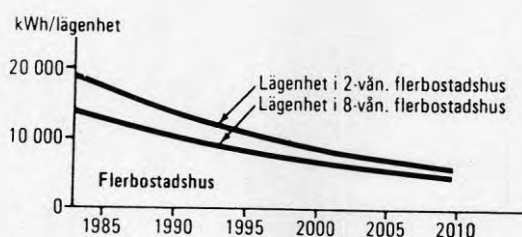


Bild 5 Minskning av framtida energibehov för uppvärmning och varmvatten.

Tabell 1 Beräknat energibehov för uppvärmning och varmvatten för bostäder och lokaler i kWh/m² uppvärmd yta. Byggnader i mellersta Sverige med vattenburen värme. (Källa Anderlind et.al; BFR rapport R140:1984)

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

Kvalitetssäkring

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

Byggnadsteknik och ekonomi

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

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

Byggnadsteknik En allmän del beskriver byggnaden ur byggnadsteknisk synvinkel. I de fall lufttäthetsmätningar gjorts i husen redovisas medelvärden av dessa. Lufttäthetsmätningarna är utförda och redovisade av EHUB, KTH. En mer ingående redovisning och analys återfinns på sid 71 i avsnittet "Luftläckning och ventilationssystem".

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

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

Kostnadskalkylen visar en årskostnadsberäkning enligt nuvärdesmetoden på underlag från investeringskostnads- och drift- och underhållsuppgifterna.

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

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

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

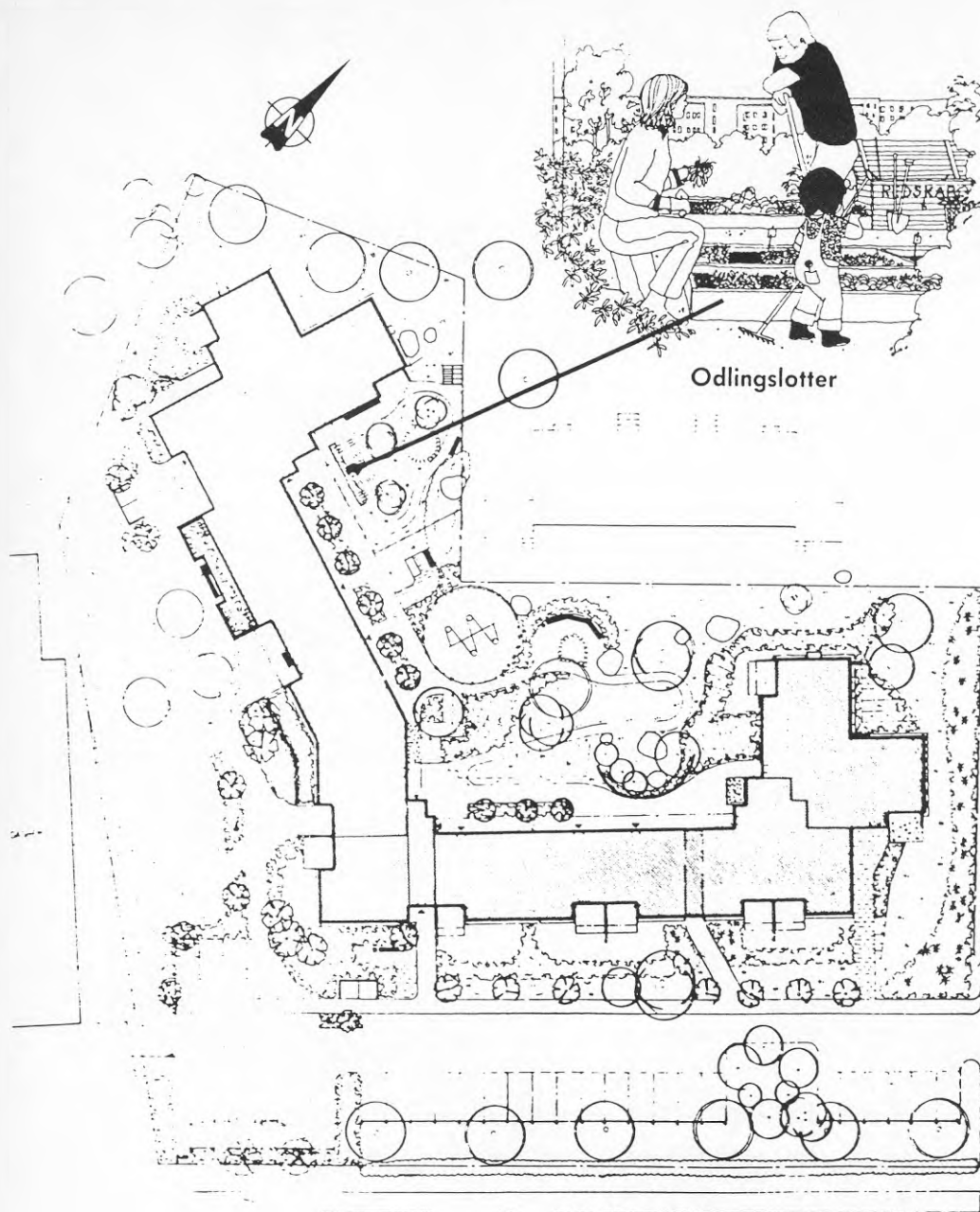


Bild 6 Situationsplan, kv Sjuksköterskan i Bromma

Geografiskt läge

Kvarteret Sjuksköterskan ligger i Bromma i västra Stockholm. Läget är fritt med parkmark i söder och öster. Byggnaden består av två sammanbyggda huslängor med fyra våningsplan. Tillammans bildar huslängorna en U-form. I vinklarna mellan huslängorna ligger trapphus med hiss. Större delen av lägenheterna nås via loftgångar.

Stomme

Stommen är av platsgjuten betong och är en så kallad cellsystemstomme. Huset har extremt välisolerade väggar och tak. Grundläggningen är en platta-på-markkonstruktion med mineralullsisolering under betongplattan. I bostadsrum i markplanet är golv isoleringen kompletterad med 70 mm styrencellplast.

Ytterväggar, tak och fönster

Fasaderna mot gata och på gavlarna har ytskikt av puts på lättklinker. Det förekommer tre typer av ytterväggar i huset:

- 1 Gatufasad - Lättklinkermurverk med innanförliggande 215 mm mineralullsisolering.
- 2 Gårdsfasad - 265 mm mineralullsisolerade lättregelväggar med utsida av cellulosacementskivor.
- 3 Gavelfasad - Skalmur med utsida av putsad lättklinker, 195 mm mineralullsisolering och gjuten betong.

Taket är ett uppstolpat trätak. Vindsbjälklaget är isolerat med 500 mm lösull.

Fönstren är 3-glas (2+1) med selektiv beläggning.

Lufttäthet

Tätheten har provats vid två tillfällen. Den första mätningen visade en högre otäthet än vad kraven i svensk byggnorm, SBN 80, medger (1,0 omsättningar per timme). Särskilda tätningsåtgärder har utförts efter hand. Efter tätningsåtgärderna var medelvärdet för fyra av lägenheterna 0,95 oms/timme. En mer ingående redovisning och analys återfinns på sid 79 i avsnittet "Luftläckning och ventilationssystem".

I Sjuksköterskan prövas främst byggnadstekniska åtgärder för energihushållning. Exempel på detta är utökad isolering och ökad lufttäthet. Dessutom har man här satsat särskilt på kvalitetsstyrning av byggprocessen. Stor möda har lagts ner på utformningen av bygghandlingar. Man har också haft särskild utbildning av byggarbetskraften. Särskilda insatser har gjorts på installationssidan. Installationer har till exempel utformats så att service och underhåll skall förenklas.

Värmesystemet är utfört som ett tvårörs lågtemperatursystem (55-45°C) gemensamt för radiatorer och luftvärmare. De två centrala ventilationsaggregaten är av FTX-typ. Värmeåtervinning mellan till- och frånluft sker i dubbla korsströms värmewäxlare. Tilluften släpps in i lägenheterna under fönsterradiatorerna.

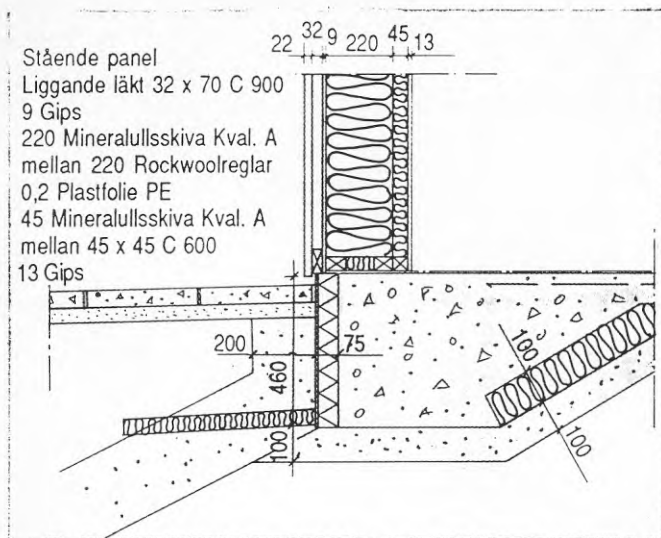


Bild 7 Anslutning mellan grund och lättregelvägg i Sjuksköterskan. Betongplattan saknar isolering under kantbalken. Isolerskivor eller lös lättklinker hade minskat köldbryggan.

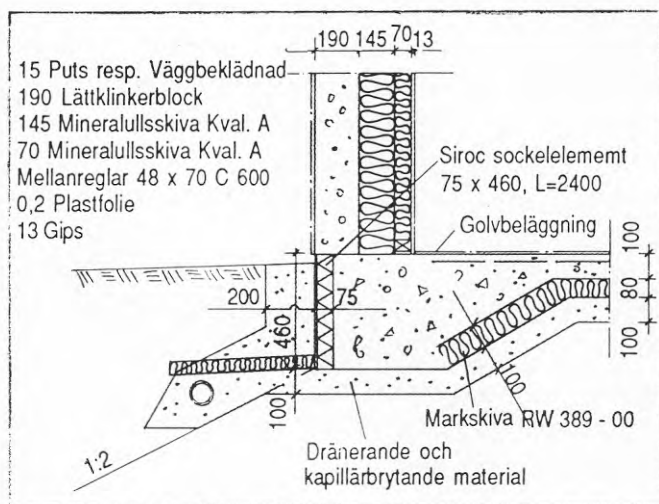


Bild 8 Anslutning mellan grund och lättklinkervägg i Sjuksköterskan. Betongplattan saknar även här isolering under kantbalken.

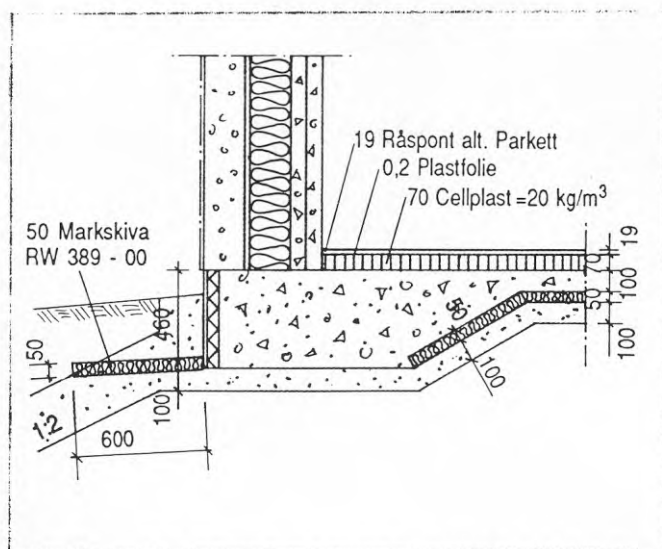


Bild 9 Anslutning mellan grund och gavelvägg i Sjuksköterskan. Gavelväggen i betong är klädd med 195 mm mineralullsisolering och med lättklinker med ytskikt av puts. Betongplattan saknar även här isolering under kantbalken.

Byggnadsdetaljerna är hämtade ur Sex unika hus BFR G2:1988

Bild 10 Anslutning mellan utfackningsvägg av lättklinker och isolering och bjälklag i Sjuksköterskan. Bjälklagsplattans kant är isolerad med 70 mm mineralullsremsa och murverk av lättklinker. Murkramlor och frånvaro av fullgod isolering gör detta till en betydande köldbrygga. Färre kramlor och bättre isolering hade enkelt minskat köldbryggan. Värmeledningen i stål är ca 1000 gånger högre än i isolering. Varje murkramla motsvarar således ca 1,5 dm² isolering.

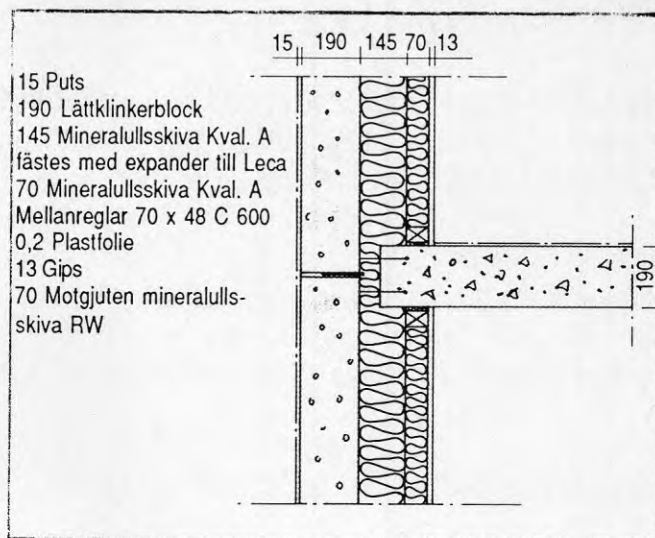


Bild 11 Anslutning mellan lättklinkervägg och vindbjälklag i Sjuksköterskan. Isoleringen består av 500 mm sprutad lösull. Vindskyddet har ersatts med extra isolering.

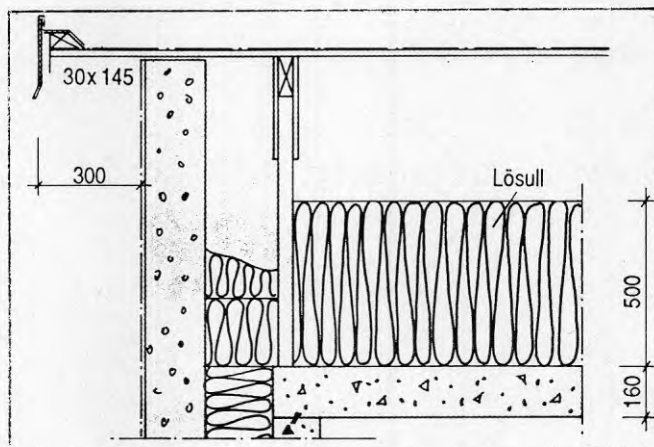
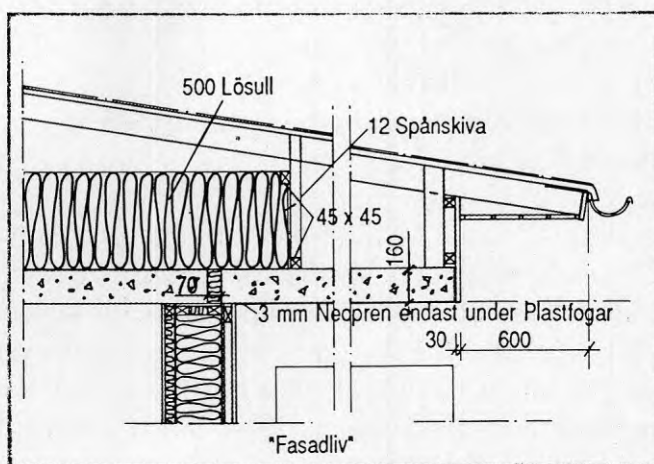


Bild 12 Anslutningen mellan lättregelvägg och vindbjälklag i Sjuksköterskan. Över loftgång vilar vindbjälklagets betongplatta på betongramar. Köldbryggan bryts av 70 mm isolering ovanför lättregelväggen.



Byggnadsdetaljerna är hämtade ur Sex unika hus BFR G2:1988

Experiment

Utökad isolering

Projektets bärande idé är att med konventionella byggmetoder minska byggnadens energibehov. Därför har huset projekterats bland annat med höga krav på täthet och isolering.

Värmeledningskoefficienten, U -värdet, har sänkts under byggnormskraven till 0,17 i väggar och 0,12 i tak. Fönstren i söder är större än de mot norr. Samtliga fönster har gasfyllning och har selektiv beläggning. U -värdet är angivet till 1,3 W/m²K.

Redovisad merkostnad för utökad isolering (prisläge oktober 1983)

Extra isolering av ytterväggar och vindsbjälklag	153 000 kr
Övriga merkostnader till följd av extra isolering	120 000 kr
Moms, kapitalkostnader, allmänna byggherrekostnader	36 000 kr
Summa	309 000 kr

Index för stomkomplement okt 1983-juli 1988: 1,32

Kvalitetsstyrning

Kvalitetsstyrning omfattar, så som den är redovisad av Riksbyggen konsult:

- Förbättrade bygg- och installationshandlingar
- Utbildning av arbetsledare
- Ökad byggkontroll
- Information och handledning till brukarna
- Bra skötselinstruktioner

Merkostnaden för kvalitetsstyrning har inte fullständigt redovisats av Riksbyggen. Kvalitetsstyrning i experimenthänseende får anses innefatta många kvalitetshöjande åtgärder som normalt inte ingår i Riksbyggens byggmetoder men som förväntas medföra särskilda besparingar i drift, underhåll eller livslängd. Byggekostnader för kulvertar eller särskilda byggtekniska detaljer har inte redovisats.

Sjuksköterskan stod klart för inflyttning sommaren 1984. Fel och brister i byggnaden har uppmärksammats vid flera tillfällen sedan dess. Flera av dessa kan hänföras till idrifttagningsproblem men också rena konstruktionsmisstag har upptäckts. Exempel på detta är köldbryggor vid balkonger, bristande vindsisolering och drag från ventilationssystemet. Det är tyvärr svårt att utifrån de fyra årens erfarenheter säga att Sjuksköterskan är ett hus med högre kvalitet än andra hus i Stockholmsprojektet. Detta trots att kvalitetsstyrning och kvalitetskontroll ingår som en del av experimentet med att få låga årskostnader.

De erfarenheter som inhämtats under bygg- och idrifttagningsskedet har resulterat i synpunkter på konkreta förändringar med utgångspunkt i utförandet i Sjuksköterskan. Dessa förändringar avser dels tekniskt krångliga utformningar, dels förenkling/förbättring av sådana utformningar som visat sig medföra problem.

Redovisad merkostnad för kvalitetsstyrning (prisläge okt 1983)

Merkostnader för VVS

Utbyggnad av larmtablå	15 000 kr
Merarbete vid montering av radiatorer	6 000 kr
Moms, kapitalkostnader, allmänna byggherrekostnader	6 000 kr
Delsumma ¹	27 000 kr

Övriga merkostnader

Utökad arbetsledning	90 000 kr
Utbildning av arbetskraft	30 000 kr
Kvalitetsstyrning, projektering	38 000 kr
Gasfyllda fönster med selektiv beläggning	27 000 kr
Moms, kapitalkostnad, allmänna byggherrekostn	8 000 kr
Projektering	200 000 kr
Delsumma ¹	393 000 kr

Summa merkostnad¹ till följd av kvalitetsstyrning 224 000 kr

Index okt 1983 - juli 1988: 1,32

¹ I delsummorna ingår de kostnadsposter som ingår i kvalitetsstyrning. Vid beräkning av projekteringskostnaden i sammanställningen på sid 84 har denna proportionerats på utökad isolering (68%) och kvalitetsstyrning (32%).

Energiförbrukning

Den av EHUB redovisade energiförbrukningen avser år 1986. Idrifttagningen av bygg- och installationssystemen var ännu inte avslutade.

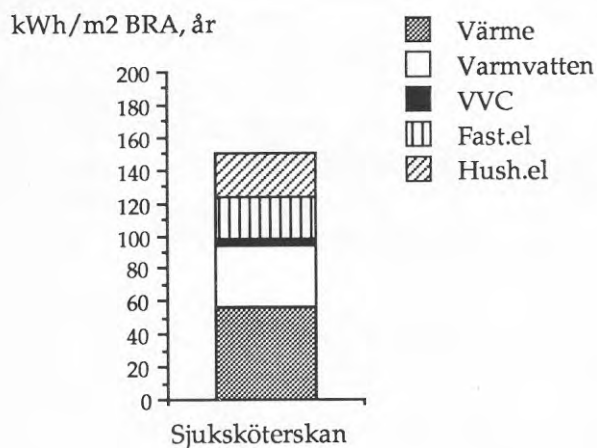


Bild 13 Förbrukning av köpt energi för år 1986. Värdena är framtagna av EHUB.

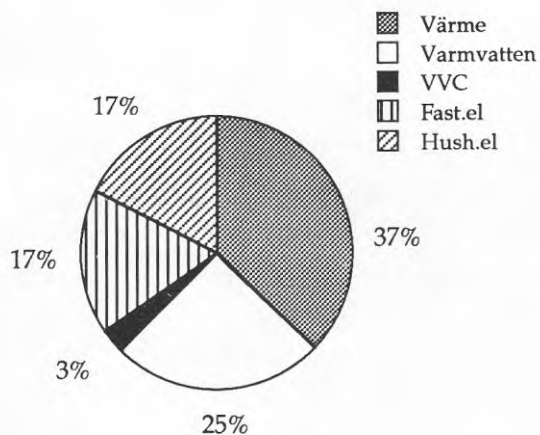


Bild 14 Förhållandet mellan köpt energi för värme, varmvatten, varmvattencirkulation, fastighetsel och hushållsel i Sjuksköterskan 1986. Värdena är framtagna av EHUB.

Drift- och underhållskostnader

Inga merkostnader för drift och underhåll på grund av utökad isolering eller kvalitetsstyrning har redovisats för Sjuksköterskan.

Kostnads kalkyl

Merkostnader för experimentet i Sjuksköterskan jämförda med samma hus utan experimentåtgärder.

Merkostnader för experimentet

Drift och underhåll	-
<i>Annuitet 30 år 4% på investeringsmerkostnaden</i>	
Utökad isolering	34 500 kr/år
Kvalitetsstyrning	16 400 kr/år
Summa årlig merkostnad (prisläge juli 1988)	50 900 kr/år

Vid ett energipris på 0,30 kr/kWh motsvarar denna kostnad 170 MWh eller 40 kWh/m² bruksare.

Area och volym

BRA	Bruksarea	4 281 m ²
BRAp	Primär bruksarea (boarea)	3 511 m ²
BRape	Primär enskild bruksarea (enskild boarea)	3 148 m ²
BRApG	Primär gemensam boarea (gem. boarea)	363 m ²
BRAs	Sekundär bruksarea (biarea)	771 m ²
BTA	Bruttoarea	4 936 m ²
RA	Rumsarea	2 998 m ²
KA	Konstruktionsarea	923 m ²
V1	Bruttovolym	13 227 m ³
V2	Värmd volym	9 629 m ³
IA	Installationsarea	253 m ²
FA	Fönsterarea	388 m ²
NTA	Nettoarea	4 012 m ²
YV	Ytterväggsarea	2 308 m ²

Byggnaden består av ett loftgångsförsett sknuthus i fyra våningar. Det understa våningsplanet är en suterrängvåning med bostäder, lägenhetsförråd, fastighetsskötarlokalerna och gemensamhetslokaler. Trapphusen som utgör knutpunkter mellan bostadshusen, där lägenheterna nås via loftgångar eller via trapphuset, har i Sjuksköterskans fall kallats knuthus. I översta våningsplanet i de två knuthusen finns fläktrum och hissmaskinrum. Under del av byggnaden finns en kulvert som skall förenkla skötsel och underhåll av värme- och VA-anläggningen.

Sjuksköterskan uppvisar genomsnittsförhållanden mellan de flesta arealag och BTA. *Sekundär bruksarea* upptar en något större andel än för de övriga projekten och detta beror på att det finns en värmekulvert under en stor del av byggnaden. Den *omslutande konstruktionsarean* är proportionellt större i Sjuksköterskan än i andra projekt, och det förklaras med att man här har extra tjock isolering i ytterväggarna. I sekundär bruksarea finns inräknad kulvert, lägenhetsförråd och fläktrum.

Finansiering

Fastighetsbeteckning	Sjuksköterskan 5
Adress	Bällstavägen 242 A-G
Beviljat bostadslån, totalt	6 678 000 kr
Låntagarkategori	Allmännyttigt bostadsföretag
Pantvärde	22 260 000 kr
Som säkerhet skall ställas pantbrev mellan (undre gräns) och (övre gräns)	15 582 000 kr -22 260 000 kr
Andrahandspanträtt till pantbrev med bättre rätt krävs (ja/nej)	Nej
Låneunderlag totalt	22 260 000 kr
- därav för bostäder med räntebidrag	20 902 000 kr
D:o utan räntebidrag	1 358 000 kr
Räntetillägg (ingår i låneunderlaget)	3 263 000 kr
Räntetillägg beräkn. för tiden fr.o.m. - t.o.m. 840713-860228	
Avdrag för kapitaliserad tomträttsavgäld	1 762 200 kr
- därav för bostäder	1 116 900 kr
Färdigställandeår	1984
<i>Bostadslånedets fördelning</i>	
Normal lånedel totalt	6 678 000 kr
- därav för bostäder med räntebidrag, - amortering enligt § 41	6 270 000 kr
Lånedel utan räntebidrag - rak amortering	408 000 kr
Amorteringstid, år	40
Del av låneunderlaget som skall täckas med underliggande kredit	15 582 000 kr
- därav för bostäder med räntebidrag	14 632 000 kr
Garanterad ränta första året	2,35 %
Tidskoefficient	1,96
Antal lägenheter	38 st
Av länsbostadsnämnden preliminärt fastställt låneunderlag	18 440 000 kr
Kostnadsjustering med tidskoefficient av indexberoende del	793 000 kr
Differens prissatta variationer	52 000 kr
Konstnärlig utsmyckning	100 000 kr
Skyddsrummersättning	388 000 kr
Räntetillägg	3 263 000 kr
Slutligt låneunderlag	22 260 000 kr

Faktasammanställning för Sjuksköterskan

System för utvärdering

Kvalitetsstyrning
Utökad isolering

Stomme

Cellsystemstomme i platsgjuten betong.

Ytterväggar

Utfackningsväggar på isolerad lättregelstomme.
Putsad lättklinker med invändig isolerad regelstomme.
Gavelväggar i betong med isolering och putsad lättklinker.

Fönster

Förseglade rutor 2+1 med selektiv beläggning.

Isolering

Följande *U*-värden är beräknade:

Vindsbjälklag	0.12 W/m ² K
Yttervägg	0.17 W/m ² K
Fönster	1.30 W/m ² K

Area

Bruksarea (BRA)	4 282 m ²
Enskild boarea (BRApe)	3 148 m ²
Gemensam boarea (BRapg)	363 m ²
Biarea (BRAs)	771 m ²

Lägenhetsfördelning

2 R.o.K.	11 st
3 R.o.K.	20 st
4 R.o.K.	5 st
5 R.o.K.	2 st
Summa	38 st

Tidplan

Byggstart:	aug 1983
Inflyttning:	juni 1984
Mätperiod:	1985-87

Ansvariga

Byggherre:	AB Stockholmsbyggen
Förvaltare:	AB Stockholmsbyggen
Generalentreprenör:	Diös Bygg mellersta AB
Projektör:	Riksbyggen Konsult
Arkitekt:	Riksbyggen konsult
Energikonsult:	Riksbyggen Konsult

Värmeförsörjning

Värme och varmvatten + VVC från grannfastighets panncentral.

Värmedistribution

Lågtempererat radiatorsystem.

Ventilationssystem

Mekanisk till- och frånluftsventilation med dubbel korsströms luftvärmväxlare. Tilluftsventiler är belägna i golv under fönsterradiatorerna.

Total angiven experimentkostnad

694 000 kr i prisläge oktober 1983

Preliminär energiförbrukning enligt EHUB (graddagskorrigerad)

151 kWh/m² BRA (bruksarea)

204 kWh/ m² BRApe (primär enskild bruksarea)

Preliminär årlig driftkostnad exkl. energi för experimentanläggningen

Ingen merkostnad för drift och underhåll av utökad isolering har redovisats. Merkostnad för åtgärder som har samband med kvalitetsstyrning har inte heller redovisats.

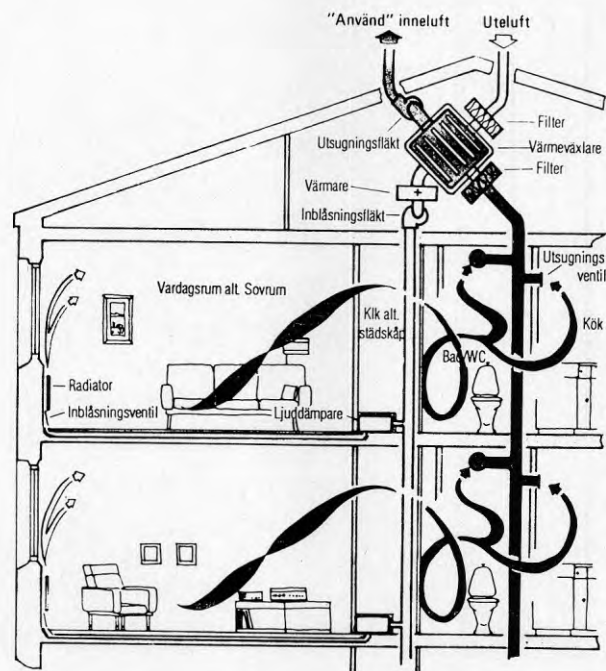


Bild 14b Princip för luftcirkulation i kv Sjuksköterskan.

Bild: Riksbyggen.

Sammanställning

- redovisade och kalkylerade merkostnader till följd av energiexperimenten i Stockholmsprojektet.

I Tabell 2 redovisas den sammanlagda investeringskostnaden för respektive experimenthus i Stockholmsprojektet. Kostnaderna är indexuppräknade till juli 1988. Kostnaden för utveckling och projektering har upptagits i proportion till experimentens andel av den totala angivna kostnaden för energibesparande åtgärder.

I Tabell 3 baseras årskostnadssammanställningen på de uppgifter som redovisas för de olika experimenthusen i Stockholmsprojektet. Investeringskostnaderna är framtagna av byggherren eller hans ombud liksom drift- och underhållskostnaderna. De experimentkostnader som är angivna är de redovisade kostnaderna för respektive system exklusive utvecklingskostnader. De olika systemen har angivits som "Experimentssystem 1" resp "2". De kostnader som redoviss har indexuppräknats till en gemensam tidpunkt, juli 1988. Därvid har entreprenadindex E84 och Entreprenadindex 63 använts. Investeringskostnadens årskostnad har beräknats som annuitet med räntan 4% och avskrivningstiden 30 år.

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

Tabell 2. Kostnader för utveckling, projektering och byggande av husen i Stockholmsprojektet. Prisläge juli 1988.

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

Summa för samtliga projekt i prisläge juli 1988

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

Sammanställning av årskostnader till följd av merkostnader för experimenten i Stockholmsprojektet

Tabell 3. Sammanställning av investeringskostnader och uppskattade drift- och underhållskostnader exklusive energi för Stockholmsprojektets sex hus. Prisläge juli 1988. Värdena avrundade till närmast hela tusental kronor utom för angivelsen kr/m² BRA, år som är avrundad till hela kronor.

	Kejsaren	Sjuksköterskan	Konsolen	Bodbetjänten	Höstvetet	Skogsalmen
<i>Uppskattade kostnader i prisläge juli 1988</i>						
Experimentssystem 1	529 000 kr	620 000 kr	444 000 kr	4 490 000 kr	4 890 000 kr	2 070 000 kr
Experimentssystem 2	564 000 kr	296 000 kr	-	1 275 000 kr	5 160 000 kr	1 270 000 kr
Drift och underhåll, kr/år	27 000 kr	-	-	81 000 kr	167 000 kr	43 000 kr

Årskostnader pga experimentet Investeringskostnaden beräknad som annuitet, 4% 30 år

Experimentssystem 1	29 000 kr	34 000 kr	25 000 kr	219 000 kr	272 000 kr	115 000 kr
Experimentssystem 2	31 000 kr	16 000 kr	-	98 000 kr	287 000 kr	71 000 kr
Drift och underhåll, kr/år	23 000 kr	-	-	81 000 kr	167 000 kr	43 000 kr
Summa kr/år	83 000 kr	50 000 kr	25 000 kr	387 000 kr	726 000 kr	229 000 kr
d:o per m ² bruksarea	43 kr	12 kr	5 kr	59 kr	100 kr	80 kr

Mät- och utvärderingsprogram

Göran Werner m fl, EHUB

Det upprättade mätprogrammet avser att dels kartlägga fastighetens energibalans, dels att studera utfallet av en utökad isoleringsstandard utöver SBN80. Dessutom kartläggs temperatur- och energiförhållanden för de olika ingående uppvärmnings- och ventilationssystemen.

Förutom den utökade energistandarden har projektet genomförts med en målinriktad kvalitetsstyrning avseende värmeisolering, lufttätethet samt energipåverkande installationer. Utvärdering av denna kvalitetsstyrning sker ej via direkta mätningar utan bedöms utifrån en noggrann dokumentation av projekterings- byggnads- och installationsarbeten samt belyses vidare i det s.k. teknikvärderingsprojektet inom Stockholmsprojektet.

Fastighetens energibalans

Utvärderingen av mätresultaten har till syfte att kartlägga fastighetens totala energibalans. Kontinuerliga mätningar tillsammans med momentana mätningar samt teoretiska bedömningar avses klarlägga förhållandena för både energibalansens tillförsel och bortförsedel

För bestämning av transmissionsförluster görs speciella mätningar i en mätlägenhet under vissa perioder med representativa väderdata.

Tillförsel

Uppmätta storheter

- totalt tillförd värme från extern värmecentral, uppdelat på värme till radiatorer och luftvärmare, tappvarmvatten och VVC
- totalt tillförd energi, uppdelat på fastighetsel och hushållsel
- återvunnen ventilationsvärme i luftvärmväxlare uppdelat på två hushållvor

Beräknade storheter

- solvärme genom klimatskärmen, beräkning baserad på uppmätt solinstrålning i områdets närhet

Uppskattade storheter

- personvärme, baserat på antal boende

Bortförel

Uppmätta storheter

- frånluftsventilation
- elförluster sommartid

Beräknade storheter

- transmissionsförluster, baserat på k-värdesmätningar i mätlägenhet
- läckluft (ofrivillig ventilation), baserat på momentana luftläckagemätningar

Uppskattade storheter

- avloppsförluster, uppskattning baserad på studier och mätningar i andra byggnader avstämt mot uppmätt vattenförbrukning

Mätlägenhet

En av huvudåtgärderna för energibesparing i detta projekt är, som nämnts ovan, utökad isoleringsstandard. För att kunna mäta resultatet av denna åtgärd är det nödvändigt att direkt kunna mäta transmissionsförlusterna genom fönster, väggar och vindbjälklag. För detta ändamål har en representativ lägenhet (nr 42) valts ut för direkta mätningar.

Mätningförfarande

Transmissionsförlusterna genom lägenhetens klimatskärms olika delar avses mätas totalt enligt principen för " guarded hot box"- metoden. Dock med den skillnaden att här avses hela rum få utgöra en kontrollerad mätvolym där konstant temperatur hålles, varvid tillförd effekt mäts. Intilliggande rum hålles vid samma temperatur varvid energiförluster till dessa blir försumbara. Golvbjälklaget isoleras med 5-10 cm cellplastisolering, ventiler, fönsterkarmar, dörrar etc tätas så att luftomsättningen minimeras.

Dessa mätningar kompletteras sedan med k-värdesmätning av olika delytor för en fördelning av transmissionsförlusterna på olika byggnadsdelar. I mätlägenheterna kan också lufttäthet och ventilationsomsättning mätas.

Effektbehov, distributionstemperaturer

Värmesystemet är dimensionerat som ett s k lågtemperatursystem (55/45 °C). Kontroll av distributionstemperaturer i värmesystemet görs via registrering av fram- och returtemperaturen på värmevattnet. Detta ger också möjlighet att bedöma byggnadens effektbehov vid olika driftfall.

Tappvarmvattentemperatur

Tappvarmvattnet distribueras med en temperatur på 45 °C. För att kontrollera om denna temperaturnivå är tillräcklig med hänsyn till ledningsförluster och VVC kontrollmäts tappvarmvattentemperaturen på olika avstånd mellan värmecentralen och lägenheterna.

Ventilationsvärmeåtervinning

Värme ur frånluften värmeväxlas mot inkommande uteluftsflöde i en dubbel korsvärmeväxlare. Värmeinnehållet i luften mäts både före och efter värmeväxlaren. Mätningar görs både för luftens temperaturförändring och för luftens förändring av fuktinnehåll för en bestämning av luftvärmeväxlarens energiverkningsgrad.

Metodik för bestämning av energiflöden

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

Bestämning av totala energibalansens tillförselsida

Följande storheter betraktas på tillförselsidan

- värme från extern värmecentral
- tillförd energi
- återvunnen ventilationsvärme
- solvärme via fönster
- personvärme

Värme från extern värmecentral

Värmetillförseln mäts totalt för båda hushalvorna (A och B) som [F:1] och/eller [F:3].

Den förbrukade värmen delas i energibalansen upp som

- värme till radiatorkrets hus A+B [F:7]
- ventilationsluftsvärmning hus A [F:5]
- ventilationsluftsvärmning hus B [F:6]
- tappvarmvatten (exkl VVC) totalt hus A+B[(F:2a]
- VVC energi totalt hus A+B (F:3)

Tillförd energi

Den totalt tillförda elenergin för hus A+B mäts som (F:34)

- andelen fastighetsel mäts som (F:35)
- andelen hushållsel mäts som (F:34 - F:35)

Återvunnen ventilationsvärme

Den via luftvärmeväxlaren återvunna frånluftsvärmen mäts uppdelat för hus A och B

Hus A mäts enligt följande

- avgiven värme i frånluften (A) [F:26 = f(F:8, 9, 10, 11, 14)]
- upptagen värme i tilluften (A) [F:27 = f(F:12, 13, 15)]

Hus B mäts enligt följande:

- avgiven värme i frånluften (B) [F:30 = f(F:16, 17, 18, 19, 22)]
- upptagen värme i tilluften (B) [F:31 = f(F:20, 21, 23)]

Solvärme via fönster

Den passiva solinstrålningen genom fönster som tillgodogörs för husets energibehov beräknas baserat på uppmätt solinstrålning i närliggande omgivning (kv Konsolen).

Personvärme

Den personvärme som finns tillgänglig för husets uppvärmning uppskattas baserat på antal boende och boendevanor.

Bestämning av energibalansens bortförselsida

Följande storheter betraktas på bortförselsidan:

- frånluftsvärme före luftvärmeväxlarna relaterat till uteluften
- läckluftvärme (ofrivillig ventilation)
- transmissionsvärme genom klimatskärmen
- avloppsförluster
- elenergiförluster (sommartid)

Frånluftsvärme

Den värme som ventileras ut via frånluften mäts innan ventilationsväxlaren som [F:25] för husdel A och som [F:29] för husdel B.

Läckluft

Den energiförlust som uppkommer genom luftläckage och vädring beräknas. Beräkningarna baseras på bl a täthetsprovningens resultat samt uppmätta temperaturer ute och inne [0:1] resp [L: 1, 2, 3, 4].

Transmissionsförluster

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

Avloppsförluster

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

Elenergiförluster

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

Studier av driftförhållanden och delsystem

Föremål för dessa studier är

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

Ventilationsluftvärmväxlare

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

Anm ärkning

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

Tappvarmvattentemperaturer

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

Lufttemperaturer i lägenheter

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

Övrigt

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

Tabell 4 Mätbeskrivning kv Sjuksköterskan, områdesmätning och fastighetsmätning

Mätning nr	Mätning	Mätstorhet		
0:X	Områdesmätning			
0:1		Utomhustemperatur		
F:X	Fastighetsmätning			
F:1		Värmeenergi totalt från PC Temp. värme sekundär fram Temp. värme sekundär retur		
F:2a		Varmvattenflöde VVC-flöde Varmvattentemperatur Kallvattentemperatur (tappvv totalt exl VVC)		
F:2b		Tappvarmvattentemp hus A Tappvarmvattentemp hus B VVC-temperatur		
F:3		VVC-energi från PC totalt		
F:4		Kallvattenflöde Kallvattentemperatur		
F:5		Vattenfl. till värmebatt. hus A Temp. värmebatt. hus A, fram Temp. värmebatt. hus A, retur		
F:6		Vattenfl. till värmebatt. hus B Temp. värmebatt hus B, retur Temp. värmebatt hus B, fram		
F:7		F:1-(F:5+F:6)	Värme radiator krets hus A+B	
F:8			Frånluftstemp före VVX hus A	
F:9			Luftfuktighet i frånluft före VVX hus A	
F:10			Avluftstemp efter VVX hus A	
F:11			Luftfuktighet i avluft efter VVX hus A	
F:12			temp uteluftsintag, hus A	
F:13			Tillluftsflöde (före VVX), hus A	
F:14			Avluftsflöde (efter VVX), hus A	
F:15			Tilluftstemp efter VVX, hus A	
F:16			Frånluftstemp före VVX, hus B	
F:17			Luftfuktighet i frånluft före VVX, hus B	
F:18			Avluftstemp efter VVX, hus B	
F:19			Luftfuktighet i avluft efter VVX, hus B	
F:20			temp uteluftsintag, hus B	
F:21			tillluftsflöde (före VVX), hus B	
F:22			Avluftsflöde (efter VVX), hus B	
F:23			Tilluftstemp efter VVX, hus B	
[F:24			F:14, F:10, F:12, F:11	Värme i avluft relativt uteluften, hus A]
F:25			F:14, F:8, F:12, (F:9)	Värme i frånluft (före VVX), relativt uteluften hus A
F:26			F:14, F:8, F:10, (F:9, F:11)	Avgiven frånluftsvärme i VVX, hus A
F:27			F:13, F:12, F:15	Förvärmning av tilluft i VVX, hus A
[F:28			F:22, F:20, F:18, (F:19)	Värme i avluft relativt uteluften, hus B]
F:29			F:22, F:20, F:16, (F:17)	Värme i frånluften före VVX relativt uteluften, hus B
F:30			F:22, F:20, F:16, F:19, F:17)	Avgiven frånluftsvärme i VVX, hus B
F:31				Förvärmning av tilluft i VVX, hus B
F:32				Värme i tempererad tilluft, hus A
F:33				Värme i tempererad tilluft, hus B
F:34			Elenergi totalt hela hus A+B	
F:35		Elenergi fastighetsel exl hushållsel		
F:36		Larm ventilation hus A Larmventilation, hus B		
F:37	F:27/F:25	Energiverkningsgrad luft VVX, hus A		
F:38	F:31/F:29	Energiverkningsgrad luft VVX, hus B		

Tabell 5 Mätbeskrivning kv Sjuksköterskan, lokalmätningar

Mätning nr	Mätning	Mätstorhet
L:X	Lokalmätningar	
L:1		Frånluftstemperatur förråd
L:2		Frånluftstemperatur tvättstuga Frånluftstemperatur torkskåp
L:3	Lufttemp. hus A	Lufttemp. lägenhet 22 kapprum Lufttemp. lägenhet 25 vardagsrum Lufttemp. lägenhet 26 vardagsrum Lufttemp. trapphus plan 3 Lufttemp. lägenhet 31 kapprum Lufttemp. lägenhet 35 vardagsrum Lufttemp. lägenhet 36 vardagsrum Lufttemp. lägenhet 43 hall
L:4	Lufttemp. hus B	Frånluftstemp. barnvagnsförråd Lufttemp. lägenhet 18 kapprum Lufttemp. lägenhet 16 kapprum Lufttemp. lägenhet 13 kapprum Lufttemp. trapphus plan 2 Lufttemp. lägenhet 29 kapprum Lufttemp. lägenhet 27 vardagsrum Lufttemp. lägenhet 24 kapprum Lufttemp. lägenhet 21 kapprum Lufttemp. lägenhet 38 kapprum Lufttemp. lägenhet 35 kapprum Lufttemp. lägenhet 33 kapprum Lufttemp. lägenhet 32 kapprum Lufttemp. trapphus plan 3 Lufttemp. lägenhet 42 kapprum
L:5		Kallvattenförbr. tvättstuga
L:6		Varmvattenförbr. tvättstuga
L:7		El tvättstuga

Vad tycker de boende

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

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

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

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

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

De boende tycker det är för kallt

Under sommarhalvåret menar flertalet av hyresgästerna att temperaturen i lägenheten känns lagom. Däremot är det många som tycker att det är för kallt under vinterhalvåret. Kallast upplever man att det är i kv Sjuksköterskan. I över hälften av lägenheterna upplever man att det är för kallt, många tycker att det t o m är mycket för kallt. Kv Sjuksköterskan är också det hus som oftast anses ha ojämn temperatur.

Vid fortsatt analysarbete kommer de boendes upplevelser av värmen att ställas mot de faktiska temperaturmätningarna. Kv Sjuksköterskan är det hus inom Stockholmsprojektet som är mest likt dem som byggs idag.

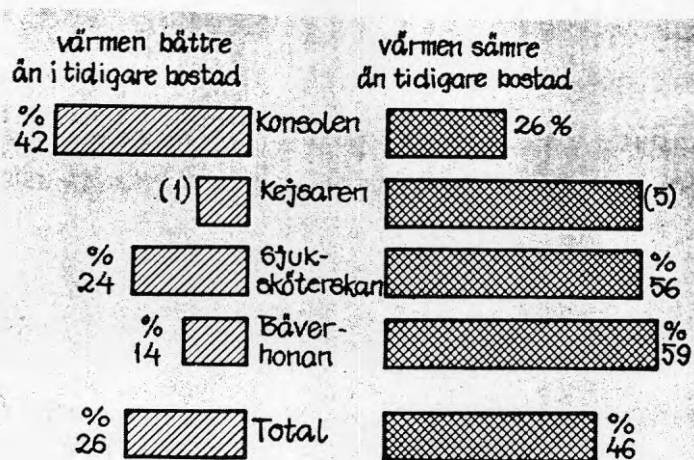


Bild 15 Upplevelse av värmen som bättre eller sämre än i tidigare bostad under vinterhalvåret.

En förlorare?

När det gäller upplevelsen av såväl värme som ventilation i de tre först färdigställda husen i Stockholmsprojektet utmärker sig kv Sjuksköterskan som något av en förlorare. Det är här man oftast har klagomål på drag och då främst från inblåsningssdonen. Värmen i lägenheterna klassas också ut såväl vid en totalbedömning som vid en jämförelse med tidigare bostad. Är då problemen allmänt utspridda eller är de koncentrerade till vissa delar av fastigheten?

Av Bild 16, 17 och 18 kan man skönja en viss koncentration av hyresgäster som upplever stora problem med drag, kalla golv och mycket kallt som helhet under vinterhalvåret till en viss hörnpunkt i mitten av fastigheten. Man kan också se att i vissa lägenheter, främst lokaliserade till de nedersta lägenheterna, anges inte några större problem av detta slag.

Här frågar man sig då om det är de boende som på olika sätt skiljer sig åt eller om det är faktiska skillnader mellan lägenheterna? Genom att närmare analysera de på detta sätt tecknade problemfyllda respektive problemfria lägenheterna både när det gäller de boende och lägenheternas tekniska standard kan man kanske bättre förklara missnöjet.

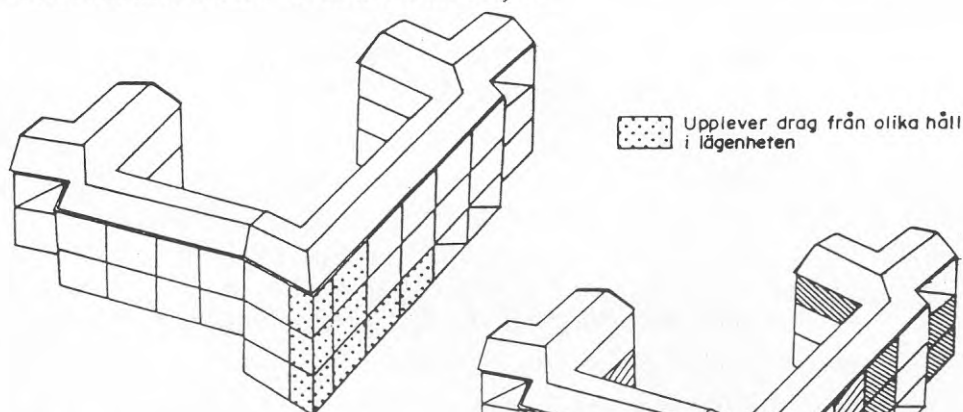


Bild 16 Lägenheter i kv Sjuksköterskan där man upplever drag från 3-5 olika håll.

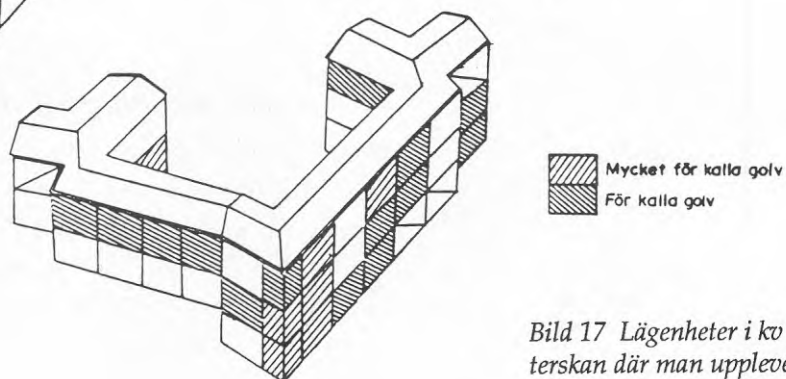


Bild 17 Lägenheter i kv Sjuksköterskan där man upplever kalla golv.

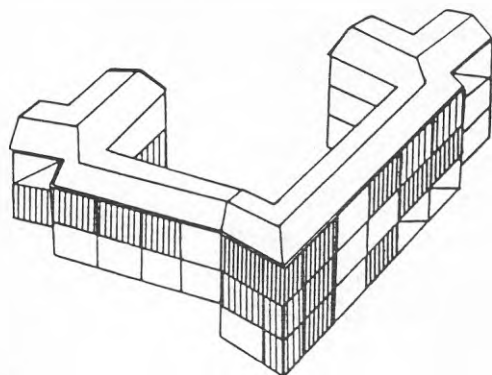


Bild 18 Lägenheter i kv Sjuksköterskan där man upplever att det är för kallt i lägenheten under vinterhalvåret.

Vilka bor i husen?

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

Kv Sjuksköterskan bebos av relativt unga, här är 60% av de intervjuade yngre än 35 år och ingen är över 60 år. Flertalet hushåll, 76%, är barnhushåll, vilket är högsta andelen bland Stockholmsprojektets hus. Av samtliga intervjuade är det endast en som bor ensam, i var femte lägenhet är det två personer i övriga fler än två.

Hela 88% av de boende förvärvsarbetar, 66 % gör det på heltid. Detta återspeglas då 43% av de boende är borta ifrån bostaden mer än tio timmar och endast 10% är borta mer än fyra timmar per dygn. Många arbetar således deltid eller studerar och de vistas borta från bostaden mellan fem och nio timmar.

Allmän trivsel med bostaden.

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

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

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

Tabell 6 Olika mått på trivsel med bostaden, kv Sjuksköterskan och referenshuset.

	Sjuksköterskan	Ref huset
Nöjd med bostad	82 %	73 %
Nöjd med bostadsområdet	100 %	75 %
Bättre grannkontakt nu	53 %	48 %
Huset är snyggt	100 %	57 %
Vill bo kvar	74 %	52 %

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

Av nedanstående tablå kan man se att värmen anges som främsta nackdelen i kv Sjuksköterskan. Den fördel som nämns mest i kv Sjuksköterskan gäller inte bostaden i sig utan dess läge i staden.

+	Rang 1	läget i stan
	Rang 2	planlösningen
	Rang 3	standarden
	Rang 4	placering i huset

Bild 19 Spontant nämnd fördel med lägenheten efter andelen svarande i de olika husen

-	Rang 1	värmen
	Rang 2	hyran
	Rang 3	planlösningen
	Rang 4	förvaltningen

Bild 20 Spontant nämnd nackdel med lägenheten efter andelen svarande i de olika husen.

Olika ventilationssystem

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

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

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

I ett tredje ventilationssystem som blivit mer och mer vanligt i byggnader byggda under 80-talet, styrs både tilluft och frånluft med hjälp av fläktar, s k FT-system. En fördel med att man tar in även tilluften genom speciella kanaler är att man då kan behandla luften t ex värma, kyla eller filtrera. Man kan också på ett enkelt sätt spara energi genom värmeväxling mellan från-

och tilluft. Detta sker genom att man tar tillvara värme från den uppvärmda frånluften och överför den till den kallare tilluften, sk FTX-system. Man kan dessutom utnyttja ventilationssystemet för att tillföra byggnaden dess värme via luften, sk FTV-system.

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

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

Vädringsvanor

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

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

Oavsett vädringsskäl så är den totala vädringstiden per vecka betydligt kortare i Stockholmsprojektets hus än i referenshuset. (Tabell 7)

Tabell 7 Uppgiven vädringstid per vecka. Vädringsindex bildat av hur ofta man vädrar multiplicerat med hur länge man vädrar av olika skäl.

	Sjuksköterskan	Referenshuset
Aldrig	15 %	12 %
< 30 min	47 %	23 %
30-60 min	18 %	18 %
1-2 tim	6 %	25 %
> 2 tim	15 %	21 %
Antal lägenheter	34 st	52 st

Hur upplevs ventilationen som helhet?

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

Matos , fukt och kondens

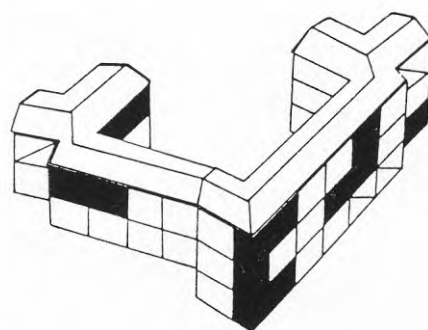
När de boende gör en bedömning av ventilationen som helhet kan denna göras på olika grunder. Begreppet ventilation inbegriper många olika komponenter. I dagligt tal förknippas nog bra ventilation i första hand med hur väl fukt, dålig lukt, damm och andra partiklar förs bort från bostaden. Något som ofta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

För att komma tillrätta med såväl matos som fukt i badrum så placeras alltid frånluftsventiler i dessa rum. I köket ofta tillsammans med någon typ av fläkt och i toalett/badrum ibland i kombination med forceringsmöjlighet alternativt fönster. Trots detta visar resultaten att man ännu inte lyckats lösa ventilationen tillfredsställande här. I över var tredje lägenhet tycker man att det egna matoset inte vädras ut tillräckligt bra (Tabell 8).

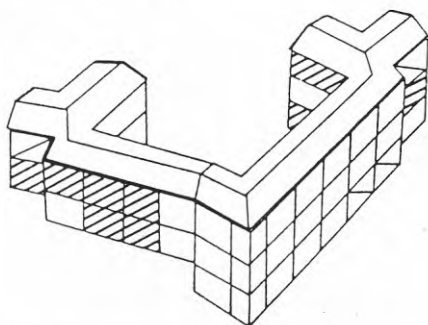
Läget på de lägenheter som har matosproblem visar att vissa lägenheter har problem med eget matos och andra har problem med grannars matos (Bild 21). Detta tyder på att problemet snarare är en funktion kopplad till lägenheten eller fastigheten snarare än till den boende.

Tabell 8 Andel boende som uppger förekomst av eget och grannars matos.

Dålig ventilation vid matlagning	35 %
Förekomst av grannars matos	27 %
Grannars matos dagligen/flera gånger per vecka	12



■ Ventilationen fungerar dåligt vid matlagning



▨ Förekomst av matos från grannlägenhet

Bild 21 Lägenheter där man har matosproblem i kv Sjuksköterskan.

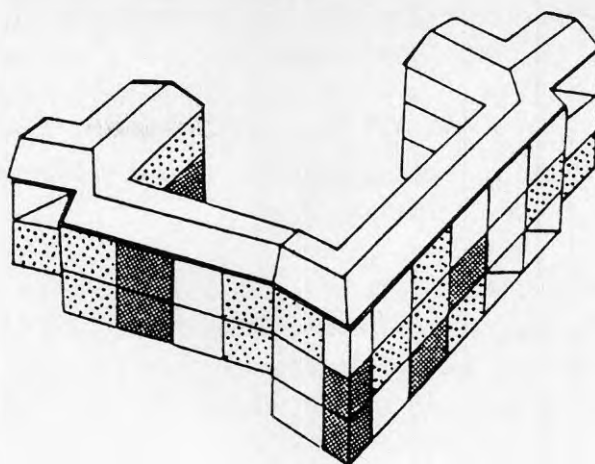




Bild 22 Angivna lägenheter med kondens i kv Sjuksköterskan.

 Kondens på ett fönster i lägenheten
 Kondens på två eller flera fönster i lägenheten

Kondens i lägenheten är ett annat sätt att konstatera om ventilationen är tillräcklig eller ej. En fråga om "det förekom kondens på något fönster i lägenheten om man bortser från korta perioder vid matlagning, tvätt, bad eller dyl" visar att det är få som uppger kondens i kök. Däremot förekommer kondens i vardagsrum. Särskilt utmärker sig kv Sjuksköterskan och kv Kejsaren, där uppemot hälften av de intervjuade uppger att de har kondens i vardagsrum (Tabell 9)

Tabell 9 Andelen boende som uppger förekomst av fukt och kondens.

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

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

Luftkvalitet

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

Jämför man hyresgästernas bedömning av luftkvaliteten för de olika husen sommartid, så är skillnaden liten. I kv Sjuksköterskan markerar en grupp boende ett starkare missnöje med luften än i övriga hus där man är mer nyanserad i sin bedömning.

Vintertid är bilden en annan. Här menar många att luftkvaliteten varken är bra eller dålig. Det är främst i kv Skogsalmen och Konsolen som man ger uttryck för att luften känns bra. I kv Höstvetet är det ungefär lika många som säger att luften känns bra som dålig. Kv Sjuksköterskan har även denna årstid en grupp boende som menar att luftkvaliteten är mycket dålig.

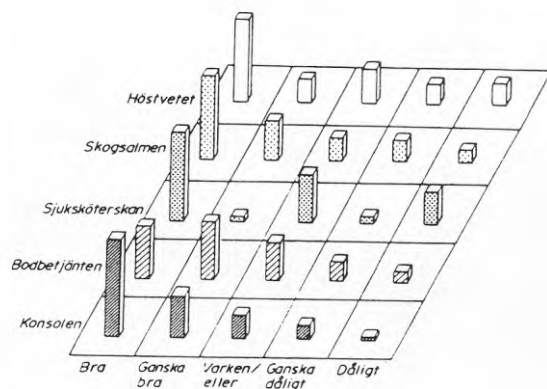


Bild 23 Generell bedömning av luftkvaliteten under sommarhalvåret. (procent)

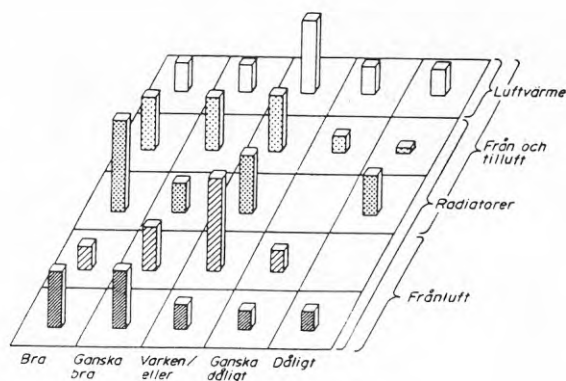


Bild 24 Generell bedömning av luftkvaliteten under vinterhalvåret. (procent)

Drag

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

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

Inom den grupp hus som är försedda med FTX-system är det också stora variationer beroende på varifrån det drar. Även här kan man konstatera att drag från don varierar stort. I kv Sjuksköterskan störs 65% av de boende av drag från inblåsdon och i referenshuset bara 7% (Tabell 10). Vid en närmare analys av kv Sjuksköterskan framgick det att det särskilt var i en viss del av fastigheten som man upplevde drag från flera olika håll (Bild 16, sid 30). Vid en kontroll visade det sig att lufthastigheten från inblåsdonen var alltför hög beroende på felaktig injustering av luftflöden och även på mindre väl utformade inblåsningsdon.

Tabell 10 Andel boende som pekar ut varifrån det drar i hus med olika ventilations-system, FTX-system, Sjuksköterskan

Golv	24 %
Fönster	11 %
Inblåsdon	65 %
Dörrar	14 %
Annanstans	15 %
Total	34 %

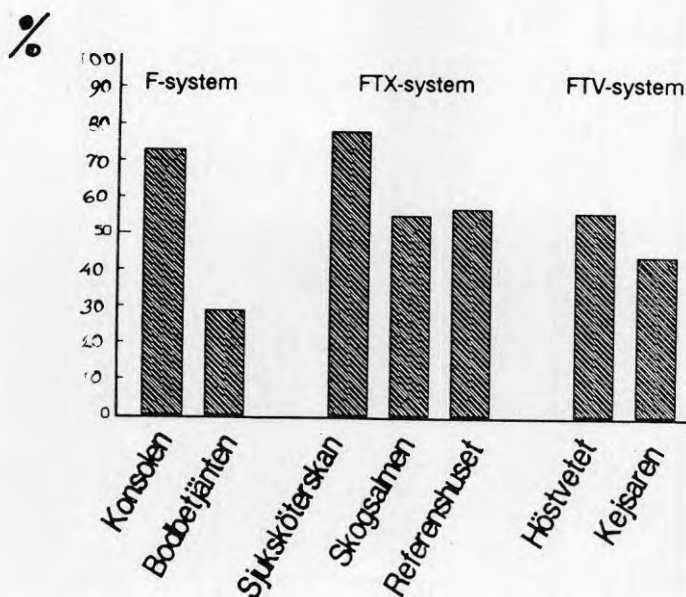


Bild 25 Andelen boende som upplever drag

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

Hur upplevs temperaturen i lägenheten som helhet?

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

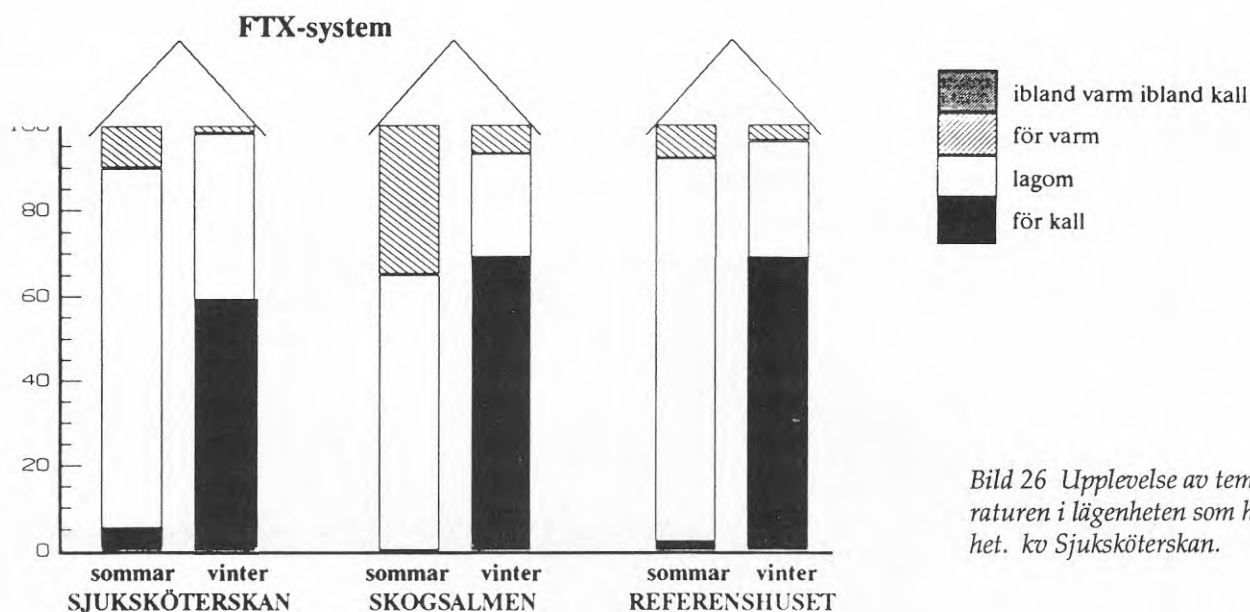


Bild 26 Upplevelse av temperaturen i lägenheten som helhet. kv Sjuksköterskan.

Kalla golv och drag

När de boende gör sin bedömning av lägenhetens temperatur påverkas de således av om den har kalla golv, drag eller av dess luftfuktighet. Som ett typexempel redovisas här upplevd temperatur i kv Sjuksköterskan. Av intervjuerna framgick att mer än hälften av de boende upplevde temperaturen som för låg i lägenheten under vinterhalvåret. Många tyckte den var mycket för låg. Samtidigt hade det vid mätningar vid KTH konstaterats att uppmätta temperaturvärden låg för högt i förhållande till injusterade värden.

Genom att måla upp var i huset man tyckte att det drog från 3-5 olika håll, konstaterades att dessa lägenheter låg i fastighetens hörnpunkt. Vidare markerades också var i huset man speciellt upplevde kalla golv. Även här lokaliserades problemen till samma hörnpunkt men även till de övre våningarna. Till sist plockades också in var i huset man upplevde att det var för kallt under vintern. Även här visade det sig vara i samma lägenheter man upplevde problem med drag och kalla golv.

Lägger man ihop dessa tre variabler som ju alla är ett uttryck för graden av komfort, framträder husets hörnor som speciellt problematiska. Genom att närmare studera vilka hushållskategorier som befolkade lägenheterna, deras vistelsetid i hemmet m fl faktorer som kunde tänkas ha betydelse för upplevelsen av klimatet i lägenheten, framgick att det inte var något speciellt med de boende i dessa lägenheter. Resultaten pekade således på att något inte stod rätt till i själva fastigheten.

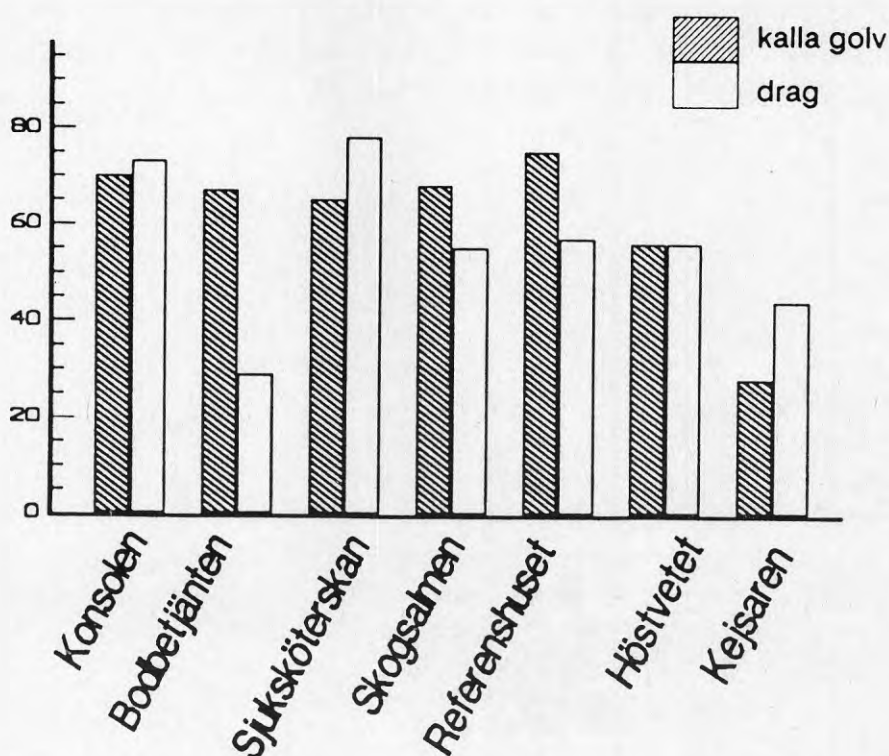


Bild 27 Andelen boende som upplever drag och kalla golv

Problemet med kv Sjuksköterskan visade sig vara att den förvärmade tilluften, som tillförs rummet vid golv bakom radiator endast höll en temperatur på +16-17 °C, samt att tilluftsflödet var alldeles för stort. Eftersom kv Sjuksköterskan är ett extra välisolerat hus är varje radiators effekt mycket låg. Därför fanns det inte någon marginal att via radiatorn kompensera för vare sig ett för stort luftflöde eller en dålig förvärmning av tilluften.

Detta exempel visar dels på sambandet mellan drag, kalla golv och upplevd temperatur. Det visar också på vikten av att presentera upplevelsedata på ett sätt som gör det synligt och begripligt för dem som skall kontrollera och injustera systemen i fastigheten.

Att ha kalla golv och drag är på intet sätt unikt för kv Sjuksköterskan. I samtliga hus säger många, närmare 70%, att de har kalla golv. Orsakerna till kalla golv kan vara flera. Generellt kan dock sägas att dagens täta hus gör dem känsliga för förekomst av köldbryggor. En köldbrygga definieras rent tekniskt som "begränsat parti värmeisolerande byggnadsdel som har sämre värmemotstånd än övriga partier av byggnadsdelen". Det är således viktigt vilken byggmetod och konstruktionsuppbyggnad man väljer. Speciellt gäller det vid infästning av balkonger, bjälklagskanter och socklar.

Värmekomfort

När de boende själva fick pricka in på en skala om luften kändes varm eller kall i lägenheten på vinter- respektive sommarhalvår, blev bilden mer varierad än i fråga om temperaturönskemålen. Variationen är stor såväl mellan som inom de olika husen. Denna variation beror troligen på att i ett begrepp som värme inkluderar hyresgästen både temperatur, drag, kalla golv, luftfuktighet etc. (Bild 28)

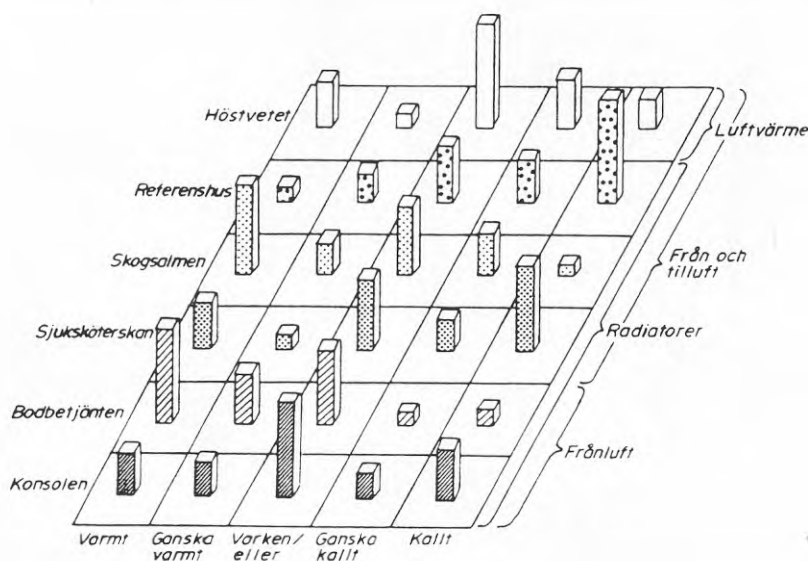


Bild 28 Andelen boende som tycker att luften i lägenheten är varm eller kall i de olika husen under vinterhalvåret.

För Sjuksköterskan överensstämmer de olika måtten på värmekomfort väl. Flertalet tycker att luften känns kall, några i huset menar dock att den känns varm. Vi har tidigare visat hur de boendes synpunkter här har påvisat tekniskt felaktiga inställningar.

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

Hur fungerar varmvattnet?

Uppvärmningen av tappvarmvatten varierar i de olika husen. I kv Sjuksköterskan och Skogsalmen värms vattnet på ett mer traditionellt sätt via en panncentral respektive elpanna. Under intervjun fick de boende tala om ifall varmvattnet enligt deras mening var för varmt eller kallt eller om det var lagom. Resultaten pekar på att totalt sett tycker 80% att varmvattnet håller en lagom temperatur. En högre andel nöjda har jämförelsevis kv Bodbetjänten och Konsolen, båda försedda med värmepump. Något mindre nöjd var man i kv Sjuksköterskan.

Andelen som säger att de har problem med varmvattnet varierar något mellan de olika husen. Det är fler som anger problem i kv Sjuksköterskan och Skogsalmen än i övriga. Detta tyder på konventionella lösningar på uppvärmning av varmvattnet inte är säkrare än den nyare teknik som används i övriga hus.

Studerar man vilken typ av problem som förekommit skiljer sig dessa något mellan de olika husen. I de hus som är försedda med värmepump säger man sig ha haft problem med ojämn vattentemperatur i större utsträckning än i övriga hus. I kv Sjuksköterskan har flera uttryckt sig så, att man måste spola länge innan vattnet blir varmt (Tabell 11).

Tabell 11 Olika typer av problem med varmvattnet som de boende nämner. kv Sjuksköterskan

Vattnet ej tillräckligt varmt	70 %
Vattnet skållhett	6 %
Vattnet måste spola länge för att bli hett	20 %
Vattnet håller en ojämn temperatur	6 %
Antal representerade lägenheter	33 st

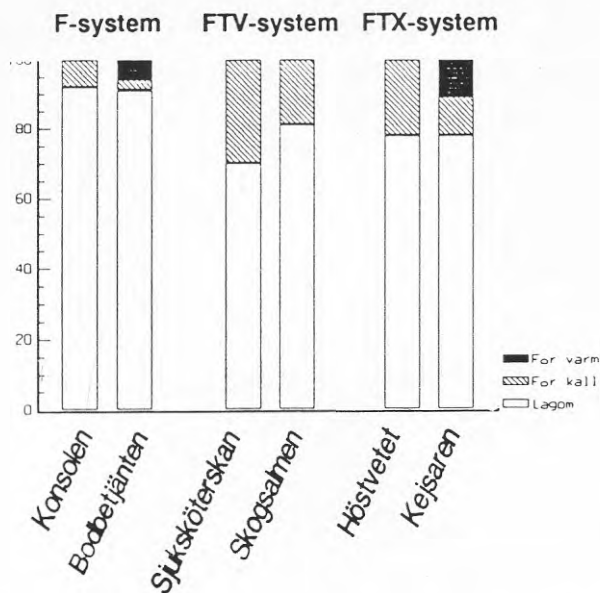


Bild 29 Andelen boende som tycker att tappvarmvattnet håller en för varm eller för kall temperatur.

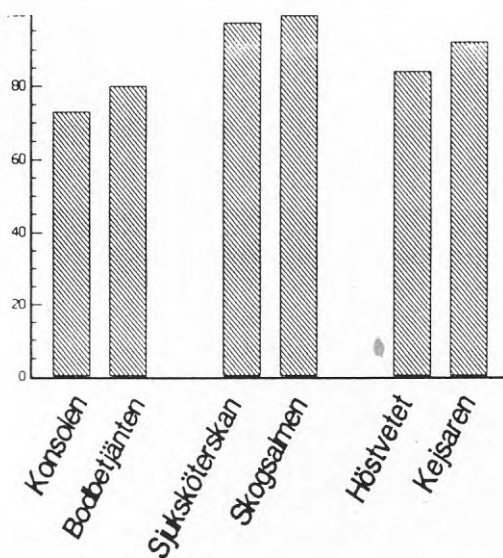


Bild 30 Andelen boende som uttrycker att de haft problem med varmvattnet

Ljud och ljus

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

Relativt snart efter inflyttning fick man emellertid ta emot de boendes klagomål på bl a ljudklimatet i några av husen. Störningar som till stor del kan sägas vara projekterings- eller idrifttagningsfel. Främst gällde det ljud från den tekniska utrustning som placerats i lägenheterna i syfte att värma och ventilerar. I kv Sjuksköterskan gällde klagomålen bristande injustering av ventilationssystem som skapade vinande och blåsande ljud.

Hur lägenheternas inre ljud bedöms i de olika husen redovisas i Tabell 12. Här framgår att ljud från ventilationen upplevs mest störande i hus som har mekanisk från- och tilluftsventilation, kvarteret som i kv Sjuksköterskan och referenshuset. Av de inblåsningdon som har använts är det främst donen i kv Sjuksköterskan som anges störande. En förklaring kan vara att lufthastigheten inte var injusterad vid intervjutillfället men det kan också bero på bristfälligt utformade don.

Tabell 12 Andelen boende som störs av olika ljudkällor i kv Sjuksköterskan och referenshuset.

	Sjuksköterskan	Referenshuset
<i>Ljud i lägenheten från:</i>		
Ventilationen	47 %	52 %
Inblåsdon	44 %	10 %
Vatten och avlopp	6 %	18 %
Radiator	3 %	4 %
<i>Ljud i huset från:</i>		
Andra lägenheter	29 %	54 %
Trapphus	21 %	31 %
Loftgång	6 %	8 %
<i>Ljud utanför huset från:</i>		
Trafiken	26 %	10 %

Hur upplevs lägenhetens ljusförhållanden?

I kvarteren Kejsaren, Höstvetet och Sjuksköterskan är det i ungefär var tredje lägenhet som man tycker att det vintertid kommer in för lite solljus.

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

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

Köpt energi

PM Köpt Energi Sjuksköterskan PeO Jägbeck, EHUB

När Stockholmsprojektet inleddes 1982, var det primära målet att spara energi framför allt för uppvärmning. Speciellt intresserade man sig då för att begränsa oljeförbrukningen. Några extra insatser för att begränsa elförbrukningen gjordes därför inte. Under projektets gång har elanvändningen emellertid visat sig vara en stor och viktig del av byggnadernas energianvändning. Det har framför allt visat sig att den el som används till pumpar och fläktar i fastigheternas undercentraler och fläktrum är betydligt större än vad man kan förvänta sig.

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

Kvarteret Sjuksköterskan är beläget i ett förortskvarter i Bromma i Stockholms västra förorter. Fastigheten är ett renodlat bostadshus. Huset ligger i anslutning till parkmark i söder och öster. Byggnaden består av två sammanbyggda huslängor med vardera fyra våningsplan. Tillsammans bildar de en U-form. I vinklarna mellan huslängorna ligger trapphus med hiss. Lägenheterna nås via loftgångar. Fastighetens tvättstuga samt vissa andra lokaler är också inrymda i byggnaden. Dessutom finns ett lägenhetsdaghem i byggnaden.

Den byggnadstekniska utformningen av huset finns redovisad på sid 8-11 och 18-19.

Energiteknik

I Sjuksköterskan prövas främst byggnadstekniska åtgärder för energihushållning. Flera olika metoder för en extra god värmeisolering av byggnadens klimatskal har prövats, dessutom har man här satsat särskilt på kvalitetsstyrning av byggprocessen. Man har lagt ner stor möda på utformningen av bygghandlingar och man har vidtagit särskild utbildning av byggnadsarbetskraften. Särskilda insatser har också gjorts på installationssidan. Installationer har till exempel utformats så att service och underhåll skall förenklas.

Värmesystemet är utfört som ett tvårörs lågtemperatursystem (55-45°C). De två centrala ventilationsaggregaten av FTX-typ försörjer gemensamt systemet är gemensamt för radiatorer och luftvärmare. Värmeåtervinning mellan till- och frånluft sker i dubbla korsströms värmeväxlare. Tilluften släpps ut i lägenheterna under fönsterradiatorerna.

Uppbyggnaden av experimentåtgärderna, utökad isolering och kvalitetsstyrning, finns redovisad på sid 12-13

Simuleringsberäkningar och antaganden

I ett tidigt skede av projektet gjordes datorsimuleringar över byggnadernas energianvändning. I första hand gjordes simuleringarna som ett underlag vid projekteringen av byggnadernas värmeanläggningar. Som ett speciellt forskningsprojekt utfördes dessutom jämförande studier med två olika simuleringsprogram, BRIS och DEROB. Se även avsnittet "simuleringsmodeller" på sid 90.

Eftersom dessa program är relativt omfattande och kräver mycket datorkraft gjordes vissa förenklingar i de modeller av byggnaderna som sedan användes vid datorkörningarna. Dessutom gjordes en rad antaganden för de ingångsdata som programmen behövde för att kunna beräkna energibalansen. Stockholmsprojektet visar tydligt hur viktigt det är att välja rätt indata för energibalansberäkningar.

En förutsättning för att resultaten av simuleringarna skall ge ett korrekt resultat är att indata väljs på ett riktigt sätt. Normalt väljs dessa erfarenhetsmässigt och på basis av tidigare gjorda undersökningar, samt på förhoppningar om hur det tänkta uppvärmnings- och ventilationssystemet skall fungera i byggnaden.

För simulering av Stockholmsprojektets byggnader gjordes antagande för bl a innetemperaturer, tilluftstemperaturer, luftomsättningar, ofrivillig ventilation, värmefaktor för värmepumpar, radiator effekter, varmvattenförbrukning, hushållsel och fastighetsel, samt sk interna effekter som alstras av personer, tappvarmvatten, belysning och hushållsel.

Även när det gällde byggnaderna gjordes förenklingar och uppskattningar för att datorkörningarna skulle få en rimlig omfattning. Bland annat förenklades byggnadernas geometri till modeller bestående av ett eller flera rum belägna i ett och samma våningsplan. Beräkningen omfattade normalt ett våningsplan, som sedan extrapolerades till att gälla hela byggnaden. Hänsyn togs inte till försämringar i klimatskalet p g a köldbryggor, däremot gjordes vissa korrigeringar för värmeförluster genom grundplatta och yttertak.

Med hjälp av väderdata från 1971 beräknade sedan simuleringsprogrammet uppvärmningsbehovet för respektive byggnad. Det totala energibehovet som redovisas som resultat består alltså av vissa värden som är beräknade, samt vissa andra värden som är antagna. Men även de "beräknade" värdena är

beroende av vad som antagits vid inmatningen av data. Vissa delar av texten, personvärme och solinstrålning antas vara "gratisvärme", och uppvärmningsbehovet blir då den energi som behöver tillsättas för att upprätthålla en viss temperatur i huset. Felaktigt antagna värden påverkar alltså det totala resultatet i större eller mindre omfattning. Därför måste de värden som redovisas som resultat betraktas med kritiska ögon. Felaktigheter kan ha många orsaker, och nu när den verkliga energi-användningen finns dokumenterad är det viktigt att komma ihåg att beräkningarna inte kan användas som ett facit, utan endast som ett diskussionsunderlag vid jämförelser.

Simuleringarna visar på ett årligt behov av köpt energi på mellan 108 kWh/m², år (DEROB) och 124 kWh/m², år (BRIS). Den köpta energin för kv Sjuksköterskan fördelar sig enligt Tabell 13.

Tabell 13 Årligt behov av köpt energi enligt datasimuleringsprogrammen BRIS och DEROB

	BRIS kWh/m ² ,år	DEROB kWh/m ² ,år	
Värme*	36	19	Simulerat värde
Varmvatten*	45	49	Antaget värde
Hushållsel	36	36	Antaget värde
Fastighetsel	7	0	Antaget värde
Summa	124	108	

* Värme och varmvatten slås normalt samman i posten "Fjärrvärme". I kv Sjuksköterskan levereras shuntad värme och varmvatten i separata ledningar från en värmecentral i grannfastigheten. Värme och varmvatten mäts också med separata mätare och redovisas därför var för sig.

I indata till DEROB har man inte med någon särskild post för fastighetsel. Driftel för fläktar, pumpar etc ligger troligen istället inbakad i posten "hushållsel". I BRIS-simuleringarna har man däremot antagit ett extra energibehov för fläktar i ventilationssystemet, men även här kan man anta att en viss del av byggnadens elförbrukningen inkluderas i hushållselförbrukningen. Skillnaden mellan de båda simuleringsberäkningarna ligger främst i beräknad energianvändning för uppvärmning där BRIS ligger nästan dubbelt så högt som DEROB (17 kWh/m²), samt i de antagna värdena för elförbrukningen (7 kWh/m²). En viss skillnad kan även noteras i den antagna varmvattenförbrukningen (4 kWh/m²).

Definitioner

Köpt energi avser all energi som måste köpas för att försörja byggnaden och dess hushåll. Förutom energi för värme och varmvatten ingår alltså hushålls- och fastighetsel i "köpt energi".

Total köpt energi uppdelas på fem delposter efter de mätningar som görs för bestämningen av energiåtgången. De fem delposterna är värme, varmvatten, VVC, fastighetsel och hushållsel.

Värme används till uppvärmning och till förvärmning av ventilationsluft.

Varmvatten används i lägenheter, tvättstuga och andra lokaler i byggnaden.

VVC är den energi som används för att hålla varmvattnet varmt i en cirkulationsledning fram till varje lägenhet.

Hushållsel är den elenergi som levereras direkt till lägenheterna och som betalas av hyresgästerna.

Fastighetsel används för att driva fläktar och pumpar i värme- och ventilationsanläggningen, belysning (gård trapphus etc) hissar och tvättstugeutrustning. De fem delposterna utgör tillsammans all köpt energi till byggnaden.

Area och lägenhetsfördelning i kv Sjuksköterskan redovisas på sid 18.

Mätningar

Mätningarna i kv Sjuksköterskan har pågått under tiden 840914 t o m 880630. Under den inledande tiden fram till årsskiftet 1986-87 har anläggningen varit behäftad med en hel del fel varför den enda egentliga rättvisa mätningen skett under 1987. Fel har förekommit även under 1987 men dessa har varit betydligt färre än tidigare år. Driftproblem måste nog också numera i högre grad än tidigare anses "ingå i vardagen" eftersom moderna hus innehåller alltmera tekniskt avancerad utrustning. De viktigaste delarna av de omfattande mätningarna utgörs av den sk köpta energin. I detta avsnitt redovisas uppmätt energi-användning (köpt energi) för tiden 1985 -1987.

Huvudmätare

Till grund för bestämningen av den totala köpta energin ligger tre stycken huvudmätgivare. Ett integreringsverk registrerar den totala fjärrvärmeförbrukningen. För mätning av elenergi används två stycken elmätare. En elmätare används för vardera den totala fastighetselen och för den totala hushållselen. Gemensamt för dessa givare är att de mäter energivärdet direkt i motsats till de "lokala energimätningarna" som kräver flera givare anslutna till datorn (t ex flödesgivare och två temperaturgivare). Alla dessa givare bygger på principen att räkna pulser. Mätarna är anslutna till en pulsräknare som samlar in pulserna under 5-minuters perioder. Antalet pulser avläses av mätdatorn var 5:e minut. En gång per timme summeras antalet pulser, omräknas till motsvarande energimängd och lagras som summa per timme på mätkassetten.

Undermätare

Övriga delenergimätningar som används för att dela upp den totala energianvändningen i kv Sjuksköterskan är vätskeburna energimängder. Dessa energier mäts på ett något annorlunda sätt. I varje energisnitt finns tre stycken givare, en flödesgivare och två temperaturgivare. Flödet mäts analogt med mängden elenergi dvs genom registrering av pulser som motsvarar en viss genomströmmad volym. Temperaturgivarna är av det slag som ändrar resistans vid ändrad temperatur. Resistansen mäts med hjälp av en voltmeter kopplad till mätdatorn. Var 5:e minut avläses antalet pulser under perioden och de två temperaturgivarnas (fram- och returmätning) momentana värden. Mätprogrammet beräknar mängden energi för varje femminutersperiod. En gång per timme summeras alla delberäkningarna till en timsomma som lagras på mätkassetten.

Mätdatabearbetning

Komplettering av saknade mätvärden

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

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

Normalårskorrigerings

Korrigeringen med väderdata har utförts på den del av fjärrvärmens som åtgår för uppvärmningen av huset. Totala fjärrvärmeförbrukningen har minskats med varmvattenförbrukningen och därefter har den resterande delen dividerats med en faktor som utgörs av kvoten mellan aktuellt graddagstal och normalårets graddagstal. Varmvatten- och elförbrukning adderas till detta värde. Korrigeringen har gjorts månad för månad. Denna korrigeringsmodell har en hel del brister som märks alltmer ju energisnålare husen blir, eftersom en större del av värmebehovet då tillgodoses av de sk baslasterna. Vi har trots detta valt att korrigera data på detta sätt i redovisningen eftersom tillvägagångssättet är allmänt vedertaget i branschen. Arbetet pågår dock med att ta fram en för energisnåla hus bättre anpassad korrigeringsmetod som kan användas vid redovisningen av de totala energibalanserna.

Resultat

Totalt har det köpts ca 640 MWh/år energi i kv Sjuksköterskan. Naturligtvis varierar den totala mängden köpt energi från år till år framför allt beroende på om det varit varmt eller kallt under uppvärmningssäsongen. Därför redovisas inte utförliga mätdata i obearbetad form närmare i detta avsnitt. Den totala energianvändningen för åren 1985 - 1987 finns dock presenterad i tabellform sist i rapporten.

För att närmare kunna redovisa mängden köpt energi behöver mätdata bearbetas ytterligare. Den energianvändning som presenteras nedan är både normalårskorrigerad och fördelad på den totala bruksarean.

Den totala förbrukningen av köpt energi har varierat mellan 146 och 151 kWh/m² bruksarea (BRA). Totalförbrukningen är alltså ganska stabil från år till år men mindre än 4 % variation mellan högsta och lägsta värde. Variationen är alltså mycket liten och del lilla skillnad som finns kvar kan bl a förklaras med brister i korrigeringsförfarandet samt att anläggningen under 1985-86 inte var optimalt injusterad. Vid ett närmare studium visar det sig att den injustering av anläggningen som gjordes under vintern 1986 - 87 ledde till minskad värmeförbrukning för uppvärmning av ventilationsluft, men att denna minskning i sin tur medförde en ökning av värmeförbrukning i radiatorkretsen. Injusteringen ledde alltså inte till någon total besparing men bidrog troligen till att komforten i lägenheterna ökade.

Den totala förbrukningen av köpt energi är något hög i förhållande till övriga hus i Stockholmsprojektet. Detta var väntat eftersom energisystemet i kv Sjuksköterskan inte innehåller en värmepump.

Bild 31 redovisar totalt köpt energi uppdelad i poster. Den köpta energin fördelar sig på tre ungefär lika stora poster: Elenergi, värme till radiatorsystemet och ventilationsanläggningen samt tappvarmvattenberedning.

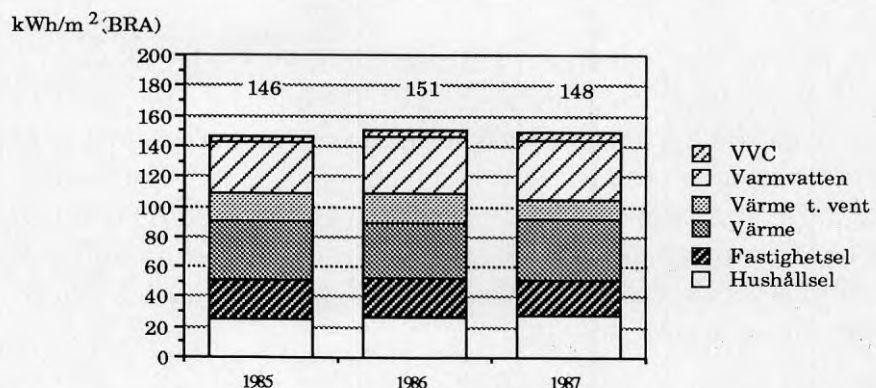


Bild 31 Köpt energi kv Sjuksköterskan årsvis 1985-1987, fördelat på fjärrvärme, värme till ventilationsaggregat, tappvarmvatten, VVC, fastighetsel och hushållsel. Graddagsjusterade och ytnormerade värden. (kWh/m² BRA)

Under 1985-86 var de två till- och frånluftsaggregaten i byggnaden inte korrekt injusterade. Detta visar sig på andelen värme till ventilationsaggregatens värmebatterier som minskar kraftigt under 1987 efter injustering av anläggningen. Den totala mängden köpt energi för uppvärmning har dock inte minskat i samma mån eftersom värmen till radiatorkretsen har ökat något. Den totala förbrukningen av energi för uppvärmningsändamål blir alltså inte märkbart mindre efter injusteringen.

Mängden köpt energi fördelade sig under 1985 - 1987 enligt Tabell 14.

Tabell 14 Fördelning av köpt energi i Sjuksköterskan 1985-87, kWh/m²,år

	Värme t. radiatorer	Värme t. ventilation	Varm- vatten	VVC	Hushållsel	Fastighetsel
1985	39.47	17.93	33.86	3.77	24.29	26.76
1986	37.27	19.13	38.08	4.36	26.19	25.83
1987	40.40	13.57	39.34	4.12	26.83	24.20

Förbrukningen av energi till tappvarmvattenberedning är något högre i kv Sjuksköterskan än i Stockholmsprojektets övriga byggnader. Orsaken till detta är att temperaturen på det varmvatten som levererats till byggnaden varit för låg. Detta har lett till större förbrukning av varmvatten än nödvändigt.

Elförbrukningen är hög jämfört med vad man antog i simuleringsberäkningarna. Framförallt underskattades andelen fastighetsel. I kv Sjuksköterskan använder man sig inte av någon speciellt elkrävande teknik. Fastighetselförbrukningen är av den anledningen relativt låg jämfört med de flesta andra byggnaderna i Stockholmsprojektet.

Hushållselförbrukningen i kv Sjuksköterskan avviker inte ifrån vad som förbrukats i Stockholmsprojektets andra byggnader. Den har dock ökat något sedan mätstarten, vilket troligen beror på ökad användning av elektrisk utrustning i hushållen. Fastighetelen har däremot minskat något från år till år vilket kan förklaras med att ventilationsaggregaten efterhand har injusterats.

Var för sig överensstämmer mätresultaten för fastighets- och hushållsel dåligt med simuleringsberäkningarna som för BRIS var 7 resp 36 kWh/ m². Orsaken till de stora avvikelserna är bl a att elenergiposterna fördelats på ett annat sätt vid simuleringarna. Delar av det som i mätningarna betraktats som fastighetsel har i simuleringen betraktats som hushållsel. Sammanlagt för fastighets- och hushållsel vis mätningarna ett ca 20 % större elbehov än simuleringarna.

Bilderna 32-34 på sid 54 visar uppmätta värden för åren 1985 - 1987 uppdelade på delposter och redovisade månadsvis. Hushållselförbrukningen varierar något över året enligt det normala mönstret som innebär en viss nedgång under sommaren samt en ökning vid årsskiftet. Jämfört med de övriga husen i Stockholmsprojektet antar den normala värden. Fastighetselförbrukningen har en mycket liten variation över året men den är högre under vintern med ett maximum under januari till mars. Drifttiden för belysning i trapphus etc är också högre vintertid. Den totala nivån på fastighetselen är relativt normal för Stockholmsprojektets byggnader och jämförbar med t ex kv Konsolen där fastighetselen uppgår till 25-30 kWh/m²,år.

Förhållandet mellan värme till radiatorerna och värme till ventilationsaggregaten visar att andelen värme till ventilationen minskat betydligt under 1987. Däremot har värme till radiatorerna, hushållsel och tappvarmvattenförbrukning ökat varför den totala mängden köpt energi blir ungefär detsamma. Även tappvarmvattenberedningen minskar något under sommarmånaderna, annars är den konstant under året. VVC-förbrukningen under februari 1987 samt juli till september 1987 är låg beroende på driftsavbrott.

Slutsatser

Av resultatredovisningen framgår att mängden köpt energi överstiger de värden som framräknats i förhandssimuleringarna. Totalförbrukningen är ca 20 kWh/m² högre än i BRIS-simuleringen och ca 40 kWh/m² högre än i DEROB-simuleringen. Avvikelsen för fjärrvärmeförbrukningen jämfört med BRIS-simuleringen är drygt 20 kWh/m². Summan av de två elenergi-posterna hushålls- och fastighetsel visar på en underskattning med ca 20 kWh/m² i simuleringen. Däremot uppvisar en jämförelse mellan BRIS-simuleringarna och varmvattenförbrukningen endast marginella skillnader. Avvikelsen i fjärrvärmeförbrukningen beror delvis på att man i simuleringarna antar en lägre inomhustemperatur (20 °C) än den verkliga (ca 21 -22 °C) och delvis på att simuleringarna baseras på väderdata för 1971 som var något varmare än normalåret.

En enkel omräkning av den med BRIS simulerade fjärrvärmeförbrukningen där hänsyn tas till ovannämnda orsaker ger ett värde på ca 41 kWh/m² istället för 36 kWh/m². Avvikelsen blir då endast ca 10% om man jämför med 1987 års fjärrvärmeförbrukning. Denna skillnad kan förklaras med att $U\Delta A$ -värdena är högre än beräknat samt att driftbetingelserna inte är så ideala som man förutsätter i simuleringarna.

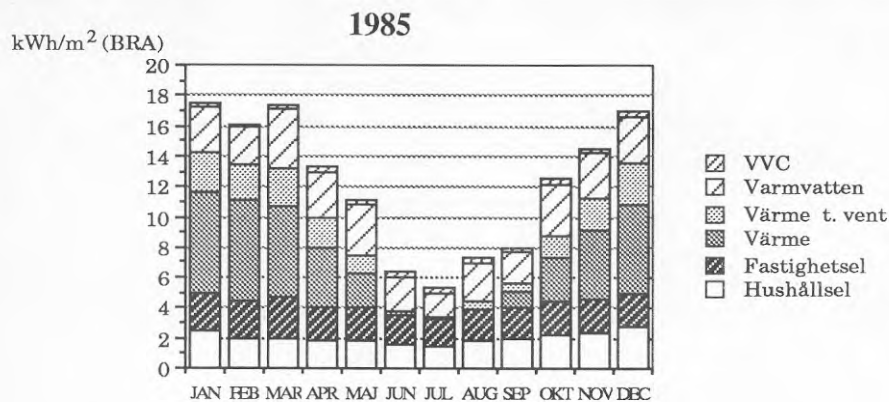


Bild 32 Köpt energi kv Sjuksköterskan månadsvis 1985- fördelat på fjärrvärme, värme till ventilationsaggregat, varmvatten, VVC, fastighetsel och hushållsel. Graddagsjusterade och ytnormerade värden. (kWh/m² BRA)

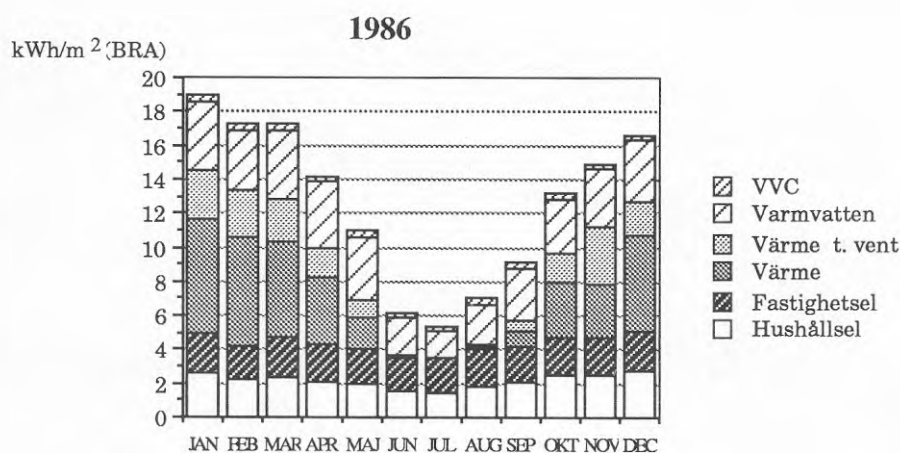


Bild 33 Köpt energi kv Sjuksköterskan månadsvis 1986- fördelat på fjärrvärme, värme till ventilationsaggregat, varmvatten, VVC, fastighetsel och hushållsel. Graddagsjusterade och ytnormerade värden (kWh/m² BRA)

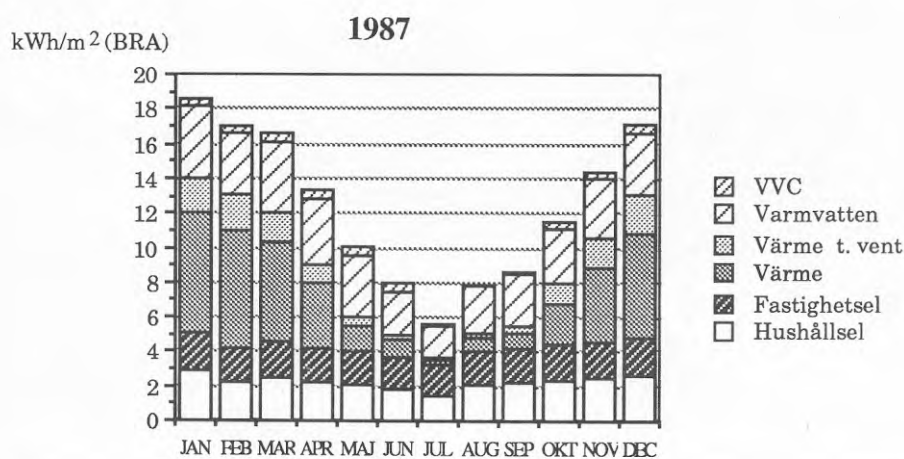


Bild 34 Köpt energi kv Sjuksköterskan månadsvis 1987- fördelat på fjärrvärme, värme till ventilationsaggregat, varmvatten, VVC, fastighetsel och hushållsel. Graddagsjusterade och ytnormerade värden. (kWh/m² BRA)

Tabeller

Tabell 14 Sjuksköterskan Köpt energi 1985 Ytnormerat, Ej Graddagsnormerat

Månad	Värme	Värme t. vent	Varm- vatten	VVC	Hus- hållsel	Fastig- hetsel	Totalt
JAN	8,65	3,43	2,95	0,26	2,50	2,42	20,21
FEB	9,28	3,15	2,54	0,11	1,91	2,49	19,48
MAR	6,17	2,58	3,83	0,30	2,00	2,72	17,60
APR	4,58	2,15	3,11	0,27	1,85	2,21	14,18
MAJ	2,26	1,16	3,48	0,28	1,80	2,23	11,21
JUN	0,02	0,18	2,31	0,39	1,58	1,96	6,44
JUL	0,00	0,09	1,60	0,41	1,41	1,91	5,42
AUG	0,00	0,44	2,56	0,35	1,89	2,09	7,33
SEP	1,34	0,76	2,05	0,29	2,01	2,07	8,51
OKT	2,64	1,29	3,35	0,45	2,27	2,21	12,21
NOV	5,12	2,37	2,97	0,35	2,38	2,19	15,38
DEC	7,07	3,21	3,11	0,33	2,70	2,26	18,68
SUMMA	36,59	20,81	33,86	3,77	24,29	26,76	146,08

Tabell 15 Sjuksköterskan Köpt energi 1985 Ytnormerat Graddagsnormerat

Månad	Värme	Värme t. vent	Varm- vatten	VVC	Hus- hållsel	Fastig- hetsel	Totalt
JAN	6,72	2,67	2,95	0,26	2,50	2,42	17,52
FEB	6,72	2,28	2,54	0,11	1,91	2,49	16,05
MAR	6,01	2,52	3,83	0,30	2,00	2,72	17,38
APR	3,97	1,86	3,11	0,27	1,85	2,21	13,27
MAJ	2,23	1,15	3,48	0,28	1,80	2,23	11,17
JUN	0,02	0,18	2,31	0,39	1,58	1,96	6,44
JUL	0,00	0,09	1,60	0,41	1,41	1,91	5,42
AUG	0,00	0,44	2,56	0,35	1,89	2,09	7,33
SEP	1,00	0,56	2,05	0,29	2,01	2,07	7,98
OKT	2,88	1,40	3,35	0,45	2,27	2,21	12,56
NOV	4,54	2,11	2,97	0,35	2,38	2,19	14,54
DEC	5,90	2,68	3,11	0,33	2,70	2,26	16,98
SUMMA	39,47	17,93	33,86	3,77	24,29	26,76	146,08

Tabell 16 Sjuksköterskan Köpt energi 1985 Ej Graddagsnormerat Absoluta tal

Månad	Värme	Värme t. vent	Varm- vatten	VVC	Hus- hållsel	Fastig- hetsel	Totalt
JAN	38257	14696	16247	1458	10695	10356	91710
FEB	42163	13483	15001	648	8161	10662	90117
MAR	28237	11048	16800	1306	8577	11632	77600
APR	23861	9216	15391	1316	7913	9481	67177
MAJ	13875	4984	15104	1215	7708	9532	52419
JUN	502	785	9890	1658	6752	8374	27961
JUL	0	365	6854	1748	6025	8168	23160
AUG	0	1882	10969	1490	8112	8951	31404
SEP	3456	3243	11798	1657	8595	8875	37623
OKT	6676	5514	13156	1764	9713	9484	46307
NOV	18318	10154	14327	1688	10207	9387	64081
DEC	44035	13752	15983	1669	11561	9677	96676
SUMMA	219380	89121	161520	17617	104019	114579	706236

Tabell 18 Sjuksköterskan, köpt energi 1986 Ytnormerat Ej Graddagsnormerat

Månad	Värme	Värme t. vent	Varm- vatten	VVC	Hus- hållsel	Fastig- hetsel	Totalt
JAN	7,24	3,11	3,94	0,40	2,66	2,26	19,61
FEB	7,65	3,32	3,60	0,36	2,21	2,03	19,17
MAR	5,14	2,32	4,03	0,40	2,40	2,28	16,57
APR	4,23	1,97	3,84	0,35	2,14	2,14	14,68
MAJ	0,91	0,53	3,59	0,37	1,99	2,12	9,51
JUN	0,00	0,10	2,15	0,37	1,62	1,96	6,19
JUL	0,00	0,07	1,51	0,36	1,41	2,06	5,40
AUG	0,19	0,26	2,40	0,37	1,88	2,15	7,25
SEP	1,70	1,21	2,93	0,37	2,10	2,14	10,44
OKT	3,22	1,74	3,19	0,36	2,47	2,25	13,22
NOV	2,56	2,83	3,33	0,34	2,53	2,18	13,78
DEC	5,53	1,92	3,57	0,32	2,79	2,26	16,39
SUMMA	38,25	19,37	38,08	4,36	26,19	25,83	152,08

Tabell 19 Sjuksköterskan, köpt energi 1986 Ytnormerat Graddagsnormerat

Månad	Värme	Värme t. vent	Varm- vatten	VVC	Hus- hållsel	Fastig- hetsel	Totalt
JAN	6,75	2,90	3,94	0,40	2,66	2,26	18,91
FEB	6,31	2,74	3,60	0,36	2,21	2,03	17,24
MAR	5,59	2,52	4,03	0,40	2,40	2,28	17,23
APR	3,89	1,81	3,84	0,35	2,14	2,14	14,17
MAJ	1,81	1,07	3,59	0,37	1,99	2,12	10,95
JUN	0,00	0,10	2,15	0,37	1,62	1,96	6,19
JUL	0,00	0,07	1,51	0,36	1,41	2,06	5,40
AUG	0,09	0,13	2,40	0,37	1,88	2,15	7,02
SEP	0,92	0,65	2,93	0,37	2,10	2,14	9,10
OKT	3,21	1,73	3,19	0,36	2,47	2,25	13,21
NOV	3,12	3,44	3,33	0,34	2,53	2,18	14,95
DEC	5,71	1,98	3,57	0,32	2,79	2,26	16,63
SUMMA	37,27	19,13	38,08	4,36	26,19	25,83	150,87

Tabell 20 Sjuksköterskan, köpt energi 1986 Ej Graddagsnormerat Absoluta tal

Månad	Värme	Värme t. vent	Varm- vatten	VVC	Hus- hållsel	Fastig- hetsel	Totalt
JAN	31010	13309	16884	1691	11407	9673	83974
FEB	32760	14201	15428	1537	9450	8688	82065
MAR	22013	9918	17261	1709	10294	9776	70970
APR	18133	8437	16426	1512	9168	9168	62843
MAJ	3877	2280	15377	1589	8500	9095	40718
JUN	0	426	9215	1571	6915	8384	26512
JUL	0	282	6470	1537	6055	8800	23143
AUG	798	1133	10273	1593	8033	9193	31023
SEP	7285	5198	12525	1576	8975	9155	44713
OKT	13791	7448	13660	1529	10559	9639	56625
NOV	10983	12105	14250	1464	10838	9352	58993
DEC	23685	8216	15287	1370	11947	9677	70182
SUMMA	164333	82954	163054	18678	112141	110600	651760

Tabell 21 Sjuksköterskan, Köpte energi 1987 Ytnormerat Ej Graddagsnormerat

Månad	Värme	Värme t. vent	Varm- vatten	VVC	Hus- hållsel	Fastig- hetsel	Totalt
JAN	7,11	2,80	4,13	0,38	2,91	2,16	19,48
FEB	4,70	2,04	3,56	0,40	2,25	1,94	14,89
MAR	4,73	2,05	4,07	0,47	2,45	2,12	15,88
APR	2,61	1,06	3,80	0,53	2,16	1,97	12,13
MAJ	1,54	0,67	3,55	0,50	2,07	1,97	10,29
JUN	0,74	0,28	2,48	0,47	1,81	1,89	7,66
JUL	0,15	0,10	1,87	0,06	1,45	1,86	5,48
AUG	0,50	0,27	2,77	0,00	2,09	1,98	7,62
SEP	0,73	0,53	3,10	0,13	2,17	1,97	8,63
OKT	1,24	1,11	3,13	0,39	2,34	2,09	10,30
NOV	2,44	1,74	3,34	0,38	2,49	2,11	12,51
DEC	3,58	2,26	3,53	0,42	2,65	2,15	14,58
SUMMA	30,06	14,90	39,34	4,12	26,83	24,20	139,44

Tabell 22 Sjuksköterskan, Köpte energi 1987 Ytnormerat Graddagsnormerat

Månad	Värme	Värme t. vent	Varm- vatten	VVC	Hus- hållsel	Fastig- hetsel	Totalt
JAN	6,97	1,97	4,13	0,39	2,91	2,16	18,51
FEB	6,79	2,06	3,56	0,40	2,25	1,94	17,00
MAR	5,72	1,73	4,07	0,47	2,45	2,12	16,56
APR	3,81	1,10	3,80	0,53	2,16	1,97	13,37
MAJ	1,48	0,45	3,55	0,50	2,07	1,97	10,01
JUN	1,02	0,28	2,49	0,47	1,81	1,89	7,94
JUL	0,25	0,10	1,87	0,06	1,45	1,86	5,59
AUG	0,78	0,27	2,77	0,00	2,09	1,98	7,89
SEP	0,93	0,39	3,10	0,13	2,17	1,97	8,69
OKT	2,39	1,13	3,13	0,39	2,34	2,09	11,47
NOV	4,25	1,77	3,35	0,38	2,49	2,11	14,36
DEC	6,01	2,32	3,53	0,42	2,65	2,15	17,08
SUMMA	40,40	13,57	39,34	4,12	26,83	24,20	148,46

Tabell 23 Sjuksköterskan, Köpte energi 1987 Ej Graddagsnormerat Absoluta tal

Månad	Värme	Värme t. vent	Varm- vatten	VVC	Hus- hållsel	Fastig- hetsel	Totalt
JAN	42405	11968	17676	1647	12441	9228	95365
FEB	28865	8755	15245	1705	9625	8308	72503
MAR	28998	8763	17419	2029	10470	9071	76750
APR	15690	4520	16279	2258	9241	8452	56440
MAJ	9437	2863	15211	2124	8853	8443	46930
JUN	4361	1179	10639	1996	7735	8074	33985
JUL	1083	447	8020	241	6196	7946	23933
AUG	3329	1171	11855	1	8959	8480	33796
SEP	5377	2265	13270	572	9304	8427	39216
OKT	10052	4742	13409	1649	10026	8957	48835
NOV	17903	7447	14323	1630	10675	9044	61022
DEC	24992	9668	15121	1789	11339	9207	72116
SUMMA	192493	63788	168465	17642	114865	103636	660889

Kvalitetsstyrning

Jan Nilsson, Kvalitetsstyrning för energisnål bebyggelse, BFR R118:1985

Med kvalitetsstyrning menas planering och förebyggande åtgärder som bidrar till att förbättra byggnaden och effektivare utnyttja material och komponenter. För att möjliggöra denna kvalitetsstyrning lägger AB Stockholmsbyggen fram följande åtgärdspaket:

- * Förbättrade bygghandlingar
- * Information och utbildning av arbetsledare under byggskedet
- * Ökad byggkontroll och uppföljning
- * Goda handledningar för brukarna
- * Ändamålsenliga skötselinstruktioner

Målet för kvalitetsstyrningen är att energibesparingar skall göras samt att drift- och underhållskostnader skall minska.

Enligt vårt bedömande skiljer sig inte kv Sjuksköterskans bygghandlingar från de övriga projektens handlingar exempelvis vad gäller detaljeringsgrad och utförandebeskrivningar. Vid våra samtal med arbetsledningen har framkommit att bygghandlingarna enligt deras åsikt i vissa avseenden är sämre än de handlingar man använt vid tidigare genomförda projekt.

En klar brist vid projekteringen är enligt vår mening att för litet tid har avsatts för detaljlösningar exempelvis anslutningar till fönster och anslutningar mellan olika byggnadsdelar. Detta har fått till följd att den utökade isoleringens effekter snabbt "äts upp" av onödiga brister hos olika detaljer.

Den kvalitetsstyrning som vi kunnat märka kommer nästan uteslutande från arbetsledningens sida. På eget initiativ har flera konstruktioner omarbetats. Exempel som bör nämnas:

- * Förtillverkning av lätta utfackningspartier
- * Sprutning av isolering på vindsbjälklaget
- * Spånskivegolv
- * Drevremsa mellan lecavägg och fönsterkarm

Vad beträffar byggkontrollen anser arbetsledningen att den inte är större här jämfört med tidigare projekt. Täthetsprovning av en lägenhet har utförts. Denna provning skedde dock när alla utfackningsväggar var färdigbyggda. Det läckage vid regelanlutningen som då upptäcktes måste i efterhand åtgärdas med en provisorisk lösning. Om provtryckningen hade genomförts tidigare hade felet kunnat åtgärdas på ett tidigare stadium.

Effektivare elanvändning i flerbostadshus

Eje Sandberg, Ulf Lilliengren, K-konsult och Stockholms fastighetskontor 1988

Elförbrukningen i tre nybyggda flerbostadshus inom Stockholmsprojektet har följts upp. De tre husen är Sjuksköterskan, Konsolen och Bodbetjänten. I den fortsatta redovisningen i detta avsnitt läggs tonvikten på Sjuksköterskan. De läsare som vill ta del av erfarenheter från de båda andra byggnaderna hänvisas till huvudrapporten. Uppföljningen har syftat till att ge en bild av var el förbrukas och hur en effektivare elanvändning ska uppnås.

Elförbrukningen i de tre bostadskvarteren uppvisar mycket stora skillnader, vilket främst förklaras med skillnader i utformningen av värmesystem och ventilationssystem.

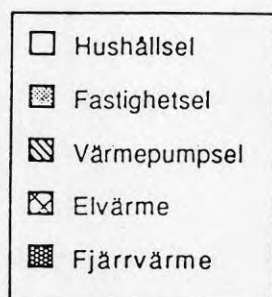
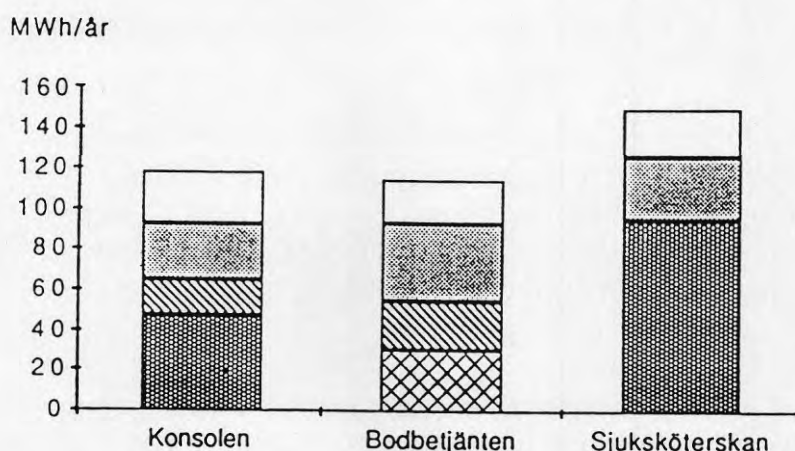


Bild 35 El- och energiförbrukning i tre nybyggda flerbostadshus i Stockholm.



Kv Sjuksköterskan har 39 lägenheter. Ventilationssystemet är balanserat med värmeåtervinning (FTX). Fastigheten är fjärrvärmeanslutet.

Kv Konsolen består av 57 lägenheter i två hus. Husen är fjärrvärmeanslutna men får också värme från den värmepump som tar värme ur frånluften. Tilluften tas vintertid in genom en sk solvägg.

Kv Bodbetjänten består av 41 lägenheter och en kontorsdel med ungefär samma yta som bostadsdelen, samt en inglasad gård. Överskottsvärme från kontoret, liksom frånluft tillvaratages med en värmepump. Vidare cirkuleras luft genom hålbjälklag.

Med hjälp av data om installerad belysningseffekt, märkeffekter på motorer, uppgifter om drifttider och vissa mätdata, har elförbrukningens fördelning på olika nyttofunktioner beräknats

för de fastighetsgemensamma installationerna. Resultaten framgår av Bild 36 och 37.

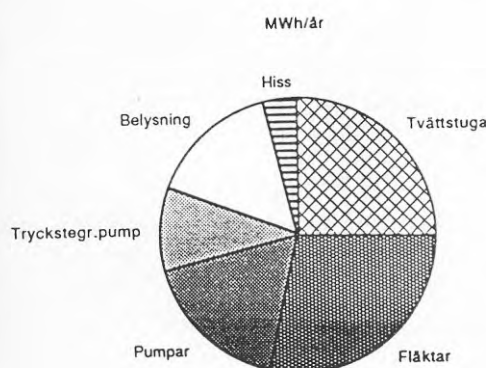


Bild 36. Fördelning av fastighets-
el i Konsolen.

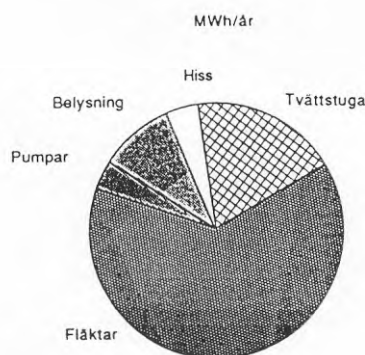


Bild 37 Fördelning av fastig-
hetsel i Sjuksköterskan.

Den fastighetsgemensamma elförbrukningen var för kv Konsolen 2,5 MWh/lgh och år och för kv Sjuksköterskan 3,2 MWh/lgh och år. För kv Konsolen tillkommer elförbrukning för motorvärmare på 0,4 MWh/uttag.

Jämförelsen mellan de tre fastigheterna visar att det är systemvalet för uppvärmning och ventilation som avgör vad den totala elförbrukningen för fastigheten kommer att bli. Görs en annan värdering framöver av elenergi i förhållande till uppvärmningsenergi kommer också det optimala systemet att ändras.

Fläktarbetet i de tre kvarteren varierar avsevärt. Kv Konsolen som har ett frånluftssystem uppskattas förbruka 0,7 MWh/lgh och år, medan kv Sjuksköterskan med ett balanserat ventilationssystem med värmeväxling uppskattas förbruka ca 2,2 MWh/lgh.

Det ökade fläktarbetet i kv Sjuksköterskan för att återvinna värmen ger en energiverkningsgrad på bara ca 2,2 - 2,7.

Genomgången av stockholmsprojekten har gett underlag för en bedömning av möjliga sparåtgärder. Dessa kan sammanfattas i följande punkter:

Tvättstugan. Ingen direkt sparpotential jämfört med de installationer av ny utrustning som ändå väljs.

Belysning. Möjligheterna att effektivisera belysningen är stor. Enligt utredningen skulle 25 - 68% av elförbrukningen för belysning i de studerade kvarteren kunna sparas.

Hissar. Någon sparmöjlighet har inte identifierats i denna studie.

Pumpar. Pumparbetet för värmecirkulation kan minska genom styrning av drifttiden.

Fläktar. Elförbrukningen påverkas främst av val av ventilationssystem. Rätt dimensionering och komponentval och rätt underhåll uppskattas kunna minska elförbrukningen med minst 50% jämfört med en dålig dimensionering.

Möjligheterna att i samband med installationsarbetet påverka hushållselförbrukningen är främst genom att låta installera lysrörslampor i kökstak och halltak. Att påverka apparatutnyttjandet i hushållen till låglasstid kan ge upphov till olägenheter och ger en marginell ekonomisk besparing även vid införda tidstariffer. Däremot ger studien exempel på möjligheter att genom effektstyrning av den fastighetsgemensamma elförbrukningen minska kostnaderna för ansluten effekt.

Slutligen diskuteras i rapporten möjligheterna att genom utarbetade anvisningar kunna påverka byggprocessen så att eleffektiva lösningar väljs.

Ska eleffektivare bostäder byggas krävs också:

- Incitament och aktiva insatser från el- och fjärrvärmeleverantören för att göra åtaganden intressanta för bostadsföretaget.
- Översyn av byggnormen och tillämpningsföreskrifter för att klargöra vad en energieffektiv byggnadsutformning innebär och hur elenergi ska värderas jämfört med inbesparad uppvärmningsenergi.
- Översyn av bostadslånen så att driftekonomisk utformning blir möjlig eller t o m gynnas.
- Information, kunskap och utbildning om hur el effektiva lösningar ska åstadkommas.

Vidare behövs pilotprojekt där eleffektiva hus demonstreras.

Värme- och ventilationssystem

Ventilationssystemen är av från- och tilluftstyp med värmeåtervinning (FTX). Frånluften tas via spiskåpan och en forcerad ventilation regleras med spjäll, som stängs efter max 35 minuter. Frånluft tas även från badrum.

Värme kommer från en näraliggande panncentral och pumpas direkt ut till radiatorerna och till ett aggregat för eftervärmning

av tilluften. Varmvatten kommer från panncentralen i separat ledning.

Av Bild 38 framgår hur stor del av den totala energiförbrukningen som fastighetsel representerar. Energidata har insamlats och bearbetats av Mätcentralen, KTH.

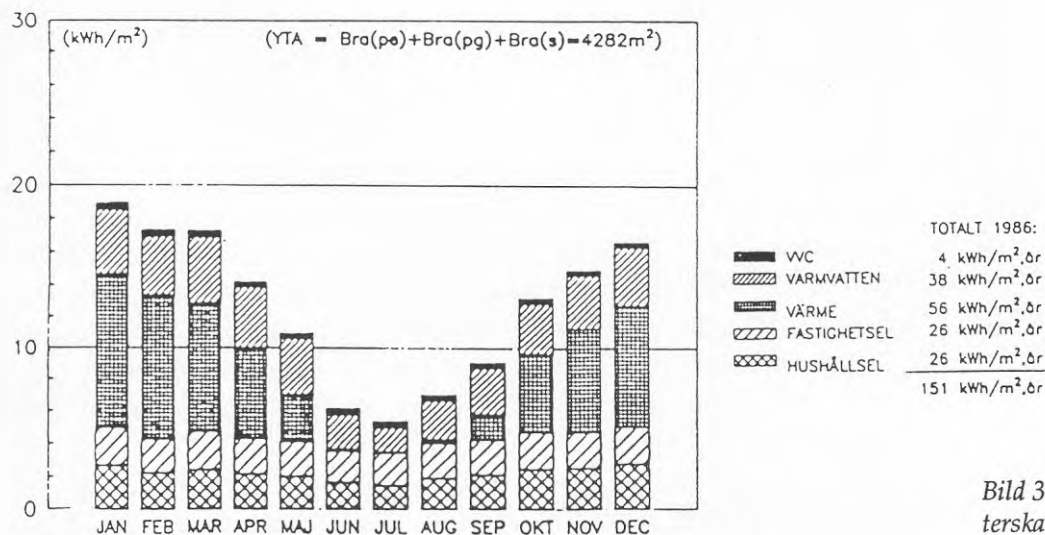


Bild 38 Köpt energi, Sjuksköterskan.

Förutom de i bilden redovisade energiposterna finns en förbrukning i tvättstugan på 5,5 kWh/m². De viktigaste fastighetsgemensamma elinstallationerna är följande:

Tabell 24 Fastighetsgemensamma installationer i kv Sjuksköterskan och deras märkeffekt

Funktion	Märkeffekt (W)	
Tvättutrustning	32 800	Två tvättmaskiner, 1 skåp, 1 torkskåp
Fläktar	9 400	
Pumpar	680	
Belysning	4 620	Tvättstuga, trapphus, loftgång
	1 620	Utebelysning
Hiss	24 000	Två hissar

Fläktarna uppges gå kontinuerligt, medan radiatorkrets-pumpen på 550 W är i drift om temperaturen är lägre än 12 °C.

Den största belysningseffekten ligger på belysningen i loftgångarna, ca 3 600 W, som har glödlampsbelysning. Denna belysning uppges bara vara i drift när strömbrytaren slås till och har då en gångtid på ca 10 minuter.

Med uppgifter om driftstider och om verklig effekt antages lika med märkeffekter på belysning, fläktar och pumpar erhålls en elförbrukning enligt Tabell 25.

Tabell 25. Elförbrukning i Sjuksköterskan

Funktion	Elförbrukning MWh	kWh/m ² ,år
Tvättstuga	24	5,6
Fläktar	82,3	19,2
Pumpar	4,7	1,1
Hiss	5	1,0
Belysning	12,3	2,9
Summa	128,3	29,8

Detta ska jämföras med faktisk elförbrukning 1986 på 134,2 MWh. Dvs ytterligare 6 MWh har förbrukats. Utslaget per lägenhet är elförbrukningen ca 3,2 MWh per år.

Ur Mätcentralens mätdata erhålls en timmedeleffekt för hela byggnaden runt 8,6 kW under ljus sommarnatt och 10,6 kW under de mörka timmarna. Detta förhållande varierar dock något mellan olika dagar. På vinternatten är effektuttaget ca 9,6 kW (kl 01 - 05). Effektuttaget under dagtid varierar mellan 7,3 - 23 kW. Dessa mätvärden indikerar en belysningseffekt på ca 2 kW och att minilasten för pumpar och fläktar är ca 8,6 kW på sommaren och ca 7,6 kW under vintern.

Dessa värden kan ge en någorlunda god överensstämmelse med belysningseffekten som nattetid domineras av utebelysningen när det är mörkt, men den uppmätta minilasten som ska förklaras av elförbrukning på ca 70 MWh per år. Då skulle ca 20 MWh saknas i kalkylen. Under dagtid kan forcerad ventilation från badrum och kök ge ett ökat fläktarbete, men eftersom dessa stängs automatiskt med timer kan detta inte ge annat än marginellt ökat fläktarbete.

Belysning

Ljuskällornas effektivitet har ökat avsevärt sedan 1960-talet, se Bild 39.

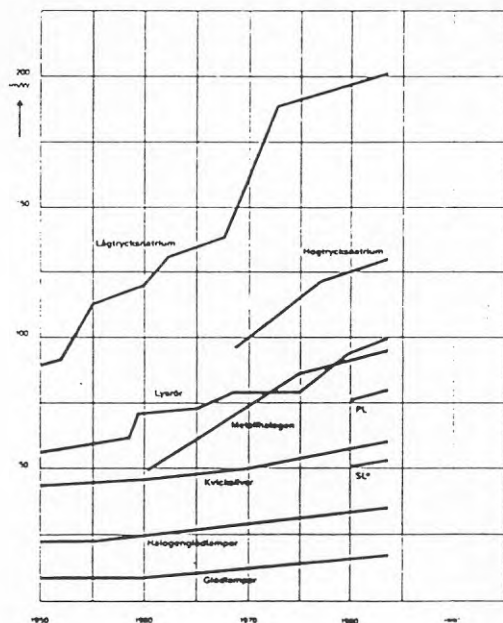


Bild 33 Ljuskällornas effektivitet. Philips

Även armaturerna utvecklas vartefter för att anpassas till de nya lamptyperna och till nya miljömässiga krav. Hur detta påverkar belysningseffektiviteten är dock betydligt svårare att avgöra. Trots att ljuskällorna har blivit så mycket effektivare är det inte givet att elförbrukningen minskar när vi jämför nyproduktion med t ex hus byggda under 60-talet. Det är t ex inte säkert att de som ritat och projekterat husen hängt med i utvecklingen. Det kan finnas rationella skäl som talar mot en ny lamptyp i en viss tillämpning, men också mindre väl grundade invändningar mot nya lampor som kan motverka införandet av dessa. Slutligen kan ökade krav på ljuskvalitet öka belysningsintensiteten vid nyproduktion och att de effektiva ljuskällorna ger högre belysningsnivå.

Val av belysningsarmatur, placering av dessa, ljusintensitet, ljuskvalitet (färgåtergivning förmåga m m) är helt beroende på de förutsättningar som råder på den aktuella platsen. Som underlag för projektering finns förutom byggherrens eventuella programhandlingar även allmänna rekommendationer från Ljuskultur.

Generella synpunkter utifrån de besiktiga husen i Stockholmsprojekten är att lysrör, miniatyrlysror och lysrörslampor ska användas istället för vanliga glödlampor, utom där korta drifttider gäller. Dessa lysrörstyper är redan idag ekonomiska med beaktande av deras effektivitet och framför allt av deras långa brinntid. Detta minskar arbetskostnaderna för lampbyten. I utrymmen som används tillfälligt är det dock fortfarande lämpligare med vanliga glödlampor, dels därför att besparings-

effekten här ändå blir så liten och dels därför att lysrörslampornas långa livstid också kräver relativt långa drifttider per tillfälle.

Det är inte bara val av lamptyp som påverkar energikostnaden utan också hur man får den bästa anpassningen till de ljusbehov som råder. Vad gäller ljusintensiteten ger Ljuskultur riktlinjer och rekommendationer.

Även den tidsmässiga styrningen av belysningen påverkar starkt elförbrukningen. I trapphus kan t ex finnas flera olika handlingsalternativ:

- 1 Effektiva lysrör eller lysrörslampor och skymningsrelä, som slår ifrån hela eller del av belysningen i sådana utrymmen som släpper in dagsljus. Skymningsrelä ger i Stockholms-trakten ca 4000 timmars drifttid per år.
- 2 En låg grundbelysning som ger ledljus. Därtill ljuskontakter för att öka ljusstandarden med fördröjd avstängning (timer). Detta kan dock ge relativt många till- och frånslag.
- 3 Som alternativ 2 men fullt påslag under den tid på dygnet då många använder trapphuset.

Enligt en leverantör av ljusarmaturer installeras lysrör i ca 90% av nyproducerade trapphus. I dessa finns ofta två lysrör, varav en släcks nattetid. Vilket alternativ som bör väljas är beroende av de lokala förhållandena.

För utomhusbelysningen behöver inte längre de vanliga kvicksilverlamporna väljas. Nu finns på marknaden även högtrycksnatriumlampor på 50 W, 70 W och 100 W. Högtrycksnatriumlampor ger till skillnad mot lågtrycksnatriumlampor ett bredare ljusspektrum och innehåller fler färger än gult. Ljusfärgen är behagligt varm och ljusutbytet är högt. Specialversioner av denna lamptyp ger en acceptabel färgåtergivning.

Energibesparingen jämfört med en kvicksilverlampa beror på lampstorlek, men en 80 W kvicksilverlampa som byts ut mot en högtrycksnatriumlampa ger en besparing på ca 25%. Trots att dessa ger ett bra ljus och nu finns även i lägre effekter har de ännu inte tagit över de mindre energieffektiva och kalla kvicksilverljuset för utomhusbelysning. Kanske beror detta på att de sammanblandas med de helgula lågtrycksnatriumlamporna. Som t ex parkbelysning är dock det vitare ljuset från kvicksilverlamporna att föredra då de bättre återger grönska.

Belysningen på gångstigar och kring husen bör kunna sänkas nattetid, t ex mellan 24.00 och 05.00 genom att varannan ljuspunkt släcks ner. Då krävs att man från början installerar en

fyrledare istället, vilket ger en marginell merkostnad men sänker drifttiden ca 40%. Vidare möjliggör ett sådant arrangemang att man med små olägenheter kan styra ner effekten antingen vid effekttoppar, så att lägre effektabbonemang kan väljas eller ha detta som möjlighet vid dålig tillgång på elkraft inom området (beredskapsaspekten).

Vid parkeringsplatser har belysningskraven ökat. Detta beroende på bilinbrotten. Här är alltså nedsläckning nattetid inte möjligt. Å andra sidan behöver heller inte kraven på ljuskvalitet vara hög, vilket gör det möjligt att välja de helgula lågtrycksnatriumlamporna. Dessa är 60% effektivare.

Besiktning av mätresultat i Stockholms projekten.

Den utrustning som installerats vid byggandet av kv Konsolen, kv Bodbetjänten och kv Sjuksköterskan har gått igenom på plats. Spisarnas märkeffekter är genomgående 8,2 kW om alla spisfunktioner är på samtidigt. Matförvaringsutrustningens sammanlagda märkeffekt per hushåll varierar mellan 180-235 W.

I samtliga fastigheter finns glödlampa i spiskåpan, lysrör över diskbänken, glödlampor i kökstaket och i badrummet. I kv Konsolens badrum finns dessutom en lysrörsarmatur.

Den årliga elförbrukningen för hushållsel har i kv Sjuksköterskan uppmätts till 111 MWh (2,9 MWh/lgh)

Den låga nattförbrukningen tyder på att elförbrukningen för kyl och frys är ca 115 W under tid då kylskåpsdörren hålls stängd. Detta ger en årsförbrukning för matförvaringen på minst 1 MWh. Motsvarande värden är för Bodbetjänten 118 W och för Sjuksköterskan 107 W. Eleffektivitetuttaget som timmedelvärde ökar under dagen för att nå en topp på ca 13 kW eller 460 W/lgh klockan 16.00. Av Bild 40 framgår hur stor del av dygnet som solen ej syns över horisonten. Tiden då det är mörkt ute varierar alltså mellan 23% och 75% av dygnet i Stockholm.

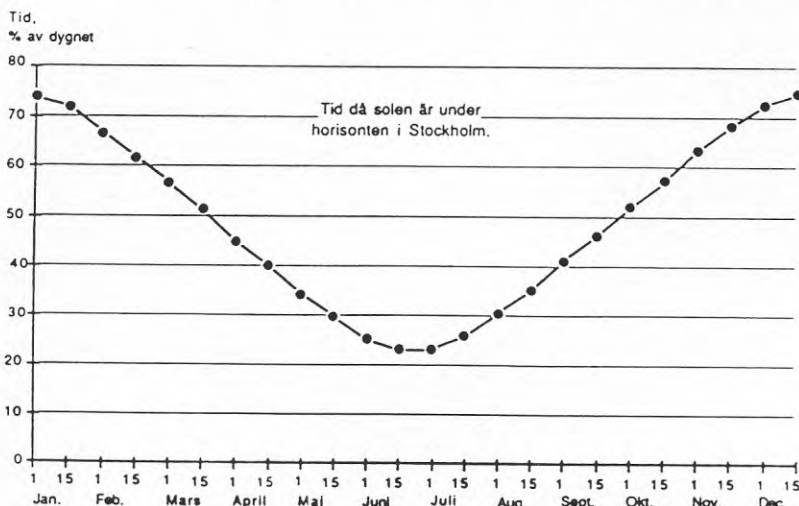


Bild 40 Solstatistik Stockholm

Luftläckning och ventilationssystem

Per Levin och Sven-Olof Eriksson, EHUB;

Utdrag ur konferensuppsats: Air Infiltration And Ventilation Systems, 1988

Det antas ofta att lägenheter som har balanserade ventilationssystem påverkas mer av utomhusklimat än de som har frånluftssystem. Det existerar emellertid mycket få uppgifter som bekräftar eller bestämmer storleken på dessa.

Luftomsättningsmätningar har utförts i Sjuksköterskan med en kontinuerlig spårgasmetod. Samtidigt har mätningar av vindhastighet och temperaturer utförts. Uppgifter om vindriktning har tagits från en närliggande väderstation.

Mätresultatet visar att luftomsättningen är relativt konstant och ligger nära de fläktkontrollerade värdena trots att påverkan av vindkrafter och skorstensverkan var betydande. Detta visar att mekaniskt styrda luftflöden dominerar i lufttäta byggnader. Standardavvikelsen i totalt luftflöde kunde bestämmas till 4 - 6% av medelnivå och den är endast svagt korrelerad till vindhastighet och vindriktning. Även om variationen i total luftomsättning är liten, kan enskilda rum uppvisa signifikanta skillnader i tillfört luftflöde beroende av vindpåverkan.

Bakgrund

Med hänvisning till standardutförande utformas system för balanserad ventilation så att ett visst undertryck råder inomhus. Detta utförs genom att man justerar tilluftsfläktarna så att de ger ett luftflöde som motsvarar 80 - 90% av frånluftsflödet. Anledningen till att man gör detta är att man vill undvika invändigt övertryck som i kombination med luftläckning kan åstadkomma fuktproblem genom kondensation i den isolerade delen av klimatskalet.

Storleken på undertrycket bestäms av det fläktkontrollerade luftflödet och lufttätheten i klimatskalet under normala driftförhållanden, dvs utan forcering av köksfläkten. Det undertryck som tillämpas i FT-system är i storleksordningen 1 - 3 Pa.

Systemutformning

Sjuksköterskan är utrustad med två centralt belägna fläktaggregat. Varje aggregat försörjer vardera huskroppen med till- och frånluft med värmeåtervinning. Läget på mätlägenheten visas i Bild 35. Den tryckskillnad som råder mellan ut- och insida av byggnaden är liten. Lägenheten är mindre lufttät än flera av de

andra lägenheterna i Stockholmsprojektet, eller ca 1.0 oms/h vid 50 Pa. Detta värde uppfyller emellertid kraven i SBN 80. Lägenheten är exponerad för vindar från alla väderstreck utom öster.

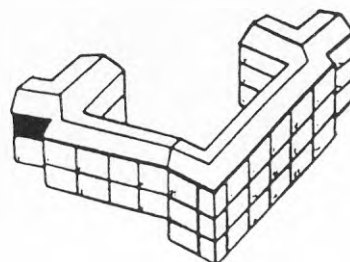
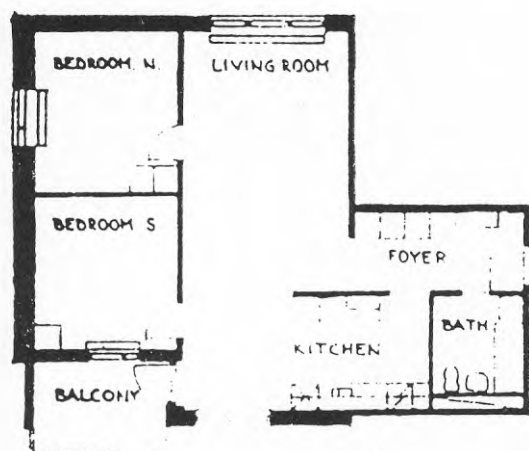


Bild 41 Det övre hörnet i kv Sjuksköterskan; Boarea: 74,5 m², värmd volym: 179 m³.

Mätsystem

Mätsystemet för konstant-koncentration-spårgas lagrar data med 30 minuters intervall. Timmedelvärden bildades för att uppnå samma mätdataintervall som för övriga mätningar i byggnaden.

Timmedelvärden för utomhustemperatur och vindhastighet inhämtades från Stockholmsprojektets mätningar. Temperaturer uppmättes i byggnaden. Vindhastigheten uppmättes i en punkt belägen 1,5 m över tak på kvarteret Konsolen, en av byggnaderna i Stockholmsprojektet. Avståndet till Sjuksköterskan är ca 5 km.

Uppgifter om vindriktning omfattade tretimmarsintervall från en meteorologisk station nära Sjuksköterskan (Bromma flygplats). Dessa data extrapolerades till timmedelvärden. Genom att vindriktningen ändrades bara några få gånger under mätperioden, ansågs denna extrapolering inte nämnvärt kunna påverka resultatet.

De fläktkontrollerade luftflödena i lägenheterna uppmättes momentant endast en gång under varje spårgasmätning. Timmedelvärden togs emellertid på totalt luftflöde, i hela byggnaden, från uppgifter som insamlats i Stockholmsprojektet. Dessa flöden kontrollerades för att undersöka om det förelåg några markanta variationer.

Mätresultat

I Bild 42 visas resultat från spårgasmätningar och klimatomätningar för lägenheten i Sjuksköterskan. Denna typ av spårgasmätning ger som resultat storleken på tilluft som tillförs varje zon som i allmänhet utgörs av ett rum. Tilluften utöver den fläktkontrollerade tillförs rummet antingen från utsidan eller från angränsande lägenhet. I utrymmen där direkta luftutsug finns, t ex badrum och kök uppstår ett förhållande där ingen tilluft uppmäts genom att ventilationssystemet är utformat så att den luft som sugts ut tillförs från andra utrymmen i lägenheten.

Det mekaniska frånluftsflödet mättes momentant till $64 \text{ m}^3/\text{h}$. Det projekterade flödet är $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Mätningen visade att det fanns brister i injusteringen av systemet. Någon mätning av tilluftsflöde var inte möjligt under mätperioden. Däremot uppmättes totalt luftflöde över fläktarna i hela byggnaden. Detta visade sig inte vara orsak till de återkommande förändringarna i luftflöden, vilket visas i Bild 43. Medelluftflödet under spårgasmätningen var $68 \text{ m}^3/\text{h}$ med 6% standardavvikelse. Tilluften till badrum och kök tyder på viss luftläckning. Under spårgasmätningen uppgick vindhastigheten utomhus till mellan 0 och 5 m/s och utomhustemperaturen till mellan -2 och -18°C .

Vindpåverkan

I Tabell 26 visas sambandet vid linjär regression mellan uppmätt luftomsättning (m^3/h) som en funktion av vindhastighet (m/s) för olika vindriktningar. Beroende på det begränsade underlaget av data, fördelades vindriktningen i endast fyra sektioner.

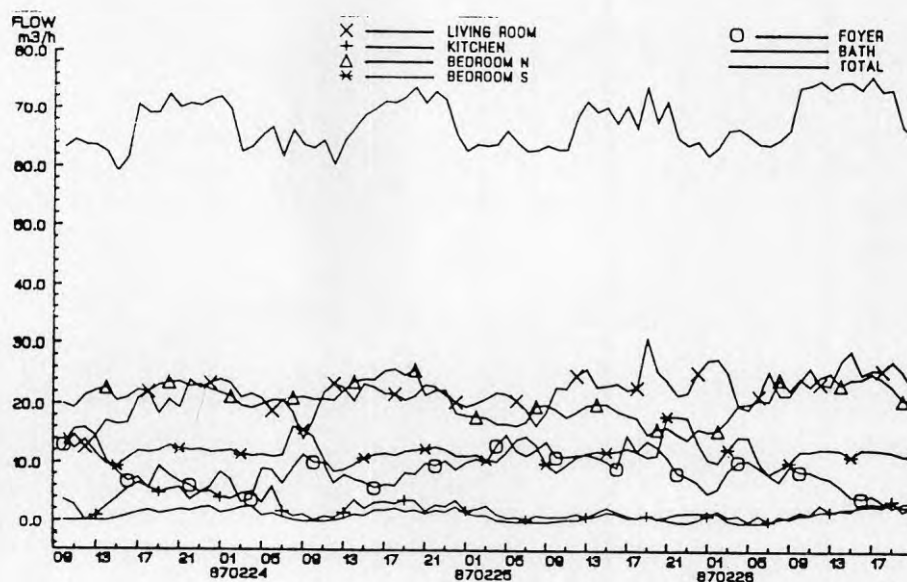


Bild 42 Resultat från spårgasmätningar i Sjuksköterskans mätlägenhet. Mekanisk tilluft fördelas till vardagsrum och sovrum.

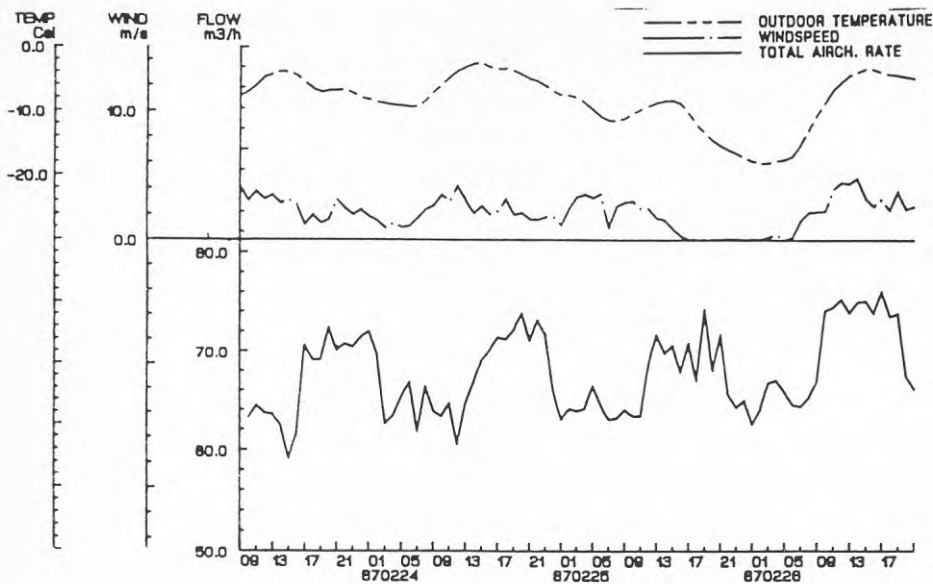


Bild 43 Luftomsättnings-mätningar med spårgas för en lägenhet i Sjuksköterskan i förhållande till vindhastighet och utomhustemperatur.

Tabell 26 Erhållna linjära regressionskonstanter och korrelationskoefficienter (R^2 -värden) för luftomsättningstal i förhållande till vindhastighet i olika vindriktningar

Vindriktning	Värden	Lutning	Intercept	R^2
Ostlig	15	0,94	70,5	0,13
Sydlig	25	1,08	70,0	0,53
Västlig	48	0,16	74,2	0,02
Alla riktningar	88	0,60	72,2	0,21

Mätningarna uppvisar en svag överensstämmelse mellan luftomsättning och vindhastighet. I de flesta fall blir överensstämmelsen bättre om värden från endast en vindriktning nyttjas.

Diskussion

Variationerna i total luftomsättning är liten i denna typ av byggnad, med en standardavvikelse på ca 6% i förhållande till medelluftomsättning.

En lufttät konstruktion av klimatskalet medför att oavsiktlig ventilation från vindpåkänning och skorstensverkan är liten. Mätresultatet är därför mer känsligt för störningar. Den dåliga överensstämmelsen mellan en ökning av luftomsättningen och ökad vindhastighet och temperaturskillnad kan till viss del förklaras av skillnaden mellan uppmätt vindhastighet (1,5 m över tak) och verkligt vindtryck över fasad. Det insamlade dataunderlaget är emellertid för litet för att man skall kunna dra några slutsatser om hur olika vindriktningar påverkar den oavsiktliga ventilationen.

Trots att signifikanta temperaturskillnader uppmättes, kunde inte temperaturens påverkan på luftomsättningen uttydas.

Alla lufttäthets- och luftomsättningsmätningar har utförts utan att ta hänsyn till om luftläckaget sker genom yttervägg eller mot angränsande lägenheter. Sådana mätningar som utförts med flera tryckprovningssutrustningar med "stödtryck" (Multiple blower door technique) i nya liknande lägenheter visar att interna läckflöden finns av varierande storlek och betydelse i förhållande till externa, över yttervägg.

Ytterligare analys av vind- och temperaturpåverkan på total luftomsättning i lufttäta lägenheter fordrar mätningar över längre tidsperioder.

Kan simuleringsprogrammet BRIS användas till energiförbrukningsförutsägelser?

Uppsats: Eszter Kaboldy, Bengt Wångfren, EHUB Can the BRIS-program be used for energy-predictions? 1988

- En analys av skillnaden mellan simulerad och uppmätt energiförbrukning i Stockholmsprojektet - energisnåla nya flerbostadshus.

Skälet till denna undersökning är att utvärdera framtida möjligheter att förutsäga energiförbrukning i energisnåla nya flerbostadshus. Författarna har försökt att beskriva tumregler och enkla anvisningar som kan användas för dessa förutsägelser. Det kan anses väl känt att alla simuleringsprogram är mycket känsliga för noggrannheten på de data som används vid programmeringen.

Köpt energi

Utifrån mätningar av total energiförbrukning och fastighetsel gjordes en uppskattning. Denna uppskattning innebar att 85% av hushållsel och 60% av fastighetsel tillfördes byggnaden i form av värme, dvs minskade behovet av köpt energi för uppvärmning i motsvarande grad. Denna skattning har använts för olika typdagar i simuleringsberäkningarna såsom veckodagar, helgdagar, vinter- och sommardagar. En typdag för vintersäsongen beräknades för perioden 1 januari till 31 mars och för perioden 1 oktober till 31 december 1987. En typisk sommardag beräknades utifrån mätdata för 1 april-30 september 1987.

De på detta vis framtagna typdagarna visas i Bild 44-45.

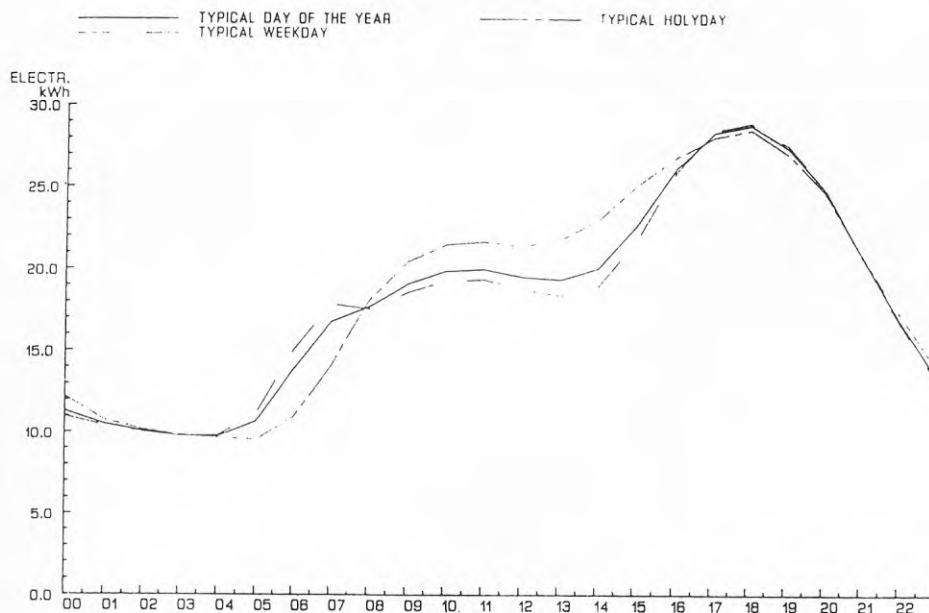


Bild 44 Medeleffektuttag, kW, under en typisk veckodag resp helgdag 1.1-30.9 1987. kv Sjuksköterskan.

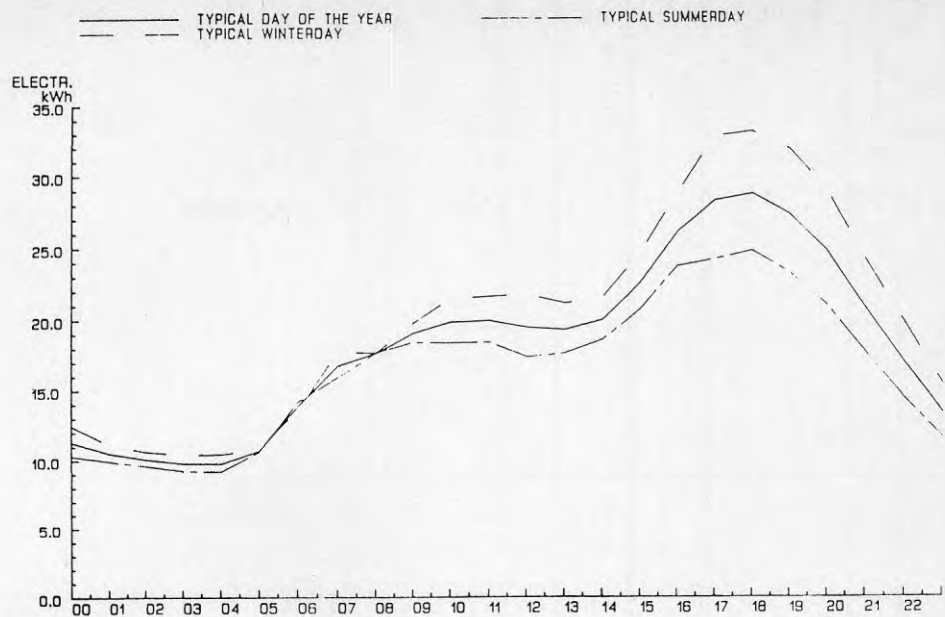


Bild 45 Medeleffektuttag, kW,
under en typisk vinterdag
1.1-31.3 1987 resp sommardag
1.4-30.9 1987.
kv Sjuksköterskan .

Varmvattenförbrukning

Behovet av energi för varmvattenuppvärmning uppskattades och värmeinnehållet i avloppsvatten mättes i Konsolen, ett annat av experimenthusen i Stockholmsprojektet. Skillnaden i energi mellan tillförd köpt energi och sådan energi från varmvatten som lämnar byggnaden kan tillföras byggnaden i form av värme. Utifrån resultatet i Konsolen, där hänsyn tagits till antalet boende och lägenhetsyta kunde motsvarande värden för Sjuksköterskan beräknas. Under 1987 uppgick varmvattenenergiförbrukningen till ca 195 MWh. Det beräknade årliga värmeinnehållet i avloppsvattnet uppgår till ca 145 MWh. Skillnaden, dividerad med antalet årstimmar, visar på ett energinnehåll på ca 5,8 MWh/h för hela byggnaden. Data hämtades då från uppmätt och månatligt redovisade data för Sjuksköterskan.

Personvärme

Antalet boende i Sjuksköterskan och åldersfördelningen på dem infördes i bedömningen av timmedelvärde för personvärme. Personvärme som tillförs byggnaden framgår av Tabell 27 och Bild 46.

Tabell 27 Personvärme som antas tillföras kv Sjuksköterskan.

Antal boende	100 personer	
0 - 6 år	21 personer	} 35 · 40W = 1400 W
7 - 12 år	14 personer	
13 - 17 år	7 personer	
> 17 år	58 personer	} 35 · 40W = 5200 W
		Summa 6600 W
Personvärme för barn sattes till	40 W/h, person	
Personvärme för vuxna	80 W/h, person	

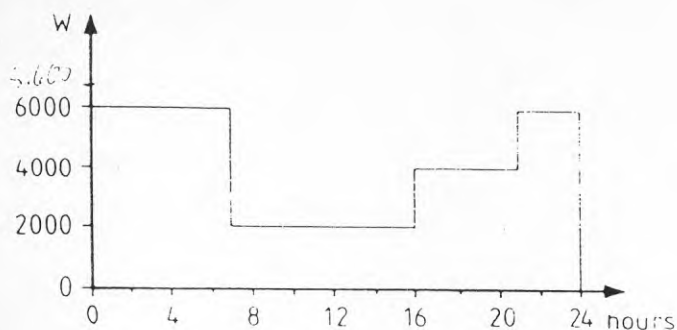


Bild 46 Antaget personvärmetillskott, sett över ett dygn, i kv Sjuksköterskan.

Inomhustemperatur

Inomhustemperaturen mättes på 22 olika punkter i Sjuksköterskan. Medelvärden extrapolerades utifrån mätplats och mätillfälle. Månadsmedeltemperaturen uppgick under perioden till ca 22° C. Motsvarande temperaturkurva redovisas i Bild 47.

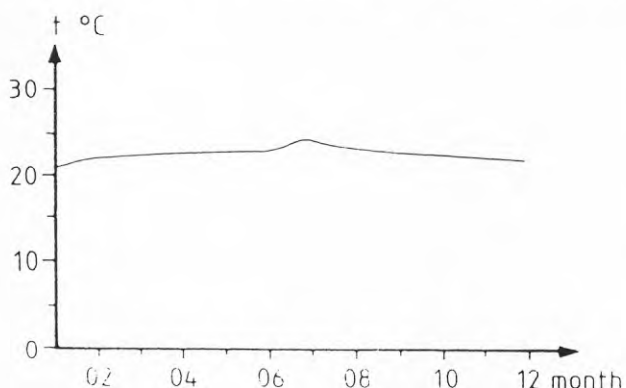


Bild 47 Medeltemperatur inomhus i kv Sjuksköterskan 1987.

Nya indata i BRIS-programmet

Vid användande av mätdata, upprättades en ny ingångsfil för BRIS-programmet. Beträffande lägenhetsyta användes samma yta som under tidigare beräkning, dvs $336 + 315 = 651 \text{ m}^2$ och bruksarea: 4282 m^2 . Förhållandet mellan de olika lasterna för simulering: $4282/651 = 6,6$.

Nya indata utgjordes av:

1. Nya väderdata
2. Ny energiförbrukning för elenergi
3. Ny varmvattenförbrukning och personvärmeavgivning
4. Inomhustemperatur 20° C

I Bild 48 och 49 kan tidigare och nya indata utläsas.

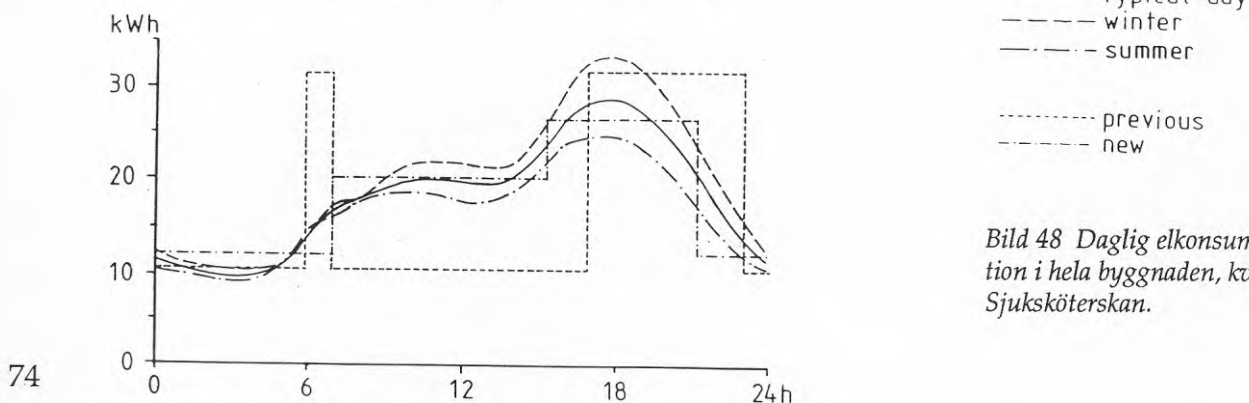
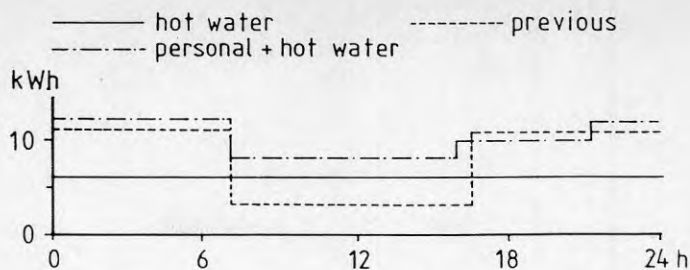


Bild 48 Daglig elkonsumtion i hela byggnaden, kv Sjuksköterskan.

Bild 49 Daglig tillskott av personvärme och varmvatten i hela byggnaden, kv Sjuksköterskan.



Resultat från simuleringen

Utifrån månatliga nettoenergi-balanser som beräknats i simuleringsprogrammet, beräknades en ny energibalans som grundades på köpt energi för uppvärmningssäsongen 1987. I Bild 50 visas bruttoenergi-balans för Sjuksköterskan, grundat på BRIS, jämfört med uppmätta data. Skillnaden mellan uppmätta och simulerade data kan observeras i huvudsak i uppvärmningsbehov.

Bild 50 Bruttoenergi-balans för kv Sjuksköterskan. Jämförelse mellan BRIS-simulering och uppmätt energiförbrukning.

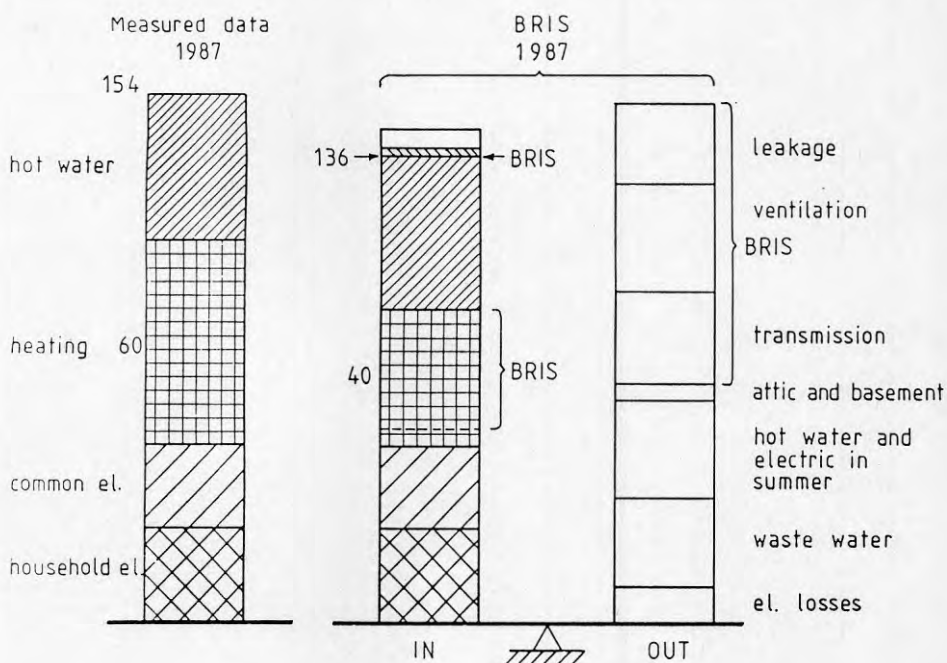
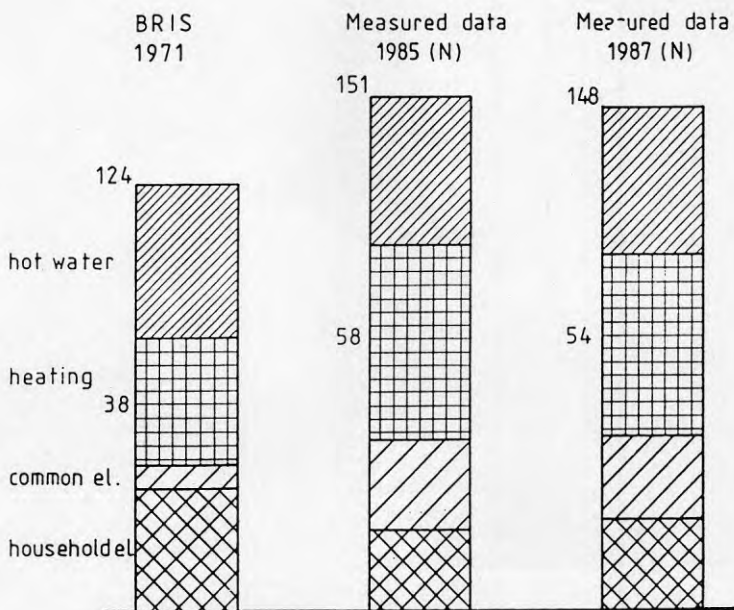


Bild 51 Skillnaden mellan tidigare simulerade och uppmätt köpt energi.



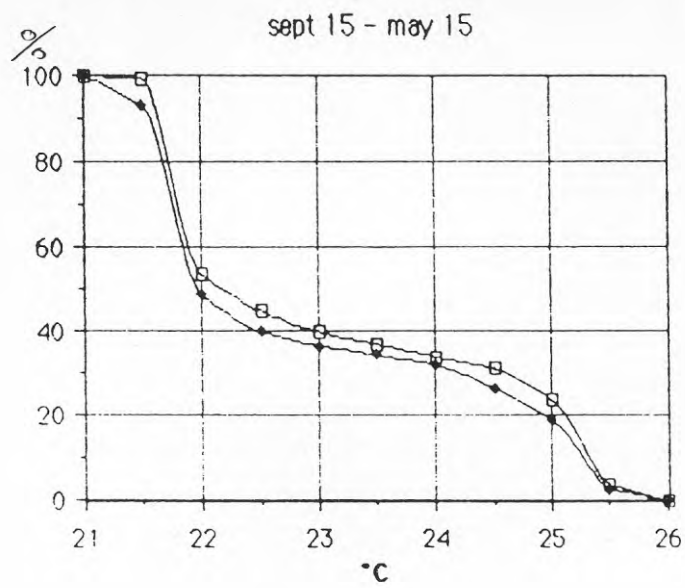


Bild 52 Operativ temperatur under uppvärmnings-säsongen. Det framgår av varaktighetskurvan att den dagliga medeltemperaturen låg mellan 20 och 22° C under 50% av tiden. De båda kurvorna representerar de båda delarna av byggnaden uppdelat på vardera huset.

Värmeledningsförmåga hos tjock lösfallnadsisolering av lösull

- en fältstudie i kv Sjuksköterskan

Björn Bandman och Pedro Gandra, Byggnadsmateriallära, KTH, 1985

Arne Elmroth, EHUB, och Lars Andersson, Byggnadsmateriallära, KTH 1987

I kv Sjuksköterskan är utökad isolertjocklek en väsentlig energisparåtgärd. Funktionen hos de tjocka isoleringarna utvärderas speciellt i projektet. Värmeflödesmätningar på olika ytterväggskonstruktioner och på vindsbjälklaget utfördes första gången vintern 1984/85. Det var något mindre än ett år efter det att huset färdigställts. Resultaten redovisas i ett examensarbete i Byggnadsmateriallära av Björn Bandman och Pedro Gandra 1985.

För ytterväggskonstruktionerna erhöles i stort sett förväntade resultat dvs de k -värden som kan beräknas enligt SBN80 innehölls också i mätningarna. Vad gäller vindsbjälklaget däremot uppmättes väsentligt lägre värmemotstånd än väntat. En analys av resultaten och studium av tänkbara orsaker till avvikelserna från de förväntade värdena resulterade i fyra tänkbara faktorer

- 1) Osäkra mätresultat pga att mätningar utförts under relativt kort tid. Inre och yttre klimatstörningarna ha påverkat mätarna.
- 2) Extra värmeflöde p g a inverkan av köldbryggor.
- 3) Extra värmeflöde pga att uttorkning av betongen inte var avslutad.
- 4) Osäkerheter om hur så tjock isolering som 50 cm lösull fungerar under praktiska förhållanden. Inga mätresultat från så tjock lösfallnadsisolering förelåg.

Nya mätningar utfördes under januari och februari 1986. Termoelektriska värmeflödesmätare av plattyp monterades på takets insida på stort avstånd (ca 1,5 m) från ytterväggar. Nykallibrerad utrustning användes. Värme- och ventilationssystemet stängdes av i mättrummen. Värmetillförsel skedde från termostatreglerade koltrådslampor. Mycket stabil rumstemperatur erhöles. Fönstren tilläggsisolerades med cellplast för att minska störningar från strålning. Mättrummen var obebodda och tillstängda under mätperioden. Mätbetingelserna måste därför bedömas vara synnerligen goda för att vara fältmätningar. Resultaten blev emellertid fortfarande ungefär desamma som vid det föregående mättillfället dvs väsentligt lägre värmemotstånd än förväntat bestämdes. Även om mätbetingelserna vid den upprepade mätningen väsentligen förbättrats så kan köldbryggor och byggfukt fortfarande ha påverkat resultaten.

I samråd med och på uppdrag av Gullfiber AB och Rockwool AB har nya mätningar utförts i januari och februari 1987. Vid dessa mätningar har inriktningen varit att bestämma värmemotståndet hos enbart isolerskiktet. Följande åtgärder har därvid vidtagits.

- 1) Befintlig lösull över en lägenhet med två s k mättrum har tagits bort.
- 2) Värmeflödesmätare har placerats ovanpå betongbjälklaget. På så sätt elimineras effekt av köldbryggor och ev effekt av betongens uttorkning på värmeflödet. Vidare har flödesmätarna suttit väl skyddade för klimatstörningar. En väsentligt stabilare mätsituation har erhållits.
- 3) Ny lösull av fabrikat A och B har blåsts upp på vindsbjälklaget över de två mätrummen. Gullfiber AB och Rockwool AB har ansvarat för att korrekt sprutning av lösullen utförts. Material A har sprutats över mättrum A och har en nominell densitet av 28 kg/m^3 . Material B har sprutats över mättrum B och har en nominell densitet av 19 kg/m^3 .

Mätmetodik och mätningar

Värmeflöde har bestämts med termoelektriska värmeflödesmätare av plattyp. Värmeflödesmätarna har placerats enligt Bild 53. Mätare med beteckningarna A hänför sig till mättrum A ovan vilket material A sprutats.

För varje provyta finns två värmeflödesmätare ovan betongbjälklaget men omedelbart under isoleringen och en mätare på betongens undersida. Flödesmätarna har tejpats mot betongen för att få så god anliggning som möjligt.

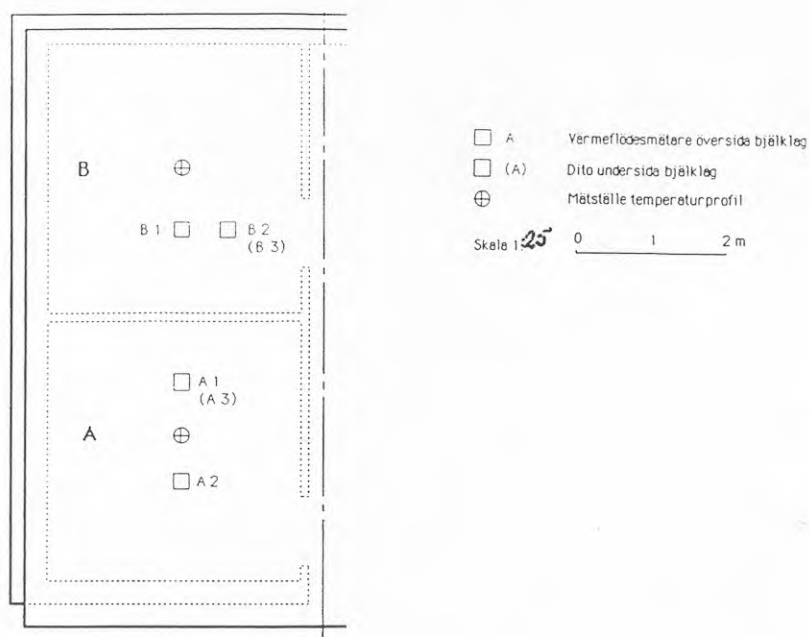


Bild 53 Mätutrustningens placering på bjälklaget. A avser mättrum A och material A, B avser mättrum B med material B.

Genom att placera värmeflödesmätarna på ovansidan av bjälklaget har flera fördelar uppnåtts utöver en förbättrad mätnoggrannhet. Enbart det värmeflöde som går genom isoleringen vinkelrätt mot bjälklaget mäts. Eventuell horisontell värmeledning i bjälklaget påverkar inte mätningen.

Med värmeflödesmätare placerade på båda sidor om bjälklaget kan man dels jämföra resultatet med tidigare mätningar, dels bedöma hela konstruktionen från värmeisoleringsynpunkt.

Nära flödesmätarna har termoelement monterats för att mäta temperaturer på olika nivåer i isoleringsmaterialet. Placeringen av termoelementen visas i Bild 54. Dessutom har lufttemperaturer i vindsutrymmet, ute samt i rum A och B registrerats.

För bestämning av värmemotståndet hos isoleringsmaterialet borde man mäta yttemperaturen på över- och undersida av isoleringen. Eftersom man inte kan gå i materialet efter sprutning har ingen temperaturgivare kunnat placeras på isoleringens överyta. I stället har lufttemperaturen i vindsutrymmet använts.

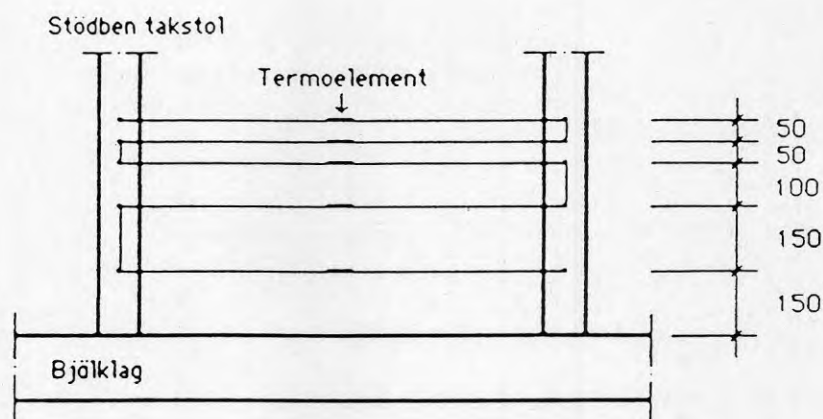


Bild 54 Placering av termoelement i isoleringen för mätning av temperaturer.

För registrering av mätvärden har två Philipsskrivare med vardera tolv kanaler använts. Grafisk registrering av mV -utslag har skett på pappersremsa. Registrering har skett var 3:e minut. De skrivare som använts var nykalibrerade (870109) avseende temperatur och millivoltområdena.

För att minska klimatstörningarna så mycket som möjligt har fönstren i de två mätrummen isolerats med cellplastskivor. Tilluftsdon har tejpats igen och radiatorerna har stängts av. Värmetillförsel till rummen har klarats med två koltrådslampor om 75 W i vardera rummet. Lamporna har dessutom avskärmts så att flödesmätarna inte skulle påverkas av strålning.

Mätningar har utförts under perioden 870114 - 870223.

Efter avslutade värmeflödesmätningar har densiteten hos de utlagda materialen bestämts i tre prover från respektive mät-
 ytor. Bestämningen har gjorts så att ett rör (spiralkanal \varnothing 315)
 med tvärsnittsarean 779 cm^2 försiktigt fördes ned genom isole-
 ringen. Materialet inuti röret togs upp och vägdes i labo-ratori-
 um. Innan röret fördes ned mättes tjockleken på varje ställe.

Beräkningar och mätvärdesbehandling

Värmeflöden och temperaturer har avlästs grafiskt från regist-
 reringsdiagrammen som medelvärde för 3-timmarsperioder.
 Avläsning har skett med hjälp av linjal. Värmeflödet har beräk-
 nats ur ekv

$$\varnothing = \frac{U_{\text{VFL}}}{K_{\text{VFL}}} \quad (1)$$

där \varnothing = värmeflöde, W/m^2

U_{VFL} = utslag på skrivardiagram, mV

K_{VFL} = kalibreringskonstant för respektive
 värmeflödesmätare som beror på respektive
 mätarens sk referenstemperatur, $\text{mV} \cdot \text{m}^2 / \text{W}$

Värmemotståndet för isolerskiktet har beräknats ur ekv

$$m = \frac{\Delta t}{\varnothing} \quad (2)$$

där m = värmemotstånd, $\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$

Δt = temperaturdifferens över isolerskiktet, $^{\circ}\text{C}$

\varnothing = värmeflöde enligt ekv (1), W

Som temperatur under isoleringen har värmeflödesmätarens
 referenstemperatur använts. Denna beräknas kunna avvika
 maximalt med $0,1^{\circ}\text{C}$ från yttemperaturen.

På ovansidan av isoleringen har lufttemperaturen i
 vindsutrym-met använts eftersom yttemperaturen inte kunnat
 mätas. Det på detta sätt bestämda värmemotståndet innefattar
 sålunda även ett övergångsmotstånd som kan antas till ca $0,10$
 $\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$.

De bestämda värmemotstånden har för respektive värmeflödesmätare sammanställts till dels dygnsmedelvärden, dels ett successivt medelvärde över hela mätperioden.

Med successivt medelvärde vid en viss tidpunkt avses ett medelvärde av samtliga 3-timmarsvärden från mätperiodens början till denna tidpunkt.

Isolermaterialets värmeledningsförmåga har beräknats ur ekv

$$\lambda = \frac{d}{(m-m_u)} \quad (3)$$

- där
- λ = värmeledningsförmåga, W/mK
 - d = isoleringens tjocklek uppmätt mitt över värmeflödesmätaren, m
 - m = värmemotstånd enligt (ekv 2), m²K/W
 - m_u = värmeövergångsmotståndet mellan isoleringens yta och vindsluften, i vårt fall antaget till 0,10 m²K/W

Klimat under mätperioden

Uttemperaturen under den egentliga mätperioden har varit låg. Det innebär att temperaturskillnaden mellan inne och ute varit stor. Det är gynnsamt från mätsynpunkt. Uttemperaturen har varit stabilt låg med ett lägsta värde av under -20°C i slutet av perioden. Temperaturdifferensen mellan betongens överyta och vindsluften för de två mätrummen redovisas i Bild 55.

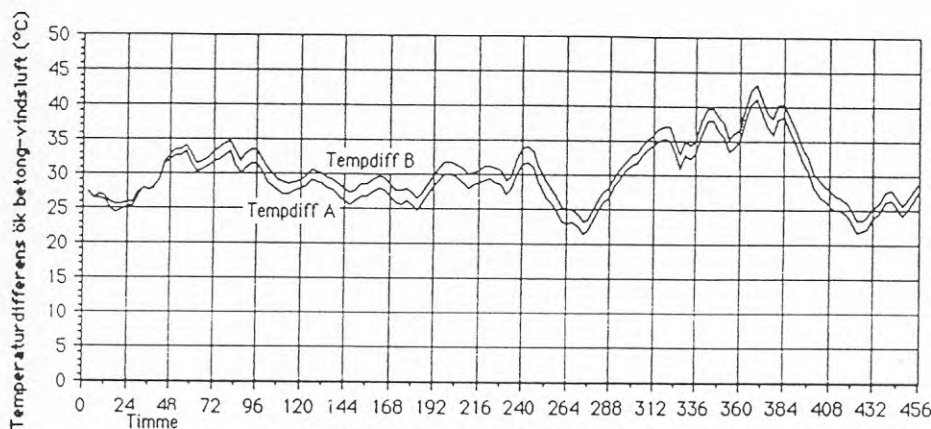


Bild 55 Temperaturdifferens över isoleringen (översida betong-vindsluft) under perioden 870114-870201. Skillnaden mellan material A och B beror på en något högre temperatur i rum B.

Resultat

Värmeflöden

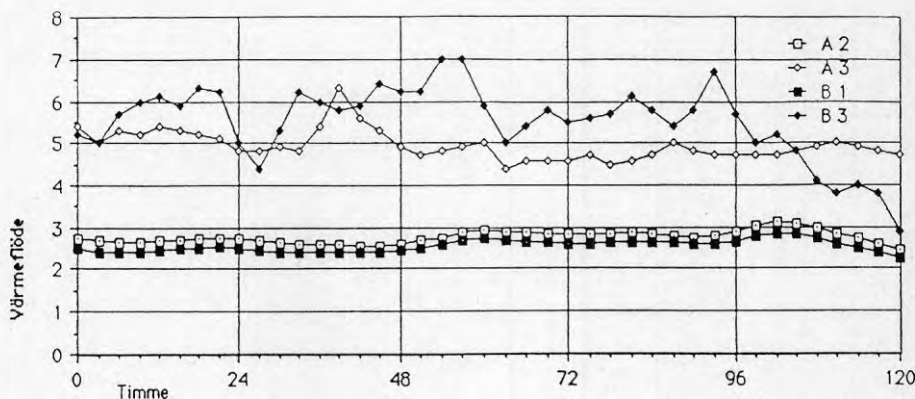
Beräknade 3-timmarsmedelvärden av värmeflödet enligt ekv 1 redovisas i Bild 56 för perioden 870120-870124. Den utvalda perioden är typisk för hela mätperioden. I bilden redovisas uppmätt värmeflöde både med flödesmätare placerade ovanpå och under betongbjälklaget för vardera mätytan. Som tydligt framgår av bilden är flödet uppmätt ovanpå bjälklaget mycket stabilt. Värdena mätta på undersidan är däremot betydligt mer instabila och nivån är ungefär dubbelt så hög som värdena uppmätta ovanpå plattan. Det höga värmeflödet som bestämts från flödesmätarna placerade under betongbjälklaget är i nivå med vad som bestämts vid de föregående mätningarna. Resultaten visar sålunda ett betydligt större värmeflöde in i bjälklaget än ut ur detsamma. Att analysera orsakerna till detta ligger dock utanför detta arbetes ram. Tänkbara orsaker är dock följande:

- Störningar på de invändigt placerade mätarna av t ex strålning och konvektion kvarstår trots mycket goda fältmässiga förhållanden.
- Inverkan av flerdimensionell värmetransport (köldbryggor) är större än vad som förutsetts.
- Värme kan åtgå för uttorkning av betongbjälklaget även om det är tredje uppvärmningssäsongen.

Dessa frågor överlämnas för studium i annat sammanhang. Resultaten bör stämma till eftertanke vid bestämning av värmemotstånd hos högisolerade konstruktioner under fältmässiga förhållanden.

För den fortsatta analysen utnyttjas i denna rapport enbart resultat från de värmeflödesmätare som placerats ovanpå betongbjälklaget. Orsaken är att denna undersökning primärt avser att bestämma den tjocka lösfallnadsisoleringens funktion.

Bild 56 Uppmätt värmeflöde, W/m^2 , under perioden 870120-870124. Värmeflödesmätare A2 och B1 är placerade ovanpå, A3 och B3 under betongbjälklaget.



Värmemotstånd och värmeledningsförmåga

Noggrann utvärdering av resultaten har gjorts för perioden 870114 - 870201. Bestämda dygnsmedelvärden respektive successiva medelvärden av värmemotstånd redovisas i Tabell 28 och i bilderna 57 och 58. De bestämda värmemotstånden är mycket stabila och redan efter några dygn erhålls ett successivt medelvärde som obetydligt skiljer sig från slutvärdet efter 19 dygn.

Tabell 28 Värmemotstånd, m^2K/W för lösfallnadsisoleringen. Dygnsmedelvärde och successivt medelvärde för hela mätperioden 870114-870201. VFL = värmeflödesmätare

Dag	Material A		VFL	A1	Material B		VFL	B2
	VFL dygn	A2 succ			VFL dygn	B1 succ		
1	9,17	9,17	9,33	9,33	9,90	9,90	9,59	9,59
2	10,27	9,72	10,33	9,83	10,75	10,32	10,43	10,01
3	9,96	9,80	9,87	9,84	11,07	10,57	10,72	10,24
4	10,02	9,86	9,83	9,84	11,31	10,76	10,91	10,41
5	9,86	9,86	9,79	9,83	11,58	10,92	11,31	10,59
6	9,93	9,87	10,00	9,86	11,38	11,00	11,12	10,68
7	9,91	9,87	10,04	9,88	11,59	11,08	11,26	10,76
8	10,03	9,89	9,94	9,89	11,51	11,14	11,24	10,82
9	10,25	9,93	10,04	9,91	11,71	11,20	11,34	10,88
10	10,25	9,96	10,14	9,93	11,83	11,26	11,57	10,95
11	9,38	9,91	9,35	9,88	11,04	11,24	10,87	10,94
12	10,03	9,92	10,03	9,89	11,73	11,28	11,49	10,99
13	10,76	9,99	10,46	9,93	12,26	11,36	11,62	11,04
14	10,10	9,99	9,86	9,93	11,51	11,37	11,14	11,04
15	10,28	10,01	9,95	9,93	11,84	11,40	11,52	11,07
16	10,33	10,03	9,93	9,93	11,92	11,43	11,53	11,10
17	9,20	9,98	9,12	9,88	10,72	11,39	10,51	11,07
18	9,63	9,96	9,62	9,87	11,26	11,38	11,12	11,07
19	10,33	9,98	10,14	9,88	11,99	11,42	11,71	11,10

I Tabell 29 har det successiva medelvärdet på värmemotståndet efter 19 dygn tagits som utgångsvärde för beräkning av värmeledningsförmågan hos lösfallnadsisoleringen enligt ekv 3. Iso-lertjockleken har i efterhand uppmätts vid respektive värme-flödesmätare. Av tabellen framgår att uppmätt värmeledningsförmåga är 0,048 W/mK för material A och 0,046 W/mK för material B. I bilaga B har en feluppskattning gjorts som visar att det maximala felet är + 11%. Det betyder att de båda materialens värmeledningsförmåga ligger inom varandras osäkerhetsintervall, varför slutsatsen av denna undersökning är att värmeledningsförmågan hos de två materialen är likvärdig.

Tabell 29 Sammanställning av värmemotstånd och värmeledningsförmåga för de två undersökta lösfallnadsmaterialen A och B.

Värmeledningsförmåga mätare	Värmemotstånd m ² K/W	Tjocklek m	Värmeledningsförmåga W/mK
A1	9,88	0,47	0,048
A2	9,98	0,48	0,048
B1	11,42	0,53	0,046
B2	11,10	0,51	0,046

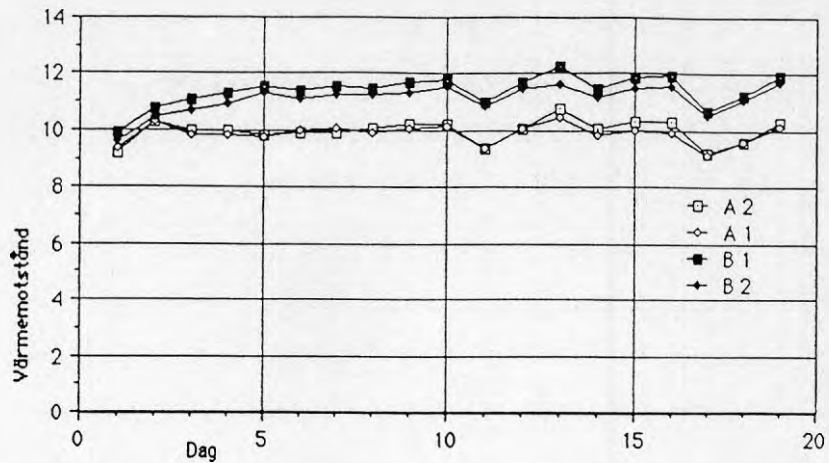
Av betydelse för värmeledningsförmågan är också lösfallnadsisoleringens densitet. Tre prover har tagits av varje material och resultaten redovisas i Tabell 30. Något högre densitet än avsett har erhållits i praktiken.

Tabell 30 Uppmätt densitet för lösfallnadsisolering. Medelvärde mätställe 1-3, material A, 32,6 kg/m³. Medelvärde mätställe 4-6, material B, 22,1 kg/m³

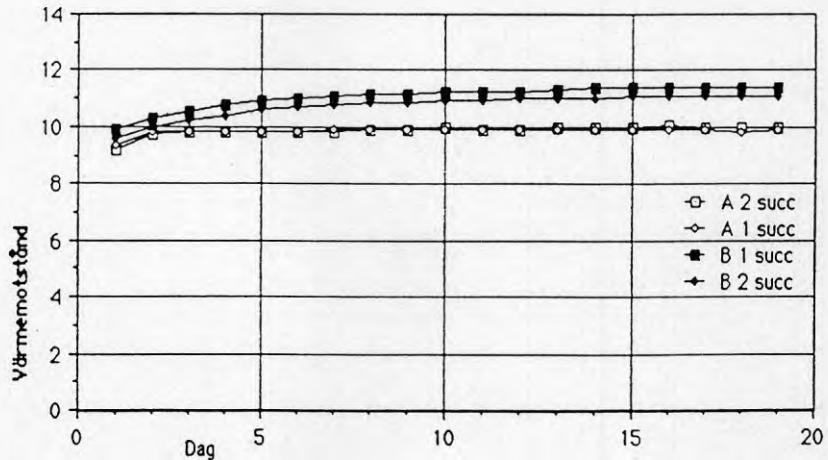
Mätställe	Material	Tjocklek m	Volym m ³	Massa kg	Densitet kg/m ³	Avsedd densitet kg/m ³
1	A	0,520	0,0405	1,330	32,8	
2	A	0,480	0,0374	1,190	31,8	28
3	A	0,470	0,0366	1,220	33,3	
4	B	0,540	0,0421	0,950	22,6	
5	B	0,530	0,0413	0,890	21,5	19
6	B	0,500	0,0390	0,870	22,3	

I bilderna 57 och 58 redovisas två exempel på uppmätta temperaturer i isoleringen. Tidpunkterna har valts då utetemperaturer legat relativt stabilt. Temperaturprofilen är i det närmaste linjär. De bestämda temperaturerna visar att eventuella luft-rörelser i vindsutrymmet inte nedsätter isolerförmågan i isoleringens översta skikt.

Bild 57 Dygnsmedelvärden av värmemotstånd ($m^2 K/W$) bestämt vid respektive värme-flödesmätare för perioden 870114-870201.



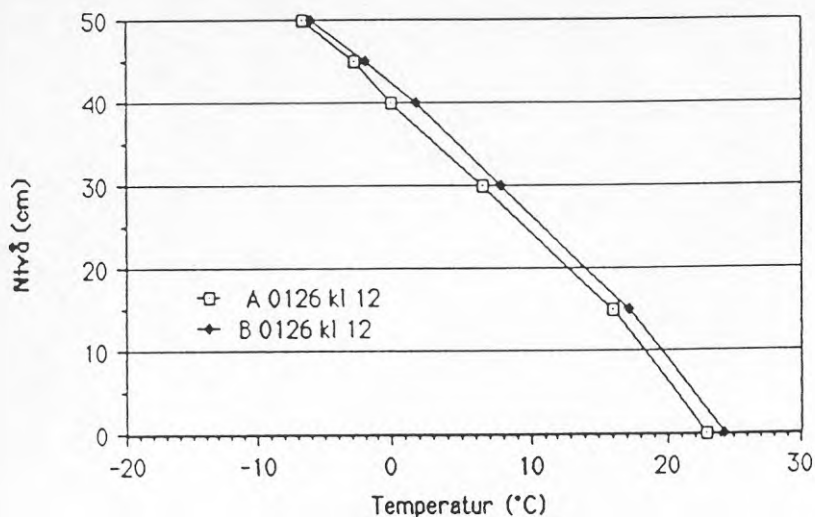
Figur 58 Successivt medelvärde av värmemotstånd ($m^2 K/W$) bestämt vid respektive värme-flödesmätare för perioden 870114-870201.



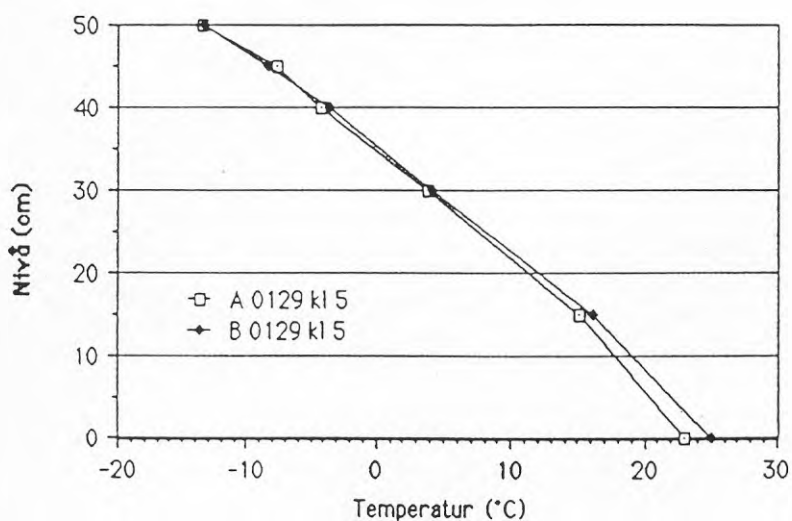
Sammanfattning

Fältundersökningar av värmemotstånd och värmeledningsförmåga hos tjock lösfallnadsisolering av mineralull har visat att:

- Uppmätt värmeledningsförmåga för tjock (ca 50 cm) lösfallnadsisolering av mineralull är 0,048 resp 0,046 W/mK för de två materialen A och B.
- Med hänsyn till osäkerheter vid de fältmässiga bestämningarna visar resultaten att de två isoler materialen A och B har likvärdig värmeledningsförmåga.
- Fältmätningar av värmemotstånd hos högisolerade konstruktioner är mycket svåra att genomföra och metodiken bör fortsättningsvis ägnas särskilda studier.



Figur 59 Temperaturprofil i lösfallnadsisolering A och B 870126 kl 12⁰⁰



Figur 60 Temperaturprofil i lösfallnadsisolering A och B 870129 kl 5⁰⁰

Genomförande

Projektledare och samordningsansvarig för denna undersökning har varit Arne Elmroth, Projektgruppen för energihushållning i byggnader, EHUB vid Institutionen för byggnadsteknik, KTH.

Ansvarig för mätningarnas genomförande har varit Göran Ottoson, Institutionen för byggnadsteknik, KTH.

För installation av mätutrustning har Christer Hägglund, Institutionen för byggnadsteknik, KTH, svarat.

Sprutning av ny lösfallnadsisolering har utförts av respektive materialfabrikant, Gullfiber AB respektive Rockwool AB, eller av denne utsedd entreprenör.

Utvärdering och sammanställning av mätresultat har gjorts av Lars Andersson, Institutionen för byggnadsmateriallära, KTH

Bilaga 1

Feluppskattning

Vid mätningar av denna typ har man att ta hänsyn till flera osäkerhetsfaktorer. En uppskattning av storleken på varje sådan faktor samt deras inverkan på det slutliga resultatet (-värdet) har gjorts.

Värmeflödesmätarna

Den stora osäkerheten vid mätning med värmeflödesmätare av plattyp ligger inte i själva mätaren utan i mätmetoden. Genom många seriekopplade termoelement och ett väl bestämt k-värde för värmeflödesmätarna erhålls säkra värden på flödet genom själva mätaren. Men frågan är hur representativt detta värde är för flödet genom konstruktionen. Vid mätning på vanligt sätt med mätaren placerad på varma sidan av konstruktionen räknar man med en noggrannhet på + 15% (Lövström R, Fältsmätning av värmemotstånd, 1982).

Vid denna mätning har tack vare att mätarna placerats ovanpå ett material med hög värmekapacitet erhållits mycket stabila förhållanden. Efter samråd med experter på Statens Provningsanstalt har vi antagit att det uppmätta värmeflödet har en noggrannhet på +5%.

Dessa felmarginaler förutsätter mätning och integration över tillräckligt lång tid, 2-5 dygn, längre om utetemperaturen varierar kraftigt.

Skrivarna

Noggrannheten för en nykalibrerad skrivare med rätt mätområde inställt uppskattas till + 1%.

Avläsningsnoggrannhet

Noggrannheten i den manuella avläsningen av registrerade mV-utslag uppskattas till + 0,5%. Temperaturer kan avläsas med + 0,1°C noggrannhet. En temperaturskillnad i här aktuell storleksordning kan därigenom ha ett fel på + 0,5%. Någon hänsyn till medelvärdesbildningen har inte tagits här trots att felet vid den manuella avläsningen säkert är att betrakta som slumpmässigt. Detta är dock på säkra sidan.

Kalibreringsdiagram värmeflödesmätare

Avläsningsnoggrannheten i kalibreringsdiagrammet uppskattas till +0,5%.

Bestämning av tjocklek hos isoleringen

Mätning av tjocklek hos lösfallnadsisolering är svårt eftersom ytan är så ojämn. Vi uppskattar att man kan mäta med en noggrannhet av + 1 cm dvs + 2%.

Antaget värmeövergångsmotstånd

Ett rimligt värde för en horisontell yta är $0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$. Om vi antar att det verkliga värdet ligger mellan 0 och 0,20 kan dess inverkan på det totala värmemotståndet i vårt fall maximalt uppgå till + 1%.

Totalt relativt fel

Bestämning av värmefflöde: $1,05$ (flödesmätaren) \times $1,01$ (skrivar-
ren) \times $1,005$ (avläsning) \times $1,005$ (kalibreringsdiagram) = $1,071$

Beräkning av värmemotstånd: $1,071 \times 1,005$ (temp.diff. = $1,076$)

Beräkning av värmeledningstal: $1,076 \times 1,01$ (värmeövergångs-
motstånd) \times $1,02$ (tjocklek) = $1,11$

De beräknade värmeledningsförmågorna bör ha ett fel på maxi-
malt + 11%.

Simuleringsmodeller

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

Datorsimuleringar

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

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

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

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

Simuleringar med BRIS

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

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

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

Klimatdata

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

Värmeflödet genom vägg-, golv- och takytorna

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

Beräkningarnas och resultatens omfattning

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

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

Gemensamma beräkningsförutsättningar

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

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

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

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

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

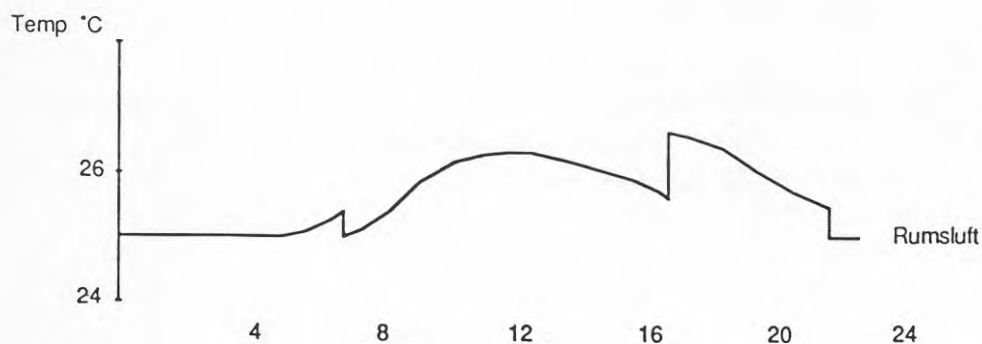
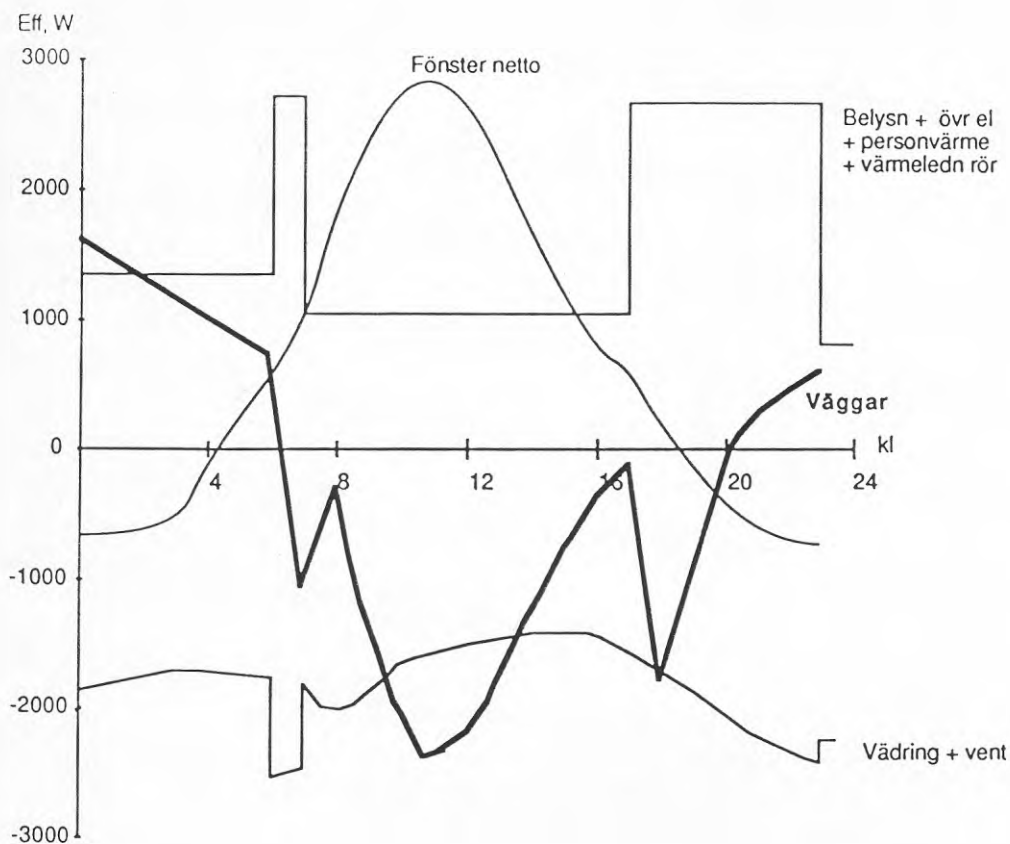


Bild 61 Kv Rågaxet, Gubbängen. Mellanväning SSO 256 m². Timvisa energiflöden och rumsluftens temperatur den 15/5 1971. Utetemperaturens dygnsmedelvärde = +12,6 °C.

Objektiva simuleringsmodeller med BRIS

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

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

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

I detta avsnitt ges några kommentarer till hur de olika byggnaderna inom Stockholmsprojektet har definierats med hjälp av de begrepp som nämnts ovan.

Kv Sjuksköterskan

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

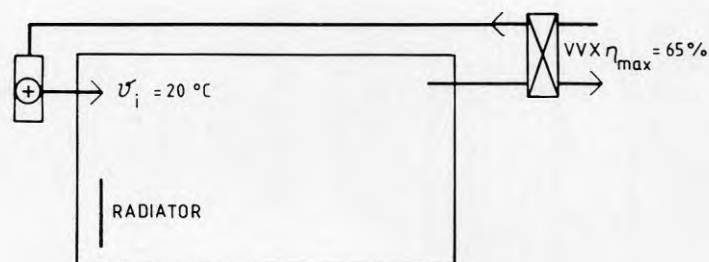


Bild 62 Principiell uppbyggnad av simuleringsmodell för kv Sjuksköterskan.

Geometrier

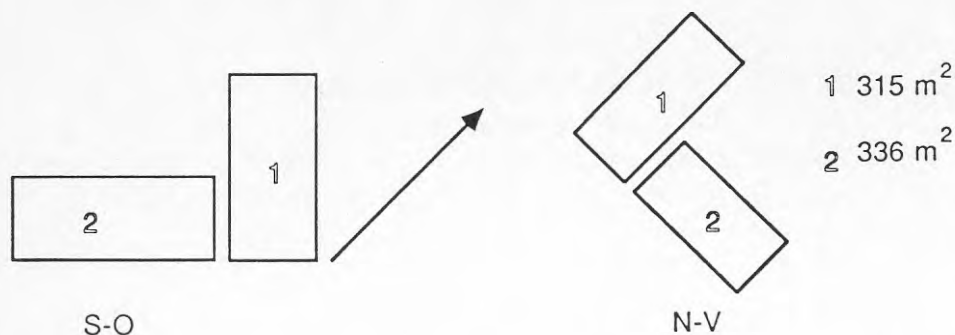


Bild 63 Geometrier för kv Sjuk-sköterskan. Mellanvåningen i två huskroppar 1 och 2 belägna huvudsakligen i syd-ostlig riktning resp nord-västlig riktning har beskrivits.

Tabell 31 Övriga primärdata för kv Sjuksköterskan.

		Hus 1	Hus 2
Rumsluft, vinter, sommar Tilluftstemperatur		> + 20 °C, vädring vid $t_{\text{rum}} > 25$ °C +20 °C, värmeväxlare $\eta=0,65$	
Tilluftsflöde		0,5 oms/h	0,5 oms/h
Ofrivillig ventilation		0,2 oms/h	0,2 oms/h
Lägsta radiatoreffekt		750 W	900 W
<i>Interna effekter</i>			
personer och tappvarmvatten	07-17	250 W	350 W
	17-07	700 W	900 W
Belysning och hushållsel	23-06	700 W	900 W
	06-07	2200 W	2600 W
	07-17	700 W	900 W
	17-23	2200 W	2600 W
k-värde ytterväggar	utvändigt, betong	0,19 W/m ² K	
	utvändigt, isolering	0,12 W/m ² K	
	invändigt, betong	0,15 W/m ² K	
Fönsterarea, andel av ytterväggsyta		13 %	12 %
Treglasfönster, k-värde		1,2 W/m ² K	1,2 W/m ² K
Solskydd i form av persienn mellan glas, fällda 1/3-31/10			
Tappvarmvatten		—10 kWh/lgh,dygn —	

Beräkningsresultat kv Sjuksköterskan

Energibalansen

Total energibalans för året för hus 1 och 2 (syd-ost) framgår av Bild 54. Här ingår förutom resultat från BRIS också korrigeringar för värmeförluster genom yttertak och källare, fördelade på 3,4 våningsplan, tappvarmvatten m m.

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

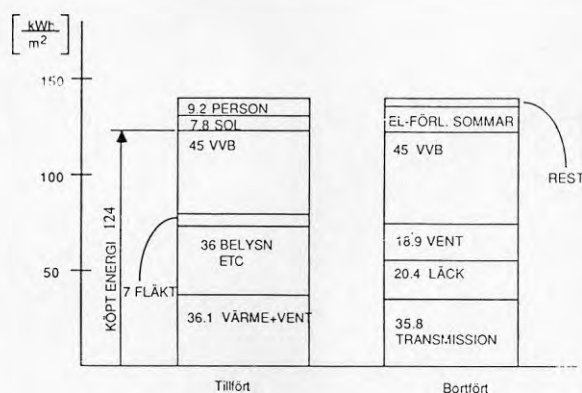


Bild 65 Total energibalans 1/1-31/12 kv Sjuksköterskan.

Total energibalans månadsvis framgår av Bild 66. Under eldningssäsongen fördelar förlusterna transmission, läckage, ventilation och varmvattenberedning tämligen lika. Under sommaren föreligger ett relativt stort behov för varmvattenberedning.

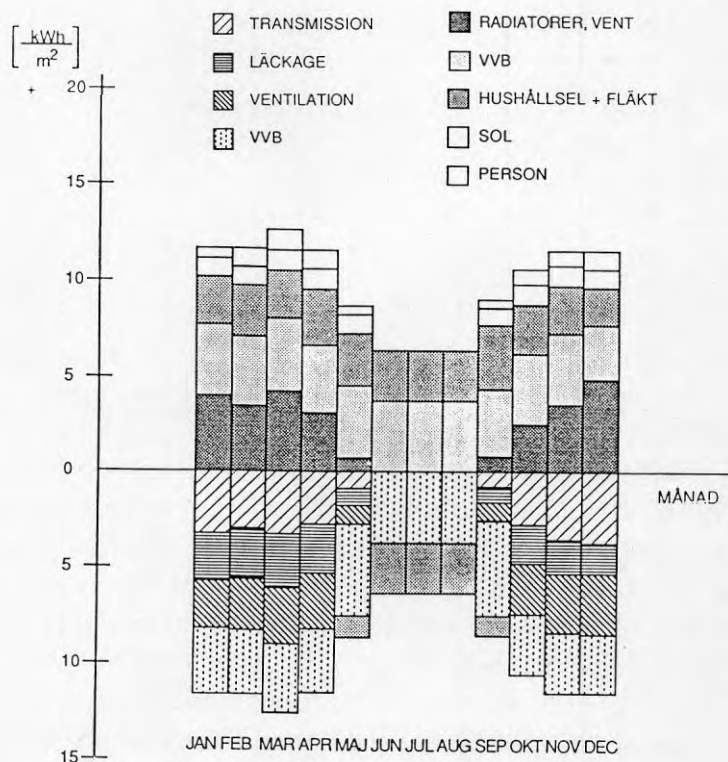


Bild 66 Total energibalans, månadsvis, för kv Sjuksköterskan.

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

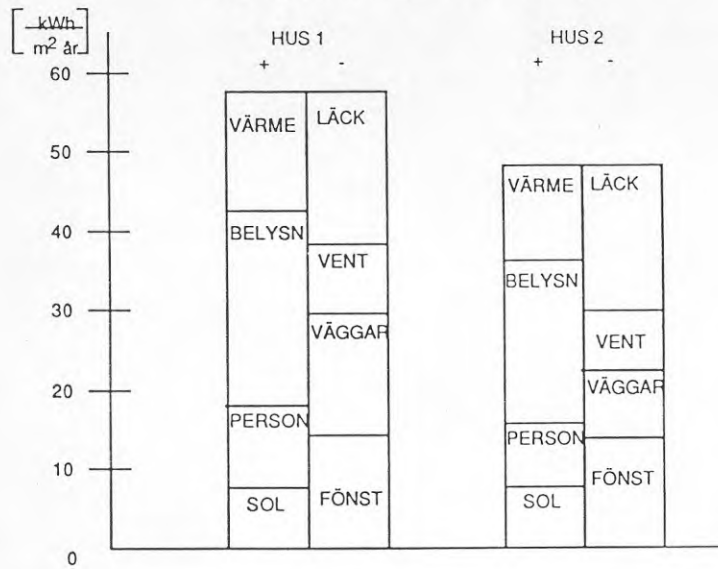


Bild 67 Nettobalans (mellanplan) Tidsperiod 16/9-15/5 $t_{ute} = +2,4$ °C kv Sjuksköterskan.

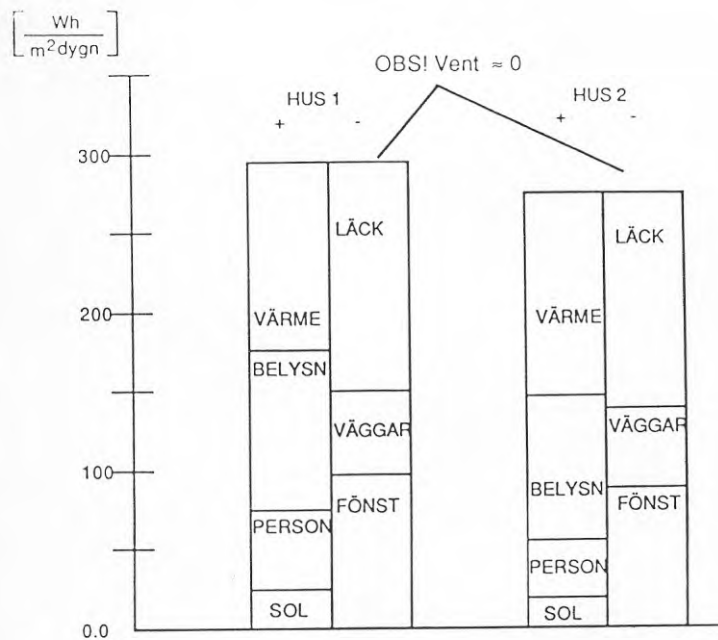


Bild 68 6/1 $t_{ute} = -15$ °C kv Sjuksköterskan

Netto energibalans för vart och ett av husen 1 och 2 för hela eldningssäsongen framgår av Bild 67, och årets kallaste dygn av Bild 68. Ur rummets synpunkt är ventilationsförlusten då = 0 eftersom tilluftstemperaturen = rumsluftens temperatur (20°C). I bruttobalansen ingår givetvis energi för värmning av ventilationsluften till denna temperatur. Läcket blir däremot en dominerande förlustpost. Värmen täcker här ca 40 % av energiförlusterna (den 6/1). Netto energibalansen i procent månad för månad visas i Bild 69 och Bild 70 (se nästa sida) för hus 1 resp hus 2. Den kraftiga ökningen av ventilationsförlusterna under vår och höst beror på ökad vädring på grund av övertemperaturen inomhus, se nästa avsnitt.

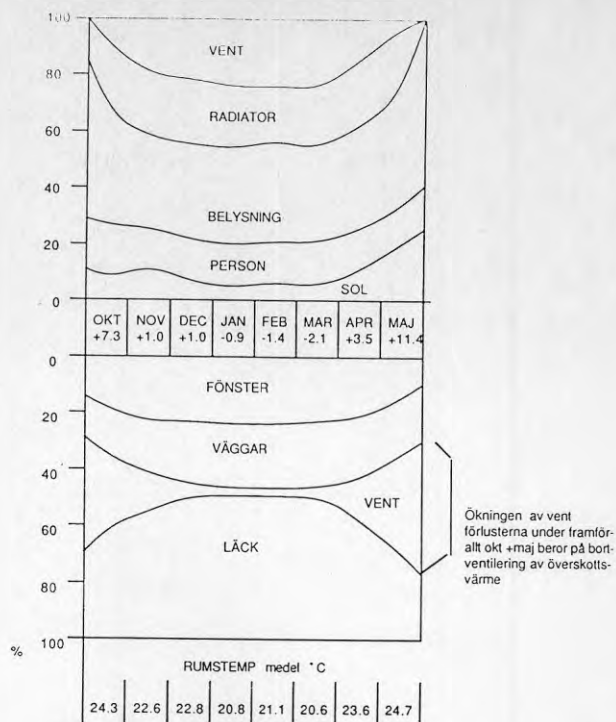


Bild 69 Netto energibalans, procentuell fördelning, kv Sjuksköterskan, hus 1.

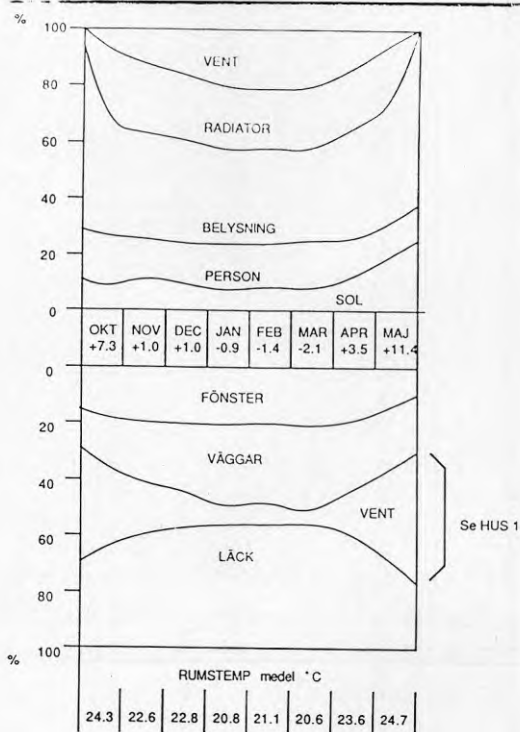


Bild 70 Netto energibalans, procentuell fördelning, kv Sjuksköterskan, hus 2.

Inomhusklimat

Operativtemperaturens procentuella fördelning för varje månad under eldningssäsongen framgår av Bild 71 (hus 1) och Bild 72 (hus 2). Under dec-mars håller sig temperaturen inom acceptabla gränser (i mars tack vare solskydden). Under resten av eldningssäsongen blir temperaturen onödigt (nov, april) eller oroväckande hög (sept, okt, maj). Den främsta orsaken att tilluftstemperaturen enligt förutsättningarna valts till 20°C under hela perioden. Även rörförlusterna bidrar. Under september och oktober kan operativtemperaturen genom vädring hållas lägre än 25°C, medan detta blir omöjligt under maj månad.

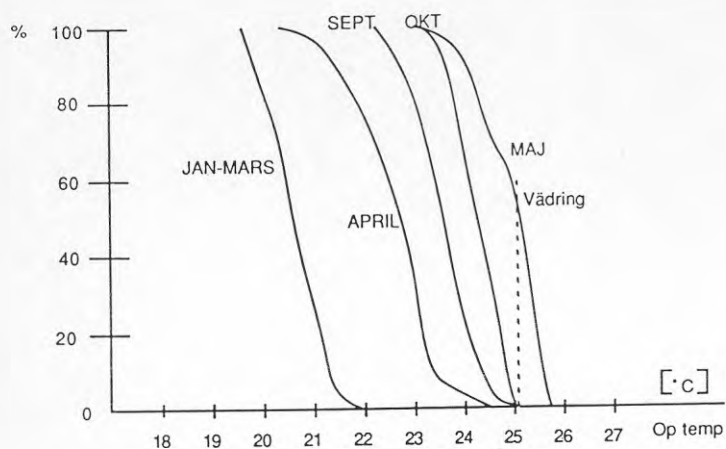


Bild 71 Procentuell fördelning av operativ temperatur under eldningssäsongen 16/9-15/5, kv Sjuksköterskan, hus 1.

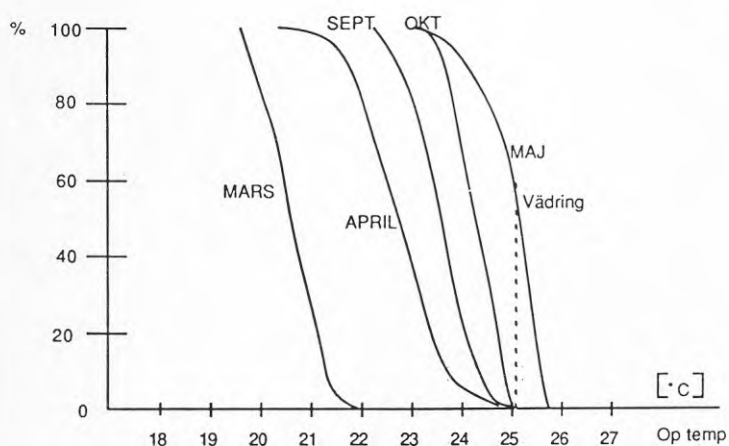


Bild 72 Procentuell fördelning av operativ temperatur under eldningssäsongen 16/9-15/5, kv Sjuksköterskan, hus 2.

Skillnader i hus 1 och 2 på grund av orientering i olika väderstreck
 På grund av att fönstren i denna byggnad är relativt små och att solskydd, utom de mörkaste vintermånaderna, ger olika orientering helt obetydlig skillnad i energibehovet för uppvärmning (<1%).

Maximalt effektbehov för uppvärmning.

Det största värmebehovet föreligger i planet ovanför källaren. För husen i N-V har en specialstudie visat att den största värmeeffekten inträffar kl 8 den 1/6 se Tabell 32.

Tabell 32 Maxeffekter, W/m²

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

Kommentarer

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

Värmeavgivningen från radiatorerna torde därför under en stor del av eldningssäsongen vara av relativt marginell betydelse. Härigenom uppstår svårigheter med reglering av rumstemperaturen. Även om radiatorerna helt stängs av kvarstår viss värmeavgivning från rörsystemet. Enligt beräkningsförutsättningarna kvarhålls tilluftstemperaturen på 20°C .

I kommentarer till beräkningsresultat från simulering enligt DEROB (sid 107) framgår också tydligt att övertemperatur då ofta uppträder. Detta torde kunna kompenseras genom en sänkning av tilluftstemperaturen.

Simuleringar med DEROB

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

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

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

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

Till DEROB har ett grafiskt tredimensionellt program anslutits som, med redan programmerade indata, kan redovisa byggnaden från valfri perspektivpunkt. I Bild 73 visas ett exempel på en sådan grafisk presentation.

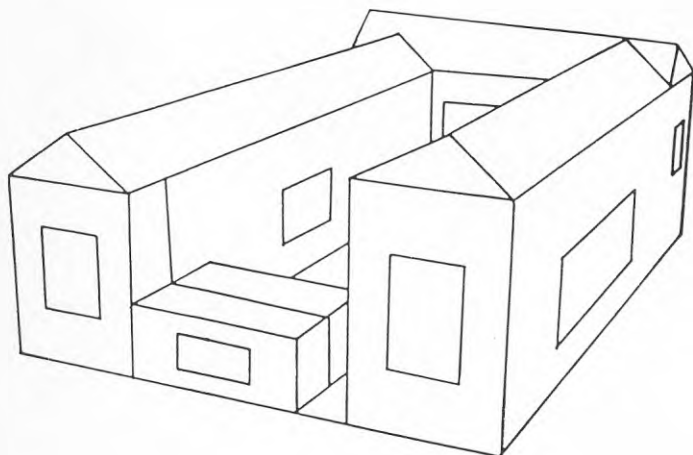


Bild 73 Exempel på en enkel tredimensionell kontrollredovisning av fysiska grunddata för DEROB-simulering

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

Styr- och reglerstrategier

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Geometrier

I Bild 74 visas en grafisk bild av den använda geometriska modellen sedd från söder

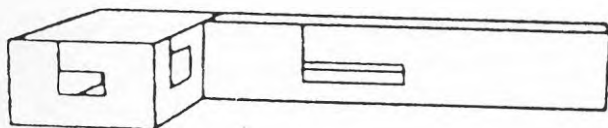


Bild 74 Geometrisk beskrivning av den använda modellen för kv Sjuksköterskan.

I Bild 75 visas motsvarande bild sedd från norr.

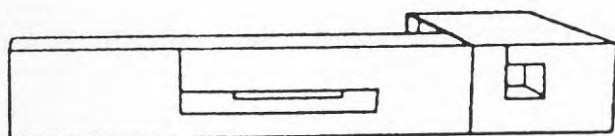


Bild 75 Geometrisk modell av kv Sjuksköterskan sedd från norr.

Totala våningsytan i varje plan är 651 m². I beräkningsmodellen har antalet våningar förutsatts vara fyra, totala ytan är alltså 1953 m².

Övriga primärdata

Följande primärdata har använts vid beräkningarna.

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

Internoärme

k1 00-06	9 600 W
06-17	19 200 W
07-17	6 600 W
17-24	19 200 W

Yttervägg:	19 cm lättbetong 12 cm isolering 15 cm betong
------------	---

Fönster	3-glas k = 1,2 W/m ² K
---------	-----------------------------------

Tappvarmvatten	49,2 kWh/m ² , år
----------------	------------------------------

Beräkningsresultat

Energibalansen

I Bild 76 redovisas den totala årliga energibalansen för de två byggnadskropparna. Det totala behovet av köpt energi är 107,7 kWh/m² av totalt 123,7 kWh/m², år.

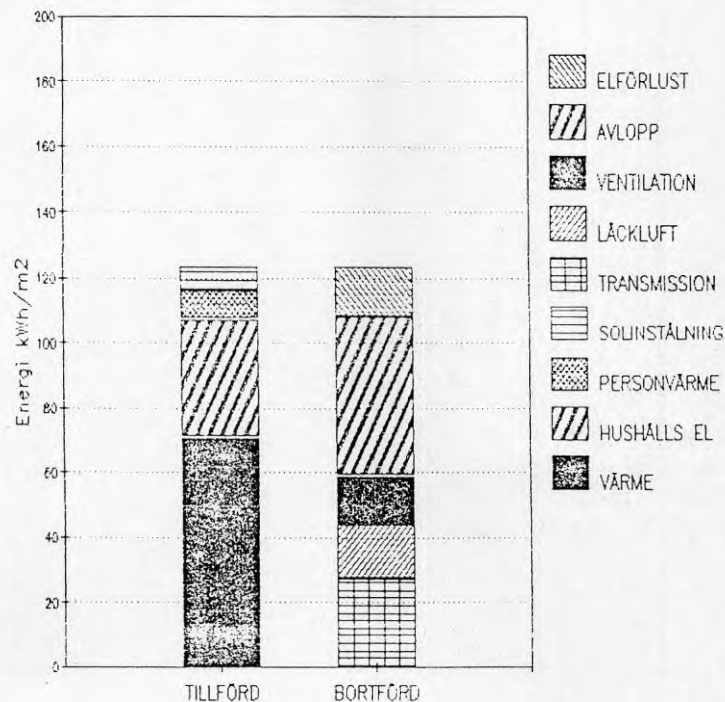


Bild 76 Kv Sjuksköterskan, total energibalans; DEROB

VBB Värmeteknik Graphics

Av det totala behovet av köpt energi utgörs nästan 50% av tappvarmvattnet. Den totala energibalansen månadsvis redovisas i Bild 77 och Bild 78.

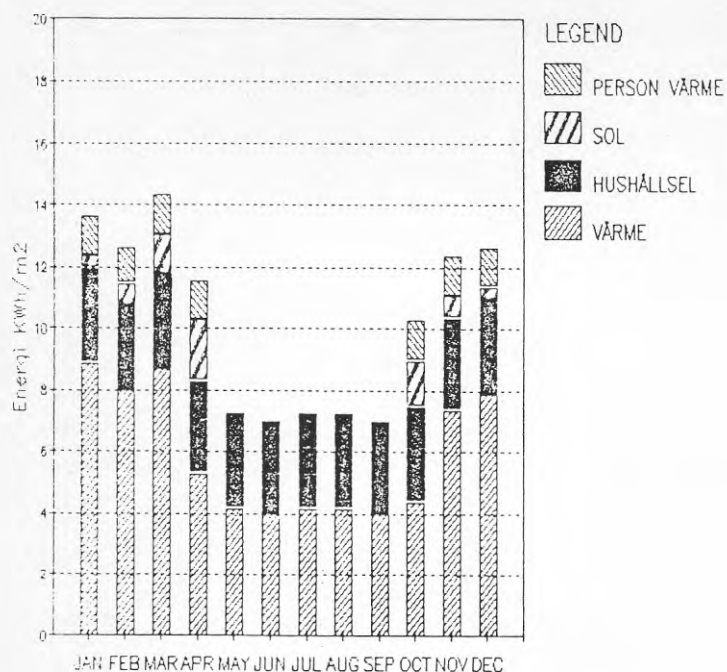


Bild 77 Ko Sjuksköterskan. Total energibalans månadsvis enligt DEROB. Tillförd energi.

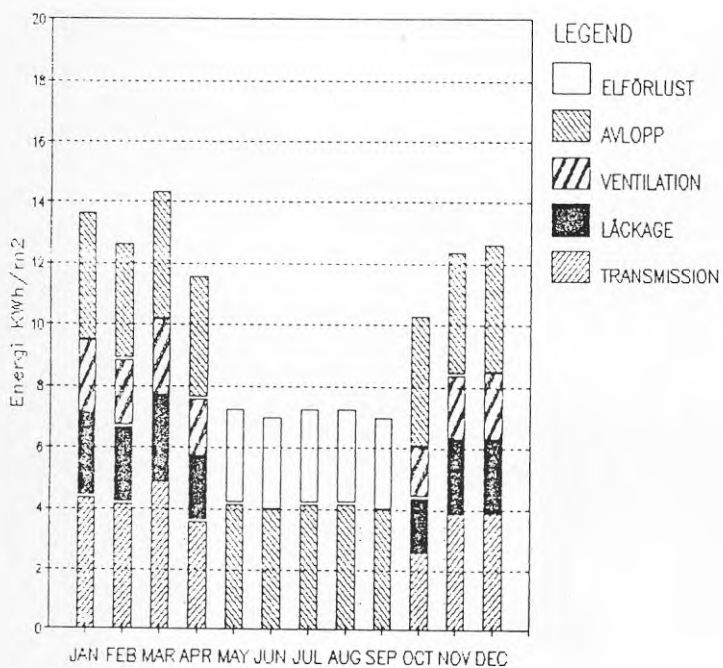


Bild 78 Ko Sjuksköterskan, Total energibalans månadsvis enligt DEROB. Bortförd energi.

Nettoenergi-balansens procentuella fördelning redovisas i Bild 79 och Bild 80. Fördelningen av bortförd energi är ganska konstant under året. Vi har inte räknat med att det sker någon vädring. Beträffande den tillförda energin ökar solinstrålningens andel under vår och höst.

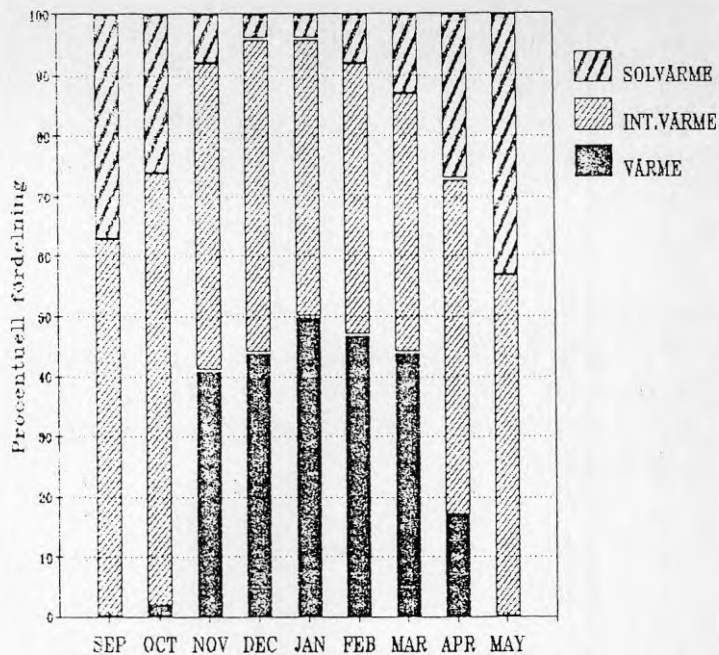


Bild 79 Kv Sjuksköterskan. Värmebalans månadsvis enligt DEROB. Tillförd energi.

VBB Värmeteknik Graphics

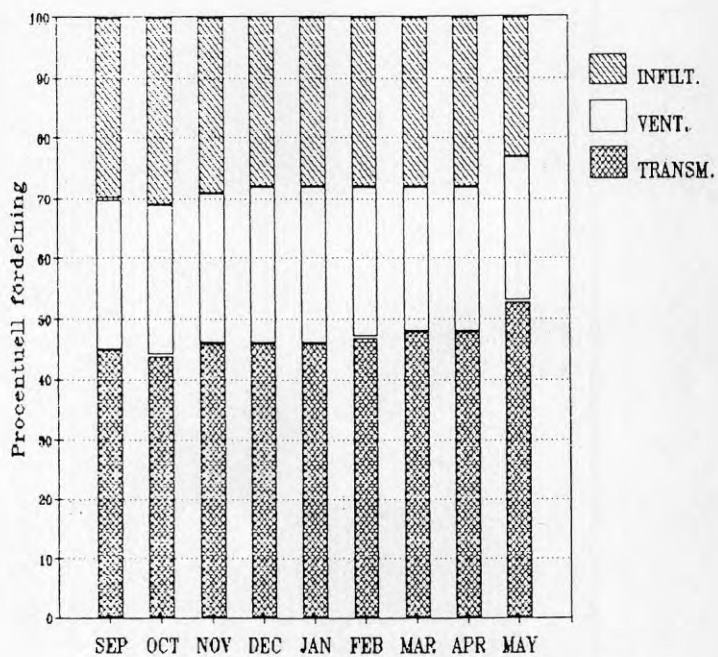


Bild 80 Kv Sjuksköterskan. Värmebalans månadsvis enligt DEROB. Bortförd energi.

VBB Värmeteknik Graphics

Inomhustemperatur

I tabellen nedan redovisas beräknade medeltemperaturer inomhus för eldningssäsongen.

Tabell 23 Medeltemperaturer inomhus under eldningssäsongen.

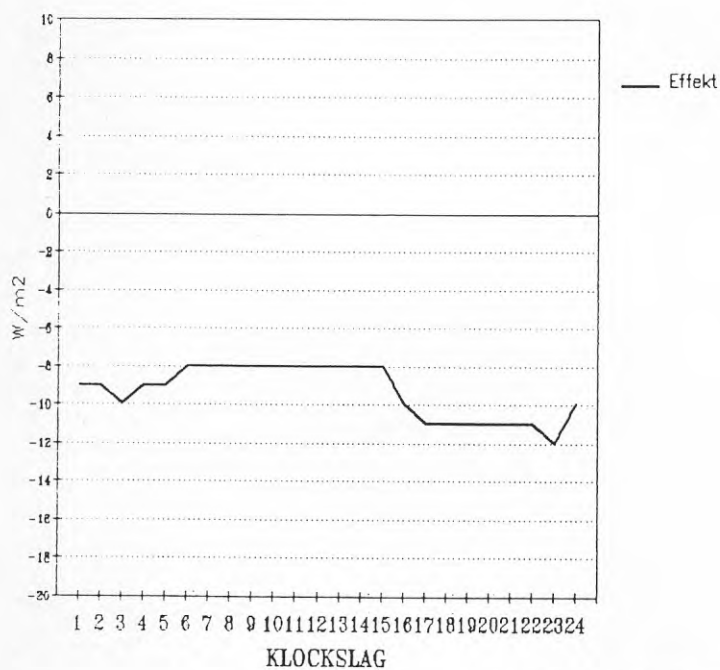
Månad	jan	feb	mar	apr	maj	sep	okt	nov	dec	
Temp°C		20,0	20,0	20,0	20,2	25,0	25,6	21,8	20,0	20,0

Solskydd har ej utnyttjats.

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

Effektbehov

Det högsta effektbehovet $19,5 \text{ W/m}^2$ inträffar kl 9 den 6/1. I Bild 80 visas effektbehovets förlopp enligt beräkningarna. Av Bild 79 (sid 104) framgår att effektbehovet sjunker då internvärmes är hög. Vid de tidpunkter man har hög internvärme sjunker effektbehovet.



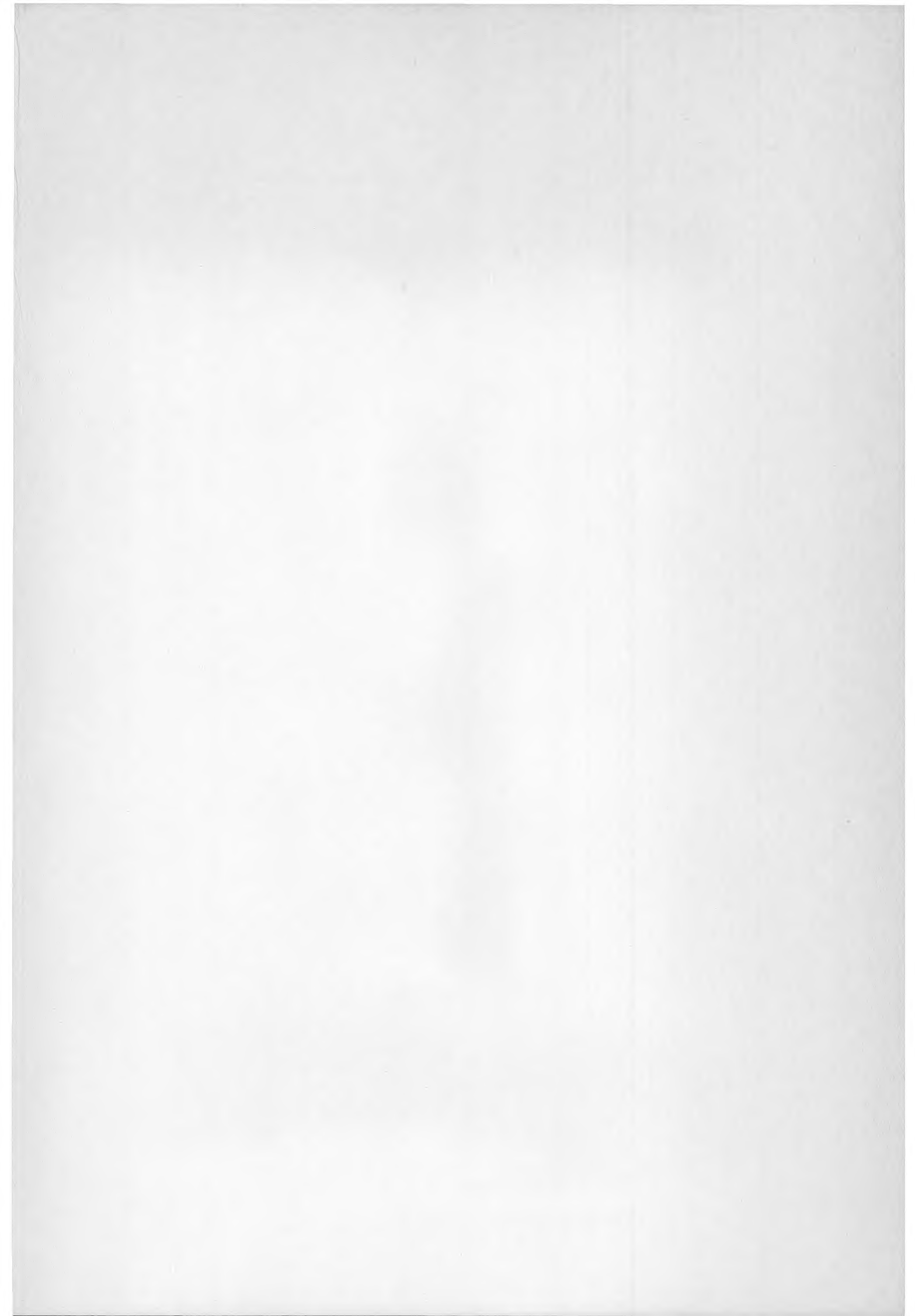
YBB Värmeteknik Graphics

Bild 81 Kv Sjuksköterskan
Effektbehov enligt DEROB.
Klimatdata från 1/1 1971.

Kommentarer

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

Förenklade beräkningsprogram typ ENORM ger för ett objekt av denna typ troligen ganska likartade resultat. En konventionell energiberäkning, graddagsmetoden, ger dock med all säkerhet ett felaktigt resultat p g a att hänsyn ej tas till internlaster och solinstrålning i förhållande till de små transmissions- och ventilationsförlusterna.



R12:1993
ISBN 91-540-5524-5
Bygghälsan, Stockholm

Art.nr: 6813012
Abonnemansgrupp:
T. Fastighetsförvaltning
W. Installationer
Z. Konstruktioner och
material

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirka pris: 112 kr inkl moms