



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

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



# Rapport

# R24:1989

REF/sd

## Tillämpad passiv solvärme Resurssnål bebyggelse i Karlstad

Åke Blomsterberg  
Hans Eek

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plad

sd

**BYGGDOK**

Sankt Eriksgatan 46

112 34 Stockholm

tel: 08-617 74 50

fax: 08-617 74 60

# Byggeforskningsrådet

R24:1989

TILLÄMPAD PASSIV SOLVÄRME

Resurssnål bebyggelse i Karlstad

Åke Blomsterberg, Hans Eek

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810359-3 från Statens råd för byggnadsforskning till  
EFEM arkitektkontor i Göteborg samt forskningsanslag  
830773-2 till Statens Provvningsanstalt i Borås

## REFERAT

Ett område byggt 1984 med 16 radhuslägenheter och en kvartersgård har utformats för: social gemenskap, resurshushållning, ekologiskt genomtänkt drift, energisnålt boende, kooperativt boende, självförvaltning, utnyttjande av passiv solvärme.

Denna rapport redovisar planering, projektering och genomförande, samt vilka resultat som uppnåtts vad beträffar energihushållning, passiv solvärme och klimat.

Mätningar under två år visar att det är möjligt att uppnå en låg energiförbrukning (10.000 kWh/år för referensåret 1971) och ett bra inneklimat i ett radhus med en förenklat uppvärmningssystem och ett glasrum. Den låga energiförbrukningen beror framför allt på den förbättrade värmeisoleringen, men även till viss del (mindre än förväntad) på glasrummet och den tunga byggnadsstommen.

Erfarenheter från projektet sammanfattas i rekommendationer för byggande av framtida lågenergihus.

I Byggforskningsrådets 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.

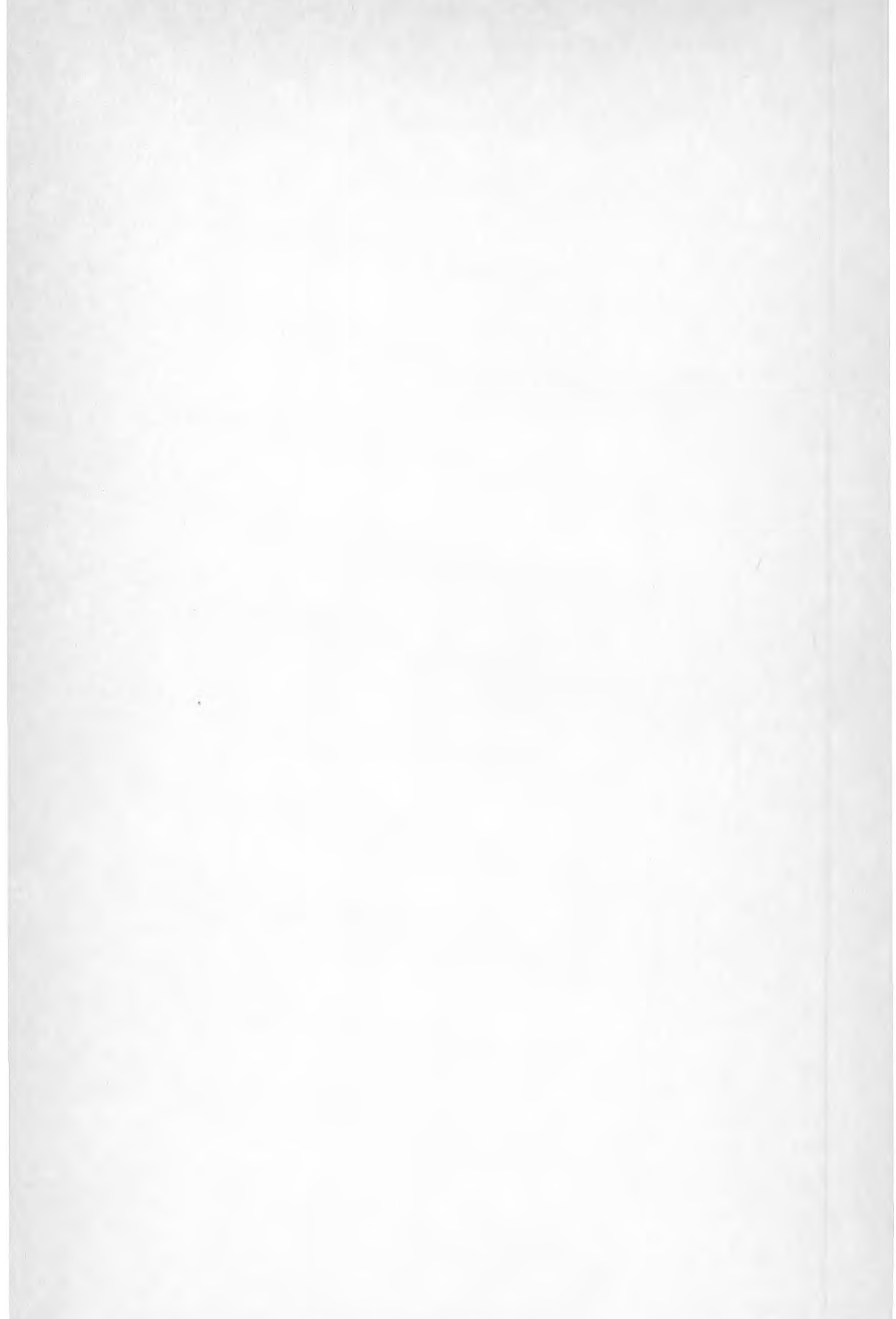
R24:1989

ISBN 91-540-5010-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	<b>FÖRORD</b>	5
2.	<b>SAMMANFATTNING</b>	7
2.1	Bakgrund	7
2.2	Bostadsområdet Tuggelite	7
2.3	Resonemang om olika lösningar	8
2.4	Slutsatser	11
3,	<b>INLEDNING</b>	13
3.1	Bakgrund	13
3.2	Forskningprojektet - syfte och arbetsmetod	14
4	<b>BEBYGGELSE - EN PRESENTATION</b>	17
4.1	Bostadsrättsförening	17
4.2	Kvartersgården	18
4.3	Bostäderna	19
4.4	Byggnadsteknik	20
5.	<b>RESONEMANG OM OLIKA LÖSNINGAR</b>	23
5.1	Placering på tomten	23
5.2	Husorientering	25
5.3	Husvolymen och planlösning	26
5.4	Fönster	27
5.5	Fönsterisolering	28
5.6	Solavskärmning	28
5.7	Värmeisolering och täthet	29
5.8	Tung stomme	36
5.9	Glasrum	37
5.10	Värme- & ventilationssystem	39
6.	<b>ENERGIBALANS</b>	43
6.1	Olika metoder	43
6.2	Beräkningsresultat	43
6.3	Kommentarer	46
7.	<b>KOSTNADER</b>	49
8.	<b>MÄTNINGAR OCH UTVÄRDERING</b>	51
8.1	Mätprogram	51
8.2	Mätningarnas genomförande	52
8.3	Klimatförhållanden	52
8.4	Mätresultat	54
8.5	Analys	61
9.	<b>BILAGOR</b>	75
10.	<b>REFERENSER OCH LITTERATUR</b>	148



## 1. FÖRORD

Denna skrift handlar om ett bostadsområde, Tuggelite, i Karlstad. Det är utformat för social gemenskap, resurshushållning, ekologiskt genomtänkt drift, energisnålt boende, kooperativt boende och självförvaltning. Tuggelite är projekterat för att utnyttja gratisenergi eller "passiv solvärme".

Rapporten bygger på en fallstudie och behandlar projekteringen och de förutsättningar som legat till grund för den samt en jämförande utvärdering av bebyggelsen ur energisynpunkt.

Helena Westholm och Hans Grönlund på EFEM arkitektkontor i Göteborg har varit arkitekter för bebyggelsen parallellt med forskningsarbetet. Konstruktör för värme- och ventilationsinstallationer har varit Helenius Ingenjörbyrå i Göteborg genom Bertil Solbräcke och elkonsult Reilers i Göteborg. Statiska konstruktioner, markprojektering och sanitetsprojektering har utförts av Scandiaconsult Väst AB i Karlstad.

Ansvarig för projektering och uppbyggnad av mätsystemet samt för mätning- och utvärderingsarbetet har varit Åke Blomsterberg vid Statens Provningsanstalt. Leif Lundin vid Statens Provningsanstalt har gjort en stor del av mätningarbetet.

Mats Christiansson, Bertil Solbräckes Ingenjörbyrå har utfört beräkningarna, som legat till grund för projekteringen och Roland Magnusson, BDAB har gjort beräkningar när husen var färdigkonstruerade.

Lars Nilsson har varit projektledare såväl som konstruktör för bebyggelsen och dessutom varit ombud för bostadsrättsföreningen, som är byggherre.

Professor Gunnar Anderlind, LTH, har givit oss värdefulla råd i forskningsarbetet. Ingolf Croon, Consultadministration AB i Göteborg, Göran Hansson, ByggEmgård i Alingsås har medverkat i kostnadsberäkningarna och Roland Magnusson, BDAB, har hjälpt till med energiberäkningar.

Vi vill rikta ett tack till Eina Boman, som gjort utskriften av denna rapport.

Ett speciellt tack vill vi rikta till familjen Lundh i Färgelanda, vars satsning 1978-1979 på ett "passivt soluppvärmt hus" givit erfarenheter, som legat till grund för detta projekt, samt till Helga Henriksson, som redan 1975 hjälpte oss att få erfarenheter av byggande med solenergi.

Vi hoppas att våra erfarenheter, som redovisas i denna rapport, kommer att vara till nytta för forskare och projektörer av enerbibesparande bebyggelse.

Göteborg i juni 1988

Åke Blomsterberg

Hans Eek



## 2. SAMMANFATTNING

### 2.1 BAKGRUND

Man kan medvetet utforma nya hus så, att andelen gratisenergi, dvs solvärme, värme från hushållsapparater och människor ökar i förhållande till den köpta energin för uppvärmningen. Huvudmålsättningen skall vara att förbrukningen av den köpta energin är låg.

Avsikten med detta forskningsprojekt var att tillämpa teorier om energilagring i tung stomme, kartlägga glasrums betydelse för energiförbrukningen samt att dokumentera val som gjorts i en fallstudie.

Statens Provningsanstalt har utfört mätningar och utvärderat husen.

Följande har utvärderats:

- husens täthet
- ventilation
- inomhusklimat
- energiförbrukning
- glasrums bidrag till värmeförbehållningen
- tung stommes bidrag till värmeförbehållningen.

### 2:2 BOSTADSOMRÅDET TUGGELITE

Sexton hushåll i en bostadsrättsförening har byggt två olika hustyper och en kvarterslokal i Skåre utanför Karlstad. Bebyggelsen blev klar 1984 och är utformad för låg förbrukning av köpt energi och högt utnyttjande av gratisenergi.

Tomten ligger i en svag söderslutning, husens långsidor vetter mot söder och de är byggda med en stomme av betong och ett välisolerat skal. Alla lägenheter har glasrum mot söder och vindfång mot norr.

Värmsystemet är av lågtemperaturtyp med vattenburen värme i kulvertar från en central pannanläggning. Pannorna eldas med pellets och ved. I lägenheterna sprids värmen genom två konvektorer på bottenvåningen och handdukstorkar på båda våningarna samt cirkulationsfläktar i mellanbjälklaget.

### 2.3 RESONEMANG OM OLIKA LÖSNINGAR

#### Placering på tomten

Sambandet mellan infallande solenergi och avstånd mellan de aktuella husen har analyserats. Om man placerar husen med 10 meters avstånd från varandra i stället för 30 meter, förlorar man ca 700 kWh per år och lägenhet. Att skillnaden inte blir större förklaras av att tomten sluttar mot söder och att ett envåningshus placerats längst fram. Skuggningen blir således liten.

#### Husorientering

Sambandet mellan solinfall och husens riktning har analyserats. Små avvikelser ( $\pm 20^\circ$ ) från rent söderläge påverkar knappast den instrålade energin. Man kan dock få problem med solavskärmning om avvikelserna blir alltför stora.

#### Husvolym - planlösning

En analys av sambandet mellan planlösning, energianvändning och husvolym har inte lett till något användbart resultat. Planlösningen utformas främst för att den skall fungera för de boende. I detta fall har den styrts av att fönstren huvudsakligen ligger mot söder.

#### Fönster

Under uppvärmningssäsongen är energiförlusten genom fönstren alltid större än instrålad solenergi, såvida man inte bygger in fönster med extremt k-värde, som samtidigt släpper igenom solstrålning bra. Slutsatsen är att man bör ha så lite fönster som möjligt och rikta dem mot söder.

Husens fönsterarea är ca 12% av våningsarean. Söderfasaden är mer uppglasad än norrfasaden, där fönstren dessutom är försedda med lågmissionsglas.

#### Fönsterisoleringar

Rörliga fönsterisoleringar har undersökts. För att dessa skall fungera bra, krävs att de är i funktion nattetid. Värmereflekterande persienner har valts i fönstren mot söder, vilka är mer lättmanövrerade än fönsterluckor.

### Solavskärmning

Solavskärmning är viktigt för ett behagligt inomhusklimat även på sommaren. För söderfönstren är avskärmningen taksprång och markiser. Analysen har skett med hjälp av datorberäkningar och modellstudier.

### Värmeisolering och täthet

Ett antal isoleringsalternativ med olika konstruktioner har undersökts. De beräknade värmegenomgångstalen hos den valda konstruktionen är låga, t ex: golv inre randfält  $k = 0,12 \text{ W/m}^2\text{OC}$ , ytterväggar  $k = 0,12$ , tak  $k = 0,09$ .

Särskilda åtgärder för att få täthet mot ofrivillig ventilation har gjorts, t ex fogning med elastiskt fogkitt av alla skarvar i vindskyddsskivan av gips i ytterväggen.

### Tyngd i huset - värmekapacitivitet

När gratisenergi utnyttjas för uppvärmning bör temperaturöverskott kunna lagras till kallare perioder. Några olika material har analyserats med avseende på lagringsförmåga (värmekapacitivitet), där betong befunnits vara det bästa materialet.

Värmelagringsförmågan, genom att husen är byggda med stomme av betong i stället för trä, har vid projekteringen beräknats till ca 1600 kWh per lägenhet, förutsatt att inomhustemperaturen tillåts variera. Utvärderingen visar en möjlig energibesparing på ca 300 kWh köpt energi.

### Glasrum

Glasrummen på husens söderfasad bidrar främst till en förbättrad boendemiljö. Den verkliga energibesparingen har bestämts till 450 kWh per lägenhet och år, genom det förbättrade k-värdet och genom att glasrummet fungerar som solfångare för förvärmning av friskluft till huset.

Glasrum bidrar väsentligt till boendemiljön, men kan aldrig försvaras enbart ur energisynpunkt.

### Värme- och ventilationssystem

Kapitalkostnaderna för värmesystemet måste slås ut på det lilla antal kWh som förbrukas för uppvärmningen.

Värmesystemet som valts för Karlstad är ett relativt dyrt

system, men det är flexibelt med tanke på framtida och lokala energikällor. Dessutom ville de boende ha ett gemensamt system för fastbränsleeldning. Mätningarna visar att inomhusklimatet är bra.

Systemet beskrivs översiktligt ovan under rubriken "Bostadsområdet Tuggelite".

### Energibalansen

Energibalansberäkningar har gjorts dels för en lägenhet i två plan med olika konstruktioner, dels för området som helhet.

En motsvarande BRIS-beräkning har gjorts vid projekteringen, där den tunga stommens och glasrummets betydelse för energiförbrukningen har beräknats.

För en lägenhet på 116 m<sup>2</sup> i två plan är den beräknade energiförbrukningen:

	Projektering	Mätning och utvärdering
	<u>Enl teor beräkn</u>	<u>Enl mätning</u>
Tillförd uppvärmsenergi	1550 kWh per år	3550
Tillförd hush el (antagen)	5000 kWh per år	5000
Varmvatten (antagen)	4000 kWh per år	4000
	10500	12500

I verkligheten har värme-, hushållsel- och varmvattenförbrukningen varit väsentligt lägre. De teoretiskt beräknade värdena bygger på att inomhustemperaturen får variera med  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Skillnaden i uppvärmningsbehov mellan projekterade och uppmätta energivärden beror på glasrummet, den tunga stommen och ventilationen.

### Kostnader

Olika konstruktionsalternativ har analyserats med avseende på kostnader, men det har inte gått att få ett entydigt svar på frågan om vilken den optimala konstruktionen är. De lokala variationerna är omfattande.

De totala produktionskostnaderna för bebyggelsen har beräknats till 13,3 milj kronor (okt -83).

Boendekostnaden har beräknats till 2.400 kr per månad i genomsnitt (okt -83) för en lägenhet på 116 m<sup>2</sup>.

## 2.4 SLUTSATSER

Tuggelitehusen är ca 30% mer energisnåla än motsvarande SBN-hus, men uppvärmningsenergin är väsentligt mindre. Energibesparingen beror framför allt på den förbättrade värmeisoleringen, men även på glasrummet och den tunga stommen.

De boende, åtminstone i de lägenheter som uppmätts, bidrar till ytterligare energibesparing genom stor energimedvetenhet.

Byggekostnaderna är rimliga och boendekostnaderna låga.

Exempel på tekniska förbättringar som gjorts eller kommer att göras:

- Minska ofrivillig ventilation genom att göra husen tätare. I Tuggeliteprojektet har det brustit i arbetsutförandet samt i projekteringen.
- Glasrummet kan ge ett större bidrag till energibesparingen genom att tilluftsventilationen till huset görs mer effektiv, t ex med fläkt eller större öppningar.
- Minska ventilationsförlusterna.

### Framtida lågenergihus

Detta och andra projekt visar att framtida lågenergihus bör byggas enligt följande principer:

- Först och främst skall husen vara ändamålsenliga och fungera bra för det de är avsedda för - t ex goda bostäder.
- De skall vara anpassade till omgivningen och ha arkitektonisk kvalitet.
- De skall vara "lufttäta".
- De skall vara välisolerade.
- Tung stomme är en fördel.
- Passiv solenergi bör utnyttjas.
- Glasrum ger tillskott till boendemiljön och ett visst energibidrag.
- Husen skall ses som ett system, med de olika delsystemen anpassade till helheten.
- Energisnåla och samverkande delsystem skall användas, såsom mekanisk ventilation, värmeåtervinning, energisnål hushållsutrustning och enkelt uppvärmningssystem.



### 3. INLEDNING

#### 3.1 BAKGRUND

Av tradition har man i vårt land byggt hus, som varit energisnåla, trots vårt bistra vinterklimat. Dels har de lokala byggnadsmaterialen, åtminstone i norra Sverige (timmer), varit välisolerande, dels har det alltid varit förknippat med stor möda att samla bränsle. Dessutom har faktiskt landet tidigare varit utsatt för energikriser, speciellt när bergs- och gruvnäringen var i blomstring. Mycket ved användes för att elda stora brasor på berget, varpå man hällde massor av vatten, så att berget sprack - dåtidens sprängteknik.

Förr var man alltid noga med var man placerade sitt hus. Man undersökte platsen, tittade efter om där var dimma, fuktigt eller blåsigt. Man såg alltid till att solen skulle lysa på huset.

Husen var energisnåla.

Under senare tid, de senaste fyrtio åren, har det utvecklats isoleringsmaterial som möjliggjort en än lägre energiförbrukning hos hus (t ex mineralull).

Efter energikrisen 1973 har det varit ett samhälleligt mål att minska oljeberoendet och energiförbrukningen i byggnader. Bebyggelsens energibehov svarar för ca 40% av landets totala energianvändning.

För nybyggnader kom den nya byggnormen SBN 75 och SBN 80 att ställa hårda krav på värmeisolering, ventilation, fönsterareor etc.

Den låga energiförbrukning som man nådde med dessa krav, innebar att man kunde börja fundera på att utnyttja gratisenergi för uppvärmning av hus. Andelen energi från solinstrålning, hushållsapparater och människor av den totala uppvärmningsenergin under uppvärmningssäsongen har med välisolerade hus blivit så stor, att man på allvar kan börja ta hänsyn till dessa i byggnadsplaneringen och konstruktioner av husens värmesystem.

Begreppet "passiv solvärme" innebär helt enkelt ingenting annat än att man tar vara på gratisenergi från sol, hushållsapparater, människor etc.

Vid projekteringen av energibesparande hus är det viktigt att det sker ett samarbete på ett tidigt stadium i projekteringsprocessen mellan arkitekten och energi-VVS-teknikern, så att inte energiplaneringen kommer in i efterhand. Det gäller ju att byggnaden som helhet anpassas för att den skall behöva så litet tillskott av "köpt" energi som möjligt för att skapa ett gott inomhusklimat.

1978 projekterade EFEM arkitektkontor tillsammans med civilingenjör Bertil Solbräcke ett passivt soluppvärmt hus i Färgelanda i Dalsland. Erfarenheterna från detta projekt visar att husets energiförbrukning väl motsvarade förväntningarna. Huset är välisolerat, är orienterat mot söder, har en tung mur som kan lagra värme från varmare till kallare perioder samt ett växthus på söderfasaden, där tilluften förvärms.

Mätresultatet (BFR-rapport T13:1979) visar att huset har fått en låg energiförbrukning och en kort eldnings-säsong.

I detta projekt har avsikten varit att i större skala tillämpa de goda erfarenheterna från Färgelandahuset och renodla och utveckla teorierna om den tunga stommens betydelse för energiförbrukningen, växthusets roll etc.

### 3.2 FORSKNINGSPROJEKTET - SYFTE OCH ARBETSMETOD

#### Syfte

Projektet har fyra huvudmål:

1. att ur litteraturstudier ta fram lämplig metod för beräkning av energibalans och energimängder som tjänar som underlag för projektering med hänsyn till gratisenergi, s k passiv solvärme
2. att ge underlag för val av lösningar för bebyggelsen i Karlstad
3. att visa hur man bygger energi- och resurssnålt, och tar hänsyn till solinstrålning m m
4. att mäta och utvärdera de enligt ovan nämnda principer byggda husen.

#### Arbetsmetod

##### Forskning parallellt med projektering

Arbetet med forskningen har skett parallellt med projekteringen. Fördelarna med detta är uppenbara: problem och lösningar som är värda att undersöka och belysa kommer fram under projektets gång. Man behöver inte konstruera problem.



### Små energimängder

De energimängder som man kan spara genom att bygga hus som är mer energisnåla än vad byggnormen föreskriver, är förhållandevis små. Osäkerheten i bedömningen om sparade energimängder är stor, beroende på att enskilda energibesparande åtgärder är svåra att värdera. Boendevanorna påverkar också i mycket hög utsträckning energiförbrukningen.

### Datorberäkningar - olika parametrars inverkan

Energiberäkningar har i projektet utförts med hjälp av datorprogram dels för området som helhet, dels för ett tvåplanshus på 116 m<sup>2</sup>. Vad vi velat undersöka är hur konstruktionsförändringar påverkat energiförbrukningen.

Vi har valt att studera olika parametrars inverkan i stället för att göra totala beräkningar. Orsaken är, att glasrummets inverkan och de förenklingar som måste göras, innebär att totala beräkningar tar alltför lång tid och är för kostsamma i skisskedet.

Följande uppdelning har gjorts:

Skuggning	från horisont med konstant skuggvinkel åt alla väderstreck, samt med skuggning från parallella hus.  Instrålad energi redovisas under årets månader.
Orientering	Betydelsen av vinkeln mot söder.  Instrålad solenergi redovisas under årets månader.
Sol-avskärmning	av fönsterytor åt söder.
Isolering	Studeras eftersom denna påverkar relativt stor del av husets energiförlust. Husets totala energibalans studeras.
Lagring	i innerväggar studeras kopplat till fönsterytor.
Fönster	Inverkan på husets totala energibalans.
Glasrummets	energibalans samt dess påverkan som förvärmning av tilluften i husets totala energibalans.

Slutligen har en datorberäkning gjorts efter det att husen varit bestämda i detalj. Syftet med beräkningen var att ge underlag för mätningarna och utvärderingen.

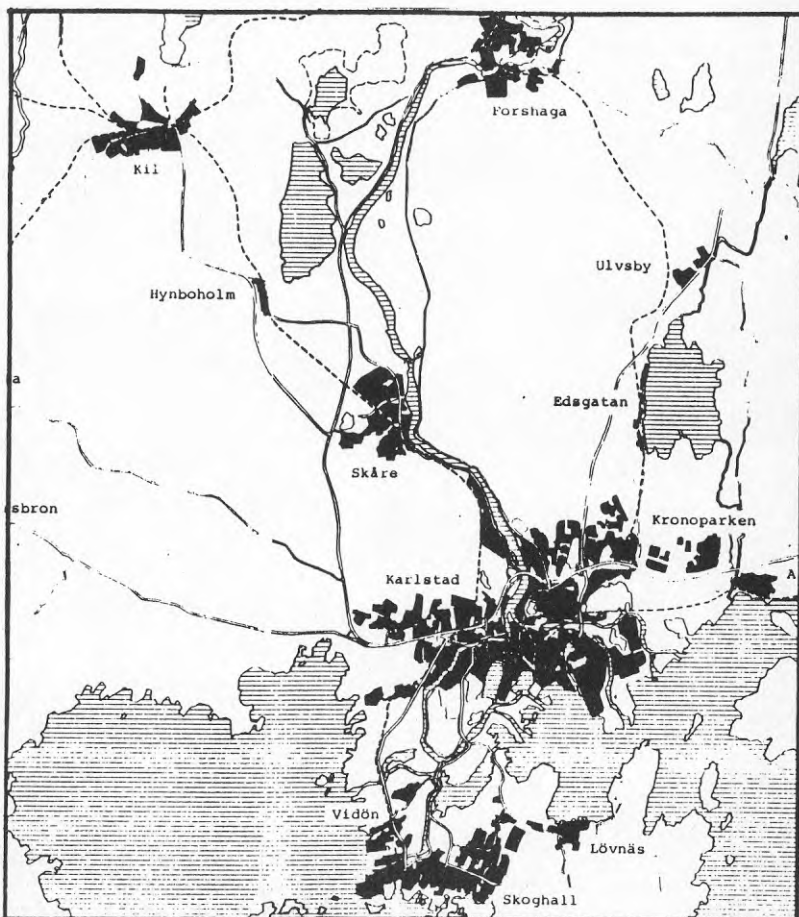
### Mätningar och utvärdering

Mätningarna och utvärderingen, som har pågått i två år efter husens färdigställande, klarlägger bl a energispareffekten av glasrummet och den tunga stommen.

### Brett samarbete i projekteringen

Att projektera för energisnålt byggande kräver en kunskap hos de inblandade projektörerna, som sällan finns hos var och en. Det krävs i allmänhet ett brett samarbete från början mellan arkitekten, konstruktören och VVS-konstruktören.

Om inte arkitekten, som gör de första skisserna, är förtrogen med datorberäkningar och aktuellt program, krävs att underlaget för projekteringen är så utformat, att det lätt kan användas.



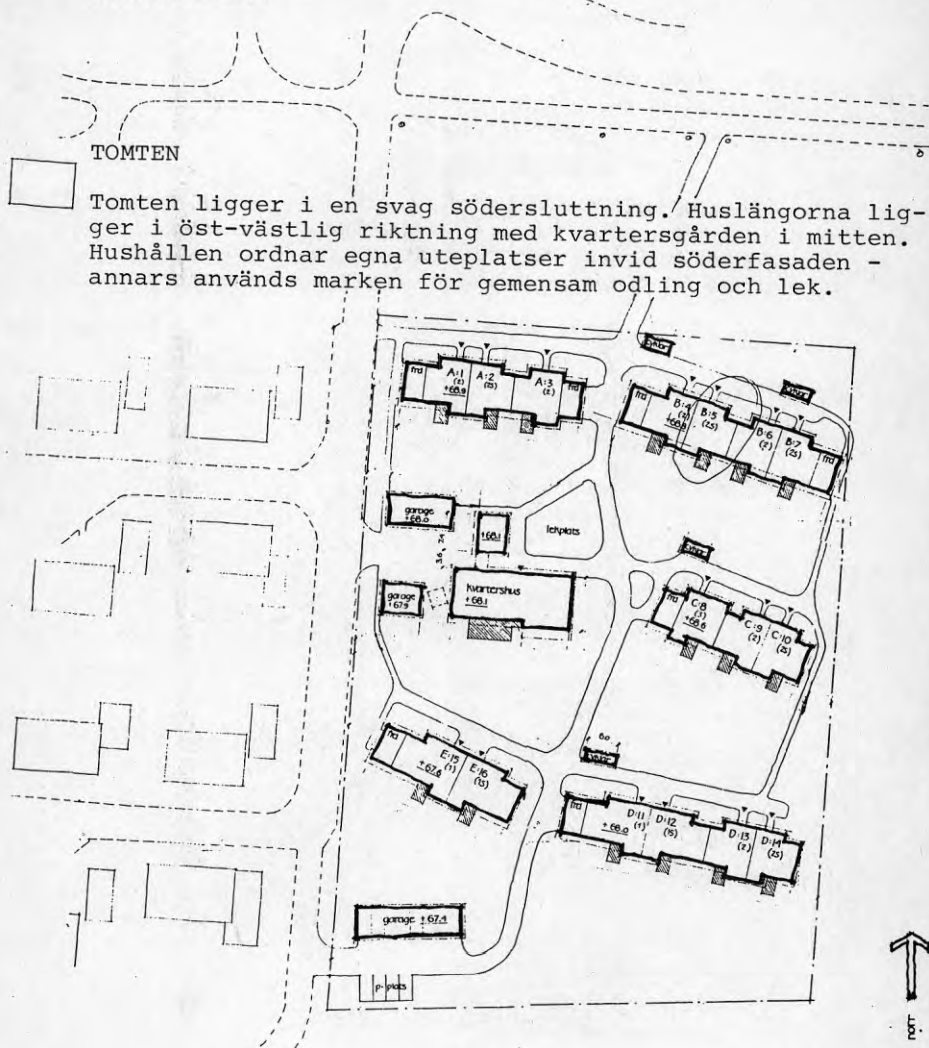
Tuggelite ligger i Skåre, norr om Karlstad

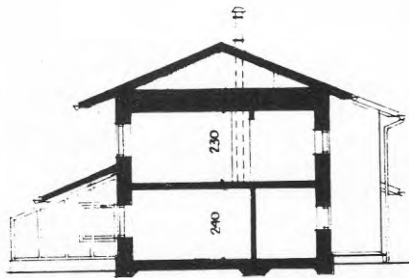
## 4. BEBYGGELSE - EN PRESENTATION

### 4.1 BOSTADSRÄTTSFÖRENING

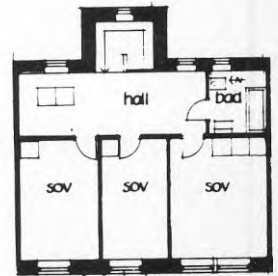
Bostadsområdet Tuggelite i Karlstad är planerat för 16 hushåll. Dessa är organiserade i Bostadsrättsföreningen Tuggelite. Föreningens medlemmar har formulerat programmet för området, anlitat konsulter och upphandlat bygget i en generalentreprenad.

Medlemmarna har en målsättning om resurssnålt byggande och boende. Bostadsområdet rymmer också större möjligheter till gemenskap genom att man byggt en stor kvarterstomt och genom att man äger och förvaltar området tillsammans.

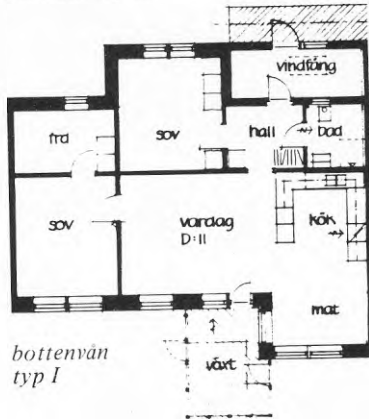
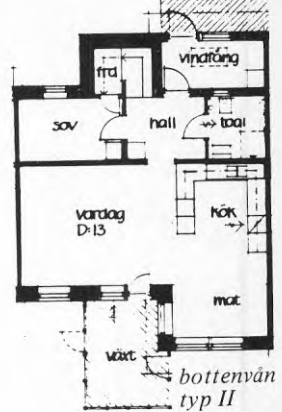




Sektion typ II



Övervån typ II

bottenvån  
typ Ibottenvån  
typ II

#### 4.2 KVARTERSGÅRDEN

Kvartersgården har en yta på 283 m<sup>2</sup>, vilket betyder 18 m<sup>2</sup>/hushåll. Kvarterslokalen används också som daghem. Utöver det som syns på planen finns fotolab och vävskammare på vinden och en verkstad i en uppvärmd byggnad intill.

Även kvarterslokalen har multrum.

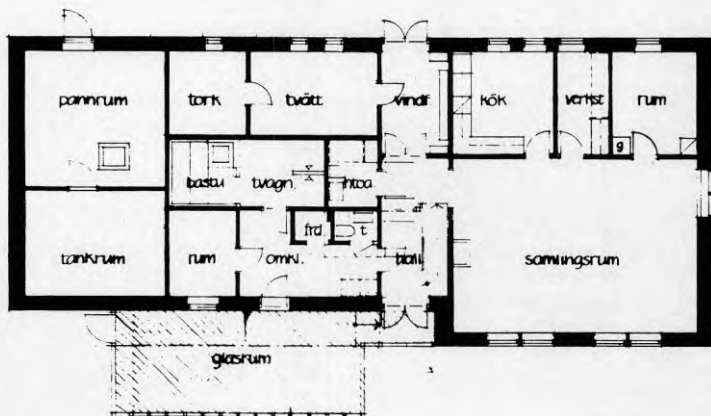


#### 4.3 BOSTÄDERNA

Det finns två hustyper i området. Ett enplanshus om 90 m<sup>2</sup> och ett tvåplanshus om 116 m<sup>2</sup>. Båda typerna har kök, allrum och växthus söder om en hjärtvägg i betong och entré med vindfång, toalett, hall och ett sovrum mot norr.

Ändå skiljer sig alla lägenheterna åt på vissa punkter. Var och en har kunnat välja hur köket skall utformas, t ex öppet eller slutet mot allrummet, hur dörröppningen mellan vardagsrum och hall skall se ut, och om man vill ha eldstad. De som har övervåning har själva bestämt rumsindelningen där.

Alla lägenheter har multrum.



#### 4.4 BYGGNADSTEKNIK

##### Tak

Takstolarna är uppstolpade på betongbjälklaget. Ytter-taket är råspont och betongtakpannor.

Sammanlagda isoleringstjockleken är 560 mm.

##### Byggnadsstomme

Den bärande stommen är av betong och ligger helt innanför det isolerade skalet. Till stommen har använts betongelement.

Följande delar är av betong:

- bärande hjärtvägg
- lägenhetsskiljande vägg
- mellanbjälklag
- vindsbjälklag

Den sammanlagda arean "synlig" betong i en tvåvåningslägenhet om 116 m<sup>2</sup> är 230 m<sup>2</sup>.

##### Ytterväggar

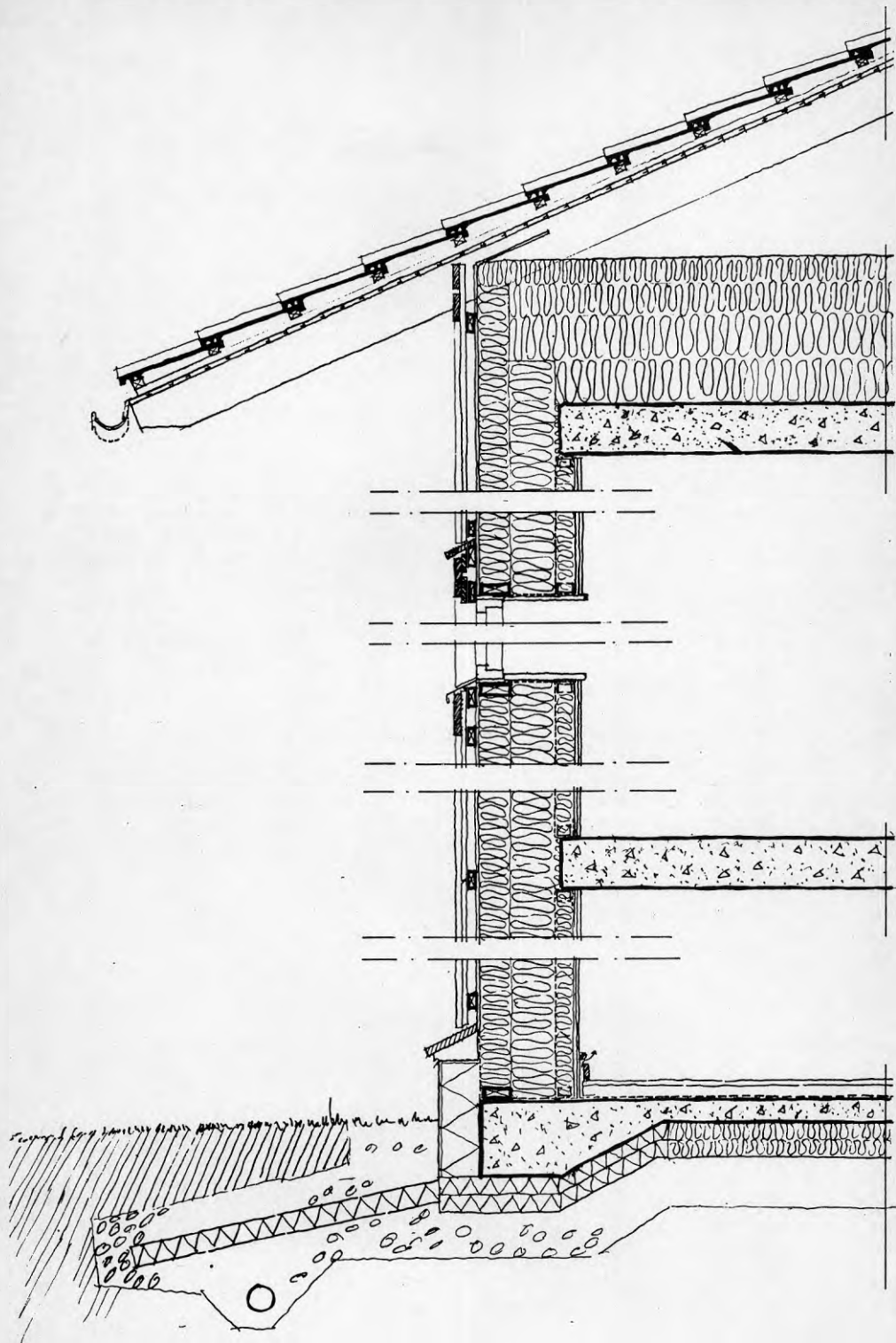
Ytterväggarna har en dubbel regelstomme av trä. De yttre reglarna, som bär fasaden, står på c/c-avstånd 1,2 m. De inre reglarna (stålreglar) står på c/c-avstånd 0,6 m. Reglarna är helt skilda från varandra, så att ingen köldbrygga skall uppstå. Sammanlagda isoleringstjockleken är 360 mm.

Husen är klädda med träpanel.

##### Grundläggning

Husen grundläggs med betongplatta på mark. Betongplattan är isolerad på undersidan med 120 mm och på ovasidan med 40 mm styrencellplast. Dessutom ligger en 80 mm kantisolering i marken på en bredd av 1,2 m runt om betongplattans kant. Kantbalken är isolerad med 140 mm styrencellplast (kantelement).

Avsikten med att lägga huvuddelen av isoleringen på undersidan plattan är, att plattan på så sätt blir uppvärmd, vilket medför minskad risk för fukt- och mögelproblem, samt att köldbryggor vid mellanväggarna undviks.



Fönster och dörrarBostadshus

Vindfång: 2 glas isolerglas  
glasad del av dörr samt fönster

Hall-vindfång lika dörr vindfång - ut

Badrum - ut: 2+1 ruta

Övriga fönster mot norr, väster och öster, förutom sovrumsfönster i hustyp 1: 2+1 ruta med selektiv beläggning.

Fönster mot växthus: 2+1 ruta.

Fönster mot söder: 2+1 ruta med reflekterande persienn.

Kvartersgård

Betongdel: söder + öster: 2+1 ruta med reflekterande persienn  
norr: 2+1 ruta LOWEglas

Lätt del: 2+1 ruta runt om.

## 4.5 INSTALLATIONSTEKNIK

Värme- och ventilationssystem

Värmesystemet är av lågtemperaturtyp med vattenburen värme i kulvertar från en central pannanläggning. Pannorna eldas med pellets och ved. I lägenheterna sprids värmen genom konvektorer och cirkulationsfläktar i mellanbjälklaget.

Se vidare avsnitt 5.10.



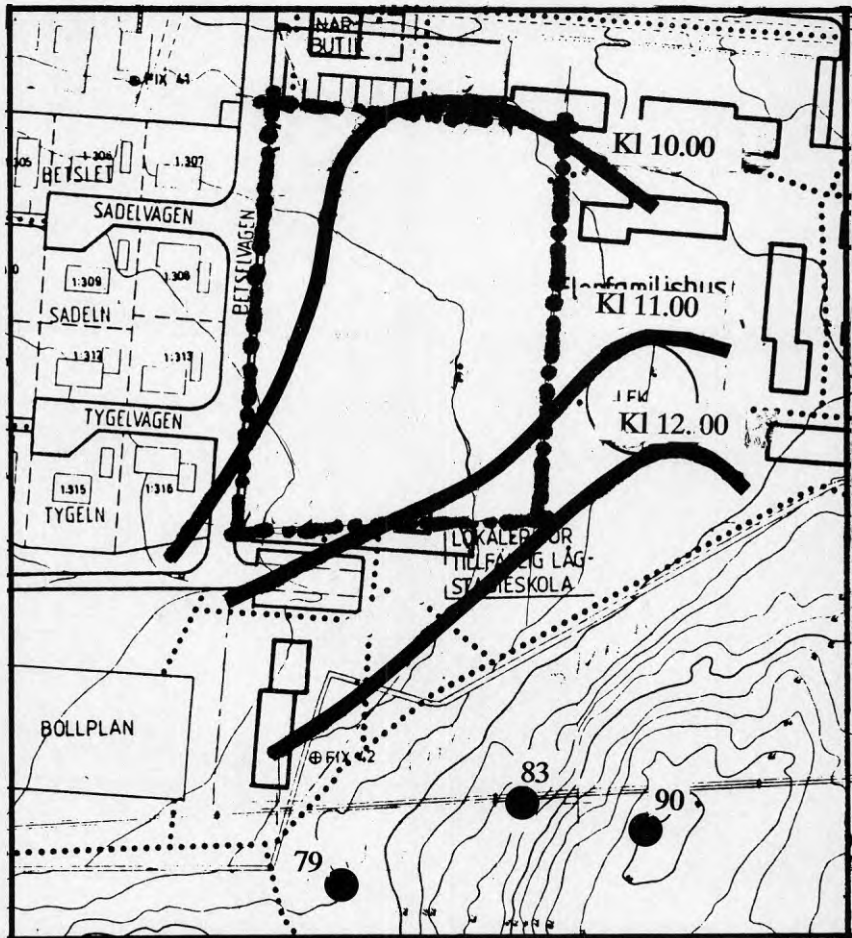
## 5. RESONEMANG OM OLIKA LÖSNINGAR

### 5.1 PLACERING PÅ TOMTEN

I Skåre, Karlstad fanns det från början två tomter att välja på. Den ena sluttade mot väster med relativt höga skuggande berg åt söder. Den andra tomten var svagt södersluttande med låga, skuggande berg i sydost.

Den minst skuggade tomten valdes.

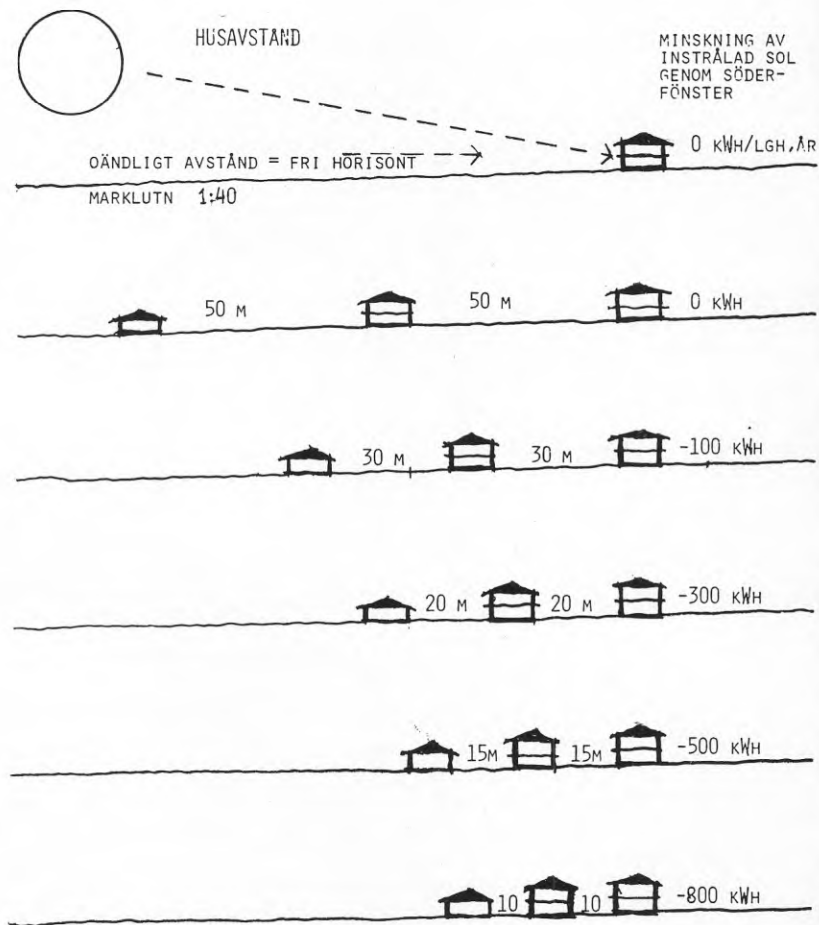
Skuggningen på den aktuella tomten beräknades geometriskt med hjälp av solhöjdsdiagram (bilaga 1).



Skuggfrontens läge kl 10, 11 och 12 den 20 januari för den valda tomten. Trädhöjden har uppskattats på platsen.

Under eldningssäsongen vill man, om man är ute efter att utnyttja den instrålade solvärmens, placera huslängorna glest på tomten, så att de skuggar varandra så lite som möjligt. Dessutom är det naturligtvis en fördel om tomten, som i vårt fall, lutar mot söder.

Självklart spelar tomtkostnaderna en stor roll för förutsättningarna att utnyttja passiv solvärme. Om man skall bygga hus, som inte skuggar varandra, måste en stor tomt utnyttjas. Av nedanstående figur framgår hur mycket solinstrålningen genom söderfönster varierar vid olika husavstånd.



#### Förutsättningar:

- Tomten lutar ca 1:40
- Fönsterareorna överensstämmer med de aktuella.
- Minskningen i instrålad solenergi avser ett genomsnitt av alla 16 lägenheterna.

Anledningen till att skillnaden i instrålad sol blir så liten, är dels att den bortskuggade solen under november, december och januari har så litet energiinnehåll, dels att egentligen bara det bakre husets bottenvåning påverkas av ökad skuggning - i genomsnitt för hela bebyggelsen betyder detta lite.

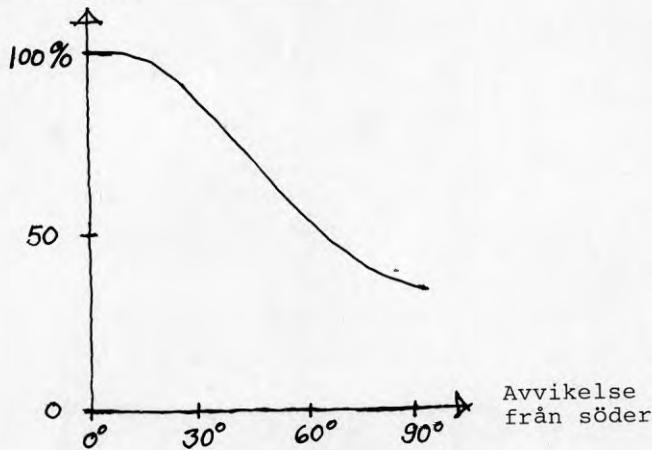
Ett " normalt " avstånd mellan husen är ca 15 m. I Karlstad valde vi att lägga husen med 30 meters avstånd till varandra, vilket innebär att de inte skuggar varandra under mitten av januari. Detta innebär att tomtytan ökar med ca 25% och att energiförbrukningen för alla 16 lägenheterna minskar med 6000 kWh/år. (se bilaga 3).

## 5.2 HUSORIENTERING

En allmän uppfattning är att passiva solhus måste ligga med långfasaderna strikt mot söder. Man kan dock tillåta en ganska stor avvikelse från det rena söderläget utan att förlora särskilt mycket energi. Jämfört med avskärmningen genom skuggning av framförliggande hus eller föremål (träd) är förlusten liten.

Sambandet mellan husorientering och solinfall har beräknats med hjälp av dator (bilaga 2). Under eldnings-säsongen ser sambandet ut på följande sätt:

Solinfall



Kurvan bygger på förutsättningen att horisonten är fri, dvs ej avskärmd.

Vid små avvikelser  $\pm 20^\circ$  saknar denna betydelse. Vid en avvikelse på  $30^\circ$  från rent söderläge har man kvar ca 80% av den instrådade energin. En alltför stor avvikelse medför dock problem när det gäller solavskärmning sommartid. Se avsnitt 5.4.

### 5.3 HUSVOLYMER OCH PLANLÖSNING

#### Funktionskraven är viktigast

Ett hus är till för att användas, alltså måste planlösning och husvolym först och främst anpassas till funktionskraven i boendet. Tomtens förutsättningar, byggnadsmetod, hustyp, normer och bestämmelser är andra förutsättningar vid utformningen.

För att minimera energianvändningen i husen finns vissa självklara regler:

- 
- Försök att göra husets omslutningsyta så liten som möjligt i förhållande till den användbara bostadsytan. Detta innebär inte med självklarhet att huset skall vara runt eller kvadratisk. I ett "tjockt" hus är det ofta svårt att utnyttja de inre ytorna till annat än förråd och dyligt, eftersom dagsljusbelysningen är låg.
- Undvik utbyggnader och vinklar, som ökar omslutningsytan. Ett hus med många vinklar är dessutom svårare att få tätt.
- Orientera rum man vistas i åt söder. Här finns det störst anledning att göra stora fönster ur energisynpunkt. På köpet får man en god dagsljusbelysning. Mot norr placerar man rum, som inte kräver så mycket dagsljus och så stora fönster.
- Bygg gärna flera våningar och/eller bygg ihop lägenheter. Kan någon eller några av bostadens omslutningsytor vara gemensam med en annan bostad, slipper man transmissionsförlusterna genom den ytan.

#### Planlösning i Tuggelite

Husen är sammanbyggda radhus i en och två våningar. Husdjupet varierar mellan ca 6 och ca 10 m.

De utrymmen där man vistas och vill ha mycket dagsljus i, såsom kök med matplats och vardagsrum, ligger mot söder.

Mot norr ligger kommunikationsutrymmen och toaletter och i vissa fall sovrum.

Se illustrationer i kapitel 4.

## 5.4 FÖNSTER

### Fönsterarea

Fönster har alltid negativ energibalans under eldnings-säsongen, om man inte åstadkommer fönster med extremt lågt k-värde och god ljusgenomsläpplighet. Med negativ energibalans menas att fönstren släpper ut mer värme än vad de tar in i form av solinstrålning.

Slutsatsen av detta är att man bör ha så lite fönster som möjligt med hänsyn till energiförbrukningen. Svensk byggnorm föreskriver att fönsterytan inkl karm får vara max 15% av våningsytan.

Husen i Karlstad har ca 12% fönsteryta.

### k-värden

Tabellen visar tillämpbara mörkervärmeegenomgångstal enligt en fönsterfabrikant. Fönsterstorleken är 1,1x1,1 m öppningsbara fönster, inåtgående.

<u>Glasning</u>	<u>k-värde W/m<sup>2</sup>C<sup>0</sup></u>
2-glas isolerruta	2,5
2-glas kopplat fönster	2,4
3-glas isolerruta	1,9
2-glas isolerruta + enkelglas koppl	1,8
3-glas kopplade fönster	1,8

Man kan minska värmeegenomgången genom fönstren genom att förse dem med fler glas och/eller belägga glasyta med selektiva skikt av metall. Vi har beräknat energibesparingen när man använder lågemissivt glas med selektivt skikt i förhållande till treglasfönster i ett tvåvåningshus i projektet. Man sparar ca 460 kWh per lägenhet. (Se bilaga 4.)

Lågemissivt glas (metallbelagt): k-värde W/m<sup>2</sup>C<sup>0</sup>

2-glas isolerruta + enkelglas koppl	1,2 - 1,3
3-glas isolerruta	1,2 - 1,4

(De lägre k-värdena avser gasfyllnad i isolerrutan.)

Verkligt k-värde är en kombination av mörker-k-värde och instrålad solenergi, omvandlad till k-värde.

Enligt Adamson kan man vid överslagsberäkningar reducera k-värdet för ett södervänt fönster med 0,5 för eldnings-säsongen.

Det genomsnittliga verkliga k-värdet är således 1,2 - 1,3 W/m<sup>2</sup>C<sup>0</sup>.

### 5.5 FÖNSTERISOLERING

Genom att man isolerar fönstren med någon form av rörlig isolering nattetid eller då det inte finns någon solinstrålning, minskar man värmeförlusterna. Om fönsterluckor används ca 8 tim per dygn under eldnings-säsongen kan energibesparingen beräknas till ca 400 kWh per år. Se bilaga 5. Förutsättningar för beräkningen är att luckornas mörker-k-värde är 0,8. Luckornas kostnad ca 500 kr per fönster.

Det finns även andra möjligheter till fönsterisoleringar, exempelvis jalousier av plast, men de är dyra, ca 1000 kr/m<sup>2</sup>.

Problemet med utvändiga luckor eller jalousier är att de är svåra att manövrera samt att man känslomässigt kan ha ett visst motstånd mot att stänga dem. Om fönsterluckor skall fungera riktigt bra, gäller det att de är stängda under all tid då solinstrålningen är mindre än värmegegnomgången, dvs under vintern när det är mulet eller mörkt ute.

I projektet valdes värmereflekterande persiennier med blankeloxerade aluminiumlameller. Persiennerna placeras mellan den yttre rutan och isolerrutan, alltså utanför rutan med det selektiva skiktet. Energibesparingseffekten uppskattas vara mindre än vid fönsterluckor.

Fabrikanten anger att k-värdet med neddragna persiennier hos 2+1-glas är 1,3 W/m<sup>2</sup>°C mot 1,6 W/m<sup>2</sup>°C utan persienn.

### 5.6 SOLAVSKÄRMNING

För att inte få övertemperatur inomhus under sommaren måste solavskärmning anordnas. En lämplig solavskärmning för södervända fönster är horisontella skärmar över fönstren (taksprång, markiser). Vid annan husorientering är det svårt att ordna fasta avskärmningar som släpper in solen under vintern och stänger den ute under sommaren.

100-procentig avskärmning under icke eldnings-säsong är önskvärd. Detta skulle i praktiken innebära en skärm som är omöjlig att utföra.

#### Simulering

För att undersöka taksprångets verkan som solavskärmning gjorde vi dels en datorberäkning av solinfallet vid olika taksprång, dels en enkel simulering med hjälp av en pappmodell, en fotolampa, Plejers solur och en polaroidkamera. Beräkningen och simuleringen redovisas i bilaga 6. Datorberäkningen och modellsimuleringen ledde till samma resultat, en avskärmning som inte släpper in sol mellan 15 maj och 15 augusti.

RESULTAT: Ett lämpligt taksprång för det speciella huset i Karlstad är ca 1,2 m.



## 5.7 VÄRMEISOLERING OCH TÄTHET

### Passiv solvärme

Utnyttjande av s k passiv solvärme förutsätter att husens uppvärmningsbehov är så lågt, att den instrålade solenergin och internbelastningen (personvärme och hushållsel) utgör en stor del av husets energibalans under eldningssäsongen.

Svensk byggnorm, SBN 80, ställer höga krav på lufttät-  
het, ventilation och värmeisolering. Ett enplanshus på  
100 m<sup>2</sup>, byggt enligt denna norm beräknas dra:

- Uppvärmning	15.700 kWh/år
- Varmvatten	4.000 kWh/år
- Hushållsel	<u>5.000 kWh/år</u>
Summa	24.700 kWh/år

Utnyttjningsbar del av internbelastningen är ca 2.200 kWh/år under eldningssäsongen. Solinstrålningen genom

en söderfasad, om 75% av den i SBN 80 tillåtna fönsterarean är lokaliserad dit, är ca 3.700 kWh per eldnings-säsongs.

Alltså: Om man vill att merparten av husets uppvärmningsenergi skall komma från internbelastning och solen, måste transmissions- och ventilationsförlusterna göras så små som möjligt.

### Isolering

Vi har undersökt fyra olika isoleringsalternativ och gjort jämförelser mellan alternativen beträffande energiåtgång. Syftet med studien är att ge underlag för val av alternativ för bebyggelsen. Vi har tittat på en hustyp i Karlstadsprojektet, som är helt riktat mot söder.

<u>Alternativ</u>	<u>Isolering</u>	<u>Energibesparing jämfört med ett SBN 80-hus</u>
0	Enligt SBN 80	0 kWh/år
I	20% bättre än SBN 80	ca 900 kWh/år
II	40% bättre än SBN 80	ca 1750 kWh/år
III	20% bättre än alt II (68% bättre än SBN 80)	ca 2400 kWh/år

Vid beräkningen har vi tagit hänsyn till instrålad sol och att hushållselen tillgodogörs under uppvärmnings-säsongen samt personvärme, men ej till temperaturvariationer eller tyngd i huset. Se bilaga 7.

### Kostnader

Kostnadsberäkningar och jämförelser mellan olika isoleringsalternativ redovisas i kapitel 7.

### Lufttäthet - oavsiktlig

Lika viktigt för en låg energiförbrukning som god isolering är att konstruktionerna utförs lufttäta, så att så liten oavsiktlig ventilation (infiltration) som möjligt åstadkommes.

I projekteringen av Karlstadshuset har speciell omsorg lagts på materialval och konstruktionslösningar för att få lufttäthet.



Arbetsordningen och utförandet på byggplatsen har analyserats särskilt på projekteringsstadiet, så att lösningarna skall vara utförbara i praktiken.

#### Vindtätthet

Här valdes gipsskiva, som dessutom fogas med elastiskt fogkitt i skarvarna. En jämförelse mellan några olika material som vindskydd (luftgenomsläpplighetstal enl fabrikant):

9 mm gipsskiva - utvändig	$0,65 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h Pa}$
13 mm hård mineralullsboard	$0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h Pa}$
12 mm asfaltimp träfiberskiva	$0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h Pa}$

#### Luft- och diffusionsspärr

UV-beständig 0,2 mm polyetenfolie valdes. Skarvarna tejpadades och klämdes med regler. I anslutningen mellan betongbjälklag, betongtvärvägg och yttervägg fogades med fogmassa.

#### Tekniska lösningar

##### Byggsystem - bärande stomme

Det bärande system som valdes efter byggherrens ekonomiska analyser, var grundläggning med plattå på mark och betongstomme i en resp två våningar med ett klimatskal av trä runt om.

##### Bottenplatta - kantisolering

Grundläggning på torpargrund eller med källare var inte möjligt på grund av grundförhållandena (lera). En hel kantförstyvad bottenplatta utgör grundläggningen (undan- tag för utrymmet för multrummet, där en källare har gjutits i vattentät betong).

För att undvika bl a fukt och mögelproblem samt köldbryggor valdes att utföra värmeisoleringen under betongplattan. (Varm och torr betongplatta.) Värmeisoleringen utgörs av följande:

- Under plattan:  
2x60 mm styrencellplast
- Under sulor och kantbalkar:  
2x50 mm styrencellplast
- Runt byggnad (b=1000 mm) ca 300 mm under markytan:  
80 mm styrencellplast.

- Vid betongplattans kant:  
140 mm styrencellplast i form av sockelelement, som samtidigt utgjorde form vid betonggjutningen.
- På plattan, som övergolv:  
60 mm styrencellplast och spånskiva.

Isoleringen har utförts på sådant sätt att den är obruten i övergången mellan grund och yttervägg (ingen köldbrygga). Se figur.

k-värdet har beräknats till:

- inre randfält  $k = 0,12$
- yttre randfält  $k = 0,15$

I beräkningen har hänsyn tagits till randisoleringen.

### Fuktisolering

Under betongplattan ligger ett 150 mm lager av tvättad makadam 16/32 som dränering. Eftersom värmeisoleringen under plattan består av diffusionsgenomsläpplig mineralull torkar byggfukten ut genom dräneringslagret.

På betongplattan, under övergolvets isolering, ligger en tjock polyetenfolie med förhöjningar (vårter). Luftspalten som bildas står i förbindelse med en luftad sockel. Under inre och yttre väggsyll är det isolerat dels med bitumenmatta, dels med mineralull.

### Tekniska lösningar - väggar

#### Värmeisolering

Längsidans väggar består av en yttre regelstomme av 45x120 stående reglar, c/c 1200 mm och en inre stomme av 70 mm plåtreklar, c/c 600 mm. Mellan yttre och inre stommen är ett avstånd på 170 mm med plats för ett obrutet isoleringsskikt. Total isoleringstjocklek är 360 mm.  $k$ -värde = 0,12 W/m<sup>2</sup>°C.

På gavlarna är den inre regelstommen ersatt med en betongvägg. Isoleringstjockleken är här 320 mm.  $k$ -värde = 0,13.

Mellan bostadsutrymmet och vindfånget mot norr är isoleringen mindre (även tvåglasfönster). Vindfånget uppvärms av värmeförlusterna från bostaden. Mellan vindfånget och ute är också isoleringstjockleken reducerad.

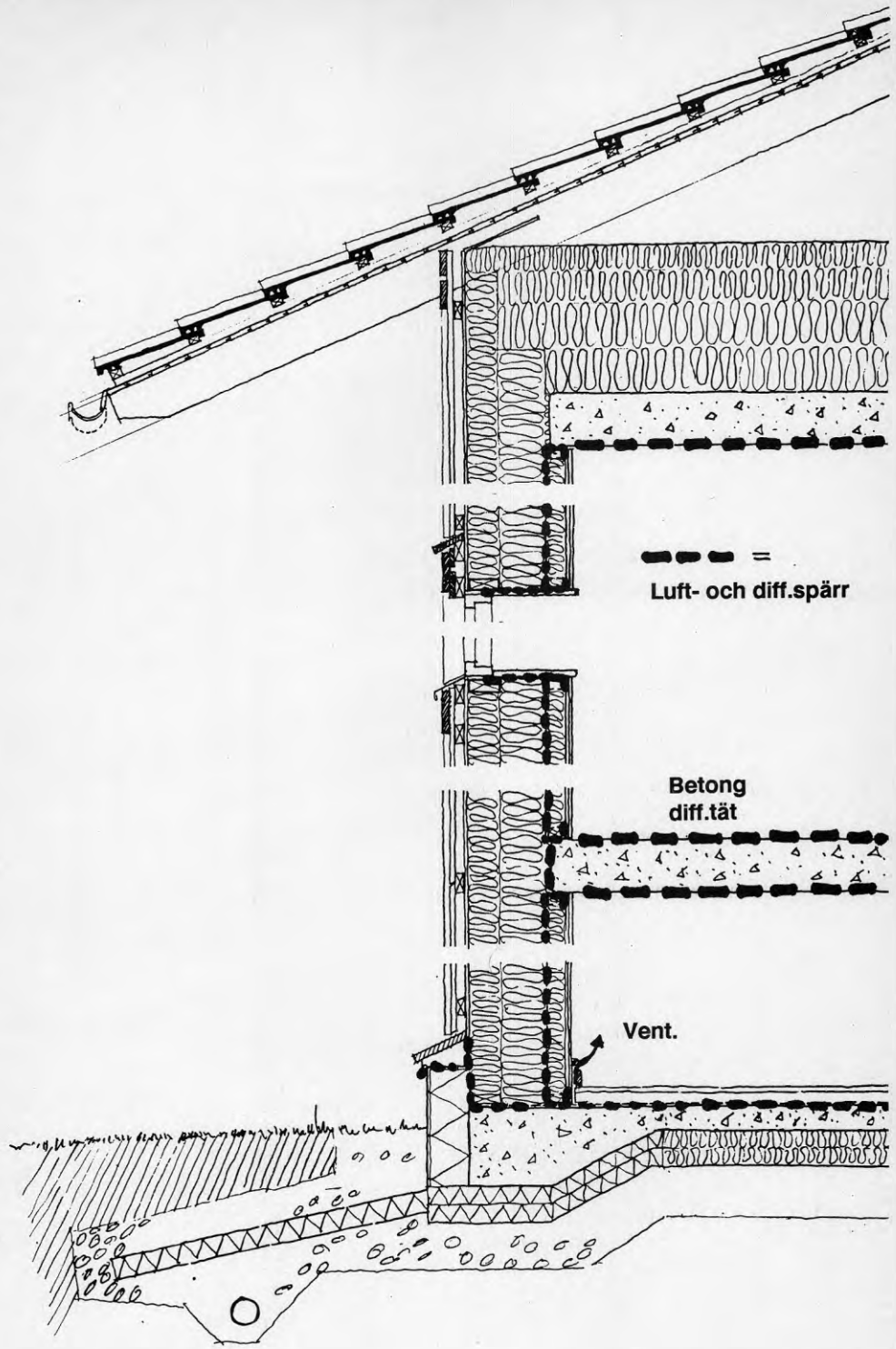
Hus - vindfång:

Tjocklek 190 mm.  $k = 0,27$  W/m<sup>2</sup>°C

Vindfång - ut:

Tjocklek 190 mm.  $k = 0,26$  W/m<sup>2</sup>°C

Dörrarna är glasade med treglas och har  $k$ -värdet 1,8 W/m<sup>2</sup>°C.





Diffusionsspärr

Diffusionsspärr av 0,2 mm PE-folie ligger i ytterväggarna innanför den inre regelstommen av plåt, och ansluter till betongbjälklaget. Folien kläms fast mot betongen av plåtsyllen (filtförsedd) uppe och nere. Mellan betong och plastfolie finns en fogmassa.

Runt fönster leds diffspärren ut och kläms mellan fönsterkarm och smygbräda. Även här finns fogmassa.

Tekniska lösningar - tak

Yttertaket vilar på uppstolpade takstolar på betongbjälklag. Takfoten har anpassats till isoleringstjockleken, så att isolering inte behöver snedskäras.

Isoleringen består av totalt 550 mm mineralull.  $k = 0,08$ .

Över matplats och trapphus går innertaket i takfallets riktning, på grund av konstruktionshöjden (lätt konstruktion) får inte lika mycket isolering plats. Här är  $k$ -värdet 0,09.

Taket över vindfånget är isolerat med 310 mm mineralull,  $k = 0,18$ .

Sammanställning över k-värden

		k-värde (W/m <sup>2</sup> °C)
Golv	inre randfält	0,12
	yttre	0,15
Tak	över betong	0,08
	över vindfång	0,18
	matrum	0,09
Ytterväggar	norr, söder	0,12
	gavlar väst, öst	0,13
	hus-vindfång	0,27
	vindfång-ute	0,26
		ovan förråd
Dörrar		1,8
Fönster	glasrum	3,0
	hus-glasrum	1,8
	norr LOWE	1,4
	söder 2+1 utan pers	1,6
	vinklade pers	1,3
Sockel	värmotstånd enl SBN 80 33:421	
	$M_T 3,95 M^{20}C/W$	

## 5.8 TUNG STOMME

När man har välisolerade hus med södervända fönster är någon form av tung stomme eller annan tyngd i huset önskvärd. Detta av två skäl. Dels kan man spara energi genom att lagra från dag till natt, dels låta den tunga stommen fungera som temperaturutjämnare. Detta är viktigt eftersom tillskott från solinstrålning och okontrollerbara värmekällor varierar. Under t ex klara dagar i mars kan energibehovet för uppvärmning överstigas och därmed obehagliga övertemperaturer skapas om huset inte har en tyngd som kan utjämna överskottsvärmen.

I Karlstadprojektet har det diskuterats några olika byggnadsstommar med och utan tyngd och kombinationer mellan olika stommar.

Lagringsförmågan i ett hus skall vara så stor som möjligt. Lagringsförmågan beror av

- a) byggnadsmaterialens fysikaliska egenskaper
- b) materialets tjocklek
- c) ytan mot inomhusluften.

Var man placerar det tunga materialet i huset saknar i praktiken betydelse bara det är i direktkontakt med rumsluften. Av komfortskäl är dock golv av betong olämpliga. De byggnadsmaterial som vi undersökt är: betong, tegel, lättklinker, gips.

### Max lagringsförmåga

Vid 150 mm tjocklek nås ett maximum i lagringsförmåga för de flesta material. Denna tjocklek är dock ej ekonomiskt motiverad av lagringsförmågan utan tjockleken bör väljas utifrån byggnadstekniska aspekter. Ur energisynpunkt är materialet bättre utnyttjat vid dubblad area än vid dubblad tjocklek.

Förhållandet mellan energilagringsförmåga hos betong och andra material vid varierande dygnstemperatur bedöms till följande vid 150 mm tjocklek:

Betong	100%
Tegel	83%
Lättklinker	77%
Gipsskivor, 4 st	32%

KOMMENTAR: Gips är orealistiskt att räkna med då det är svårt att få anliggning mellan olika gipsskivor.

### Energibesparing

Hur mycket energi som sparas genom att huset har en

tyngd är mycket svårt att beräkna. Vi har gjort en bedömning. Förutsättningarna är att gavelväggen, lägenhetsskiljande väggen och mellanbjälklaget i ett tvåplanshus medverkar i energilagringen. Då erhålles ca 140 m<sup>2</sup> lagringsarea. Om även övervåningen (takbjälklaget och väggarna i övervåningen) medverkar erhålles 280 m<sup>2</sup>. Den tillåtna temperatursvängningen är 5°, dvs temperaturen tillåts variera mellan t ex 20 och 25°C.

Material, yta		Lagringsförmåga i ett tvåplanshus, kWh/år i förhållande till trähus
Betong	280 m <sup>2</sup>	1600 kWh
Betong	140 m <sup>2</sup>	1250 kWh
Lättklinker	140 m <sup>2</sup>	800 kWh

Se bilaga 9.

Tabellen visar att det är bäst med betong i båda våningarna, men att det är tänkbart med enbart betong i en våning. Med tanke på hur värmen fördelar sig i hus (varmare i övervåning än i bottenvåning) och att övervåningen inte är skuggad av andra hus eller träd (ständig möjlighet till solinstrålning under eldningssäsongen) bör man diskutera att även ha tyngd i övervåningen, t ex genom att göra väggarna av lättklinkerblock.

## 5.9 GLASRUM

### Mest bidrag till boendemiljön

Främst bidrar ett glasrum till att göra boendemiljön bättre. Ett glasat uterum förlänger sommaren och ger en mjuk övergång mellan ute och inne.

Energimässigt bidrar glasrummet med förbättrat k-värde för den husdel som angränsar till detta, speciellt blir transmissionsförlusterna genom fönstret mindre. Dessutom fungerar glasrummet som solfångare, om det placeras åt söder.

### Förvärmning av tilluft

Förutom att det glasade rummet sparar energi genom att minska transmissionsförlusterna, kan solenergi nyttiggöras genom att tilluften under eldningssäsongen tas därifrån.

Övertemperaturer sommartid bör lätt kunna vädras ut, och för att få solavskärmning på innanförhängande fönster bör taket i glasrummet delvis göras ogenomskinligt.

### Utformning

Glasrummen i Karlstad är ca 2,7x3,1 m stora, har trästomme och glasning med tvåglas.

Anledningen till att tvåglas har använts är komfortskäl

- dels innebär det bättre k-värdet att temperaturen i glasrummet inte avklingar så fort och man kan utnyttja det längre tid på kvällarna
- dels innebär tvåglas att ytemperaturen på det inre glaset är högre, vilket medför mindre risk för kondens, som hindrar utsikten.

De inre partierna i taket är ogenomskinliga. Glasrummen är vädringsbara både i tak och i väggar.

### Energibesparing

Glasrummet i Karlstad beräknades vid projekteringen spara ca 850 kWh/år. Förutsättningen för beräkning är glasrum med tvåglasfönster, och att maxtemperaturen är +25°C. (Värme utöver detta vädras ut. Om temperaturen tillåts stiga ytterligare får man naturligtvis en större energibesparing.

Beräkningen redovisas i bilaga 10.





## 5.10 VÄRME- & VENTILATIONSSYSTEM

### Allmänt

Vid utformning av värmesystem till passivt solvärmda hus måste målet vara att dessa blir enkla och så billiga som möjligt. Ett "problem" med lågenergihus är att kapitalkostnaderna för värmesystemet, utslaget på det få antal kWh man använder, innebär att varje kWh kostar mycket pengar.

Dessutom skall ett värmesystem alltid vara enkelt och användarvänligt, dvs lätt att förstå och sköta.

I Karlstad valde man att installera ett system för eldning av fasta bränslen (pellets och ved) i en gemensam värmecentral i kvartersgården, och distribution via kulvertar.

Man ville vara relativt oberoende av el och dessutom är bränslet lättillgängligt och billigt.

### Beskrivning av installationstekniska lösningar

#### Panncentral

Panncentralen är belägen i gemensamhetshuset. Värmevatten uppvärms i två pannor. Huvudpannan, som normalt är i drift, eldas med pellets och producerar ca 100 kW effekt.

Den andra pannan eldas med halvmetersved och kan producera 60 kW effekt.

Värmevattnet pumpas till två ackumulatortankar med volymen 10 m<sup>3</sup> vardera. Tankarna fungerar som utjämnare. Temperaturen på fram- och returledning i kulvertssystemet till husen är max 55°C respektive 40°C.

Se även schema, bilaga 11.

#### Kulvertsystem

Vid husgavlarna leds rören upp i bottenvåningarnas tak och mellan husen går rören på nytt ned i marken. Denna lösning innebär att större delen av systemet ligger inom husens klimatskärm.

Varje lägenhet är inkopplad till systemet på ett ställe, i väggen mellan hallen och WC i bottenvåningen. Denna placering är mycket central för varmvattnet med kort rördragning. Därför är cirkulationsledningen för tappvarmvatten inte ansluten till lägenheten utan endast vid husradernas slutände.

Värmesystem inom lägenheten

Konvektorer är placerade centralt i hallen samt vid söderfasaden i vardagsrummet. I WC finns handdukstorkar som enda uppvärmning. Samtliga värmare är utrustade med termostatventiler.

Se även schema, bilaga 11.

Ventilation

Värmen sprids inom lägenheterna med cirkulationsfläktar, se nedan. Lägenheternas ventilationsystem består av en frånluftsfläkt på tak med utsugning i kök, toaletter och i multrum. Luftmängden motsvarar 0,5 oms/h. Frånluftsfläkten kan varvtalsstyras från spiskåpa i kök. (gäller ej mätlgh)

Mängden är i tvåplanshuset 140 m<sup>3</sup>/h, i enplanshuset 108 m<sup>3</sup>/h.

Frånluftsflödet i toaletterum kan forceras via inbyggd timer. Vid forcering och fläkt på normaldrift ökar inte husets ventilationsluftmängd utan luften "lånas" från andra don.

Frånluftintag är placerade så att utomhusluft tas in via glasrum år säder och via vindfång åt norr. Friskluftdonen är enkelt inställbara och kan manövreras mellan stängt och inställd öppning. Donen har inbyggt filter.

Friskluftintag via glasrummet är avsett att användas höst, vinter och vår när detta kan bidra med nyttig energitillförsel. Luften leds från glasrum in i vardagsrum, där en konvektor är placerad.

Se schema, bilaga 11.

Cirkulationsfläktar

För att sprida värme och nyttiggöra friskluftmängden i hela huset är tvärströmsfläktar installerade i mellanbjälklaget. Dessa i kombination med dörrspringor gör att luften cirkuleras runt i bottenplanet, leds upp till övervåningen och blåses återigen ned vid ytterväggen i bottenvåningen.

Luftriktningen överensstämmer med den naturliga stigningskraften i hallen och trappan. Cirkulationssystemet arbetar utan kanaler.

Se schema, bilaga 11.

### Sanitetsinstallationer

Toalettinstallationerna är av mulltoalettstyp med mull-tank placerad i utrymmen under bottenplattan. Samtliga lägenheter är förberedda för installation av vattentoaletter.

Bad-, disk- och tvättvatten slamavskiljs i tvåkammarsbrunnar gemensamma för två lägenheter. Det kan sedan användas för bevattning i glasrummen och på odlingsytor. (En förutsättning för att använda det till bevattning är att giftfria tvättmedel används.)



## 6. ENERGIBALANS

### 6.1 OLIKA METODER

I projektet har vi använt några olika metoder för att beräkna energiförbrukning/energibalans.

- k-värdesmetoden enl SBN 80
- BKL-handberäkningsmetod enl Källblad, Adamsson, LTH
- ENORM - dataprogram
- KLIMAT - dataprogram utvecklat med utgångspunkt från BRIS (Bengt Dahlgren AB)

Metoderna är använda i olika skeden under projekteringen. Den sista, mer omfattande metoden, som även tar hänsyn till husets tyngd och variation i inomhustemperaturen, användes då husen var färdigprojekterade, i syfte att beräkna:

- Glasrummets betydelse för energiförbrukningen.
- Den tunga stommens betydelse för energiförbrukningen.
- Husets totalförbrukning.

### 6.2 BERÄKNINGSRESULTAT

#### Gemensamma beräkningsförutsättningar

Huset är ett tvåplans mitthus.

Minsta inomhustemperatur: 20°C (ej glasrum)

Högsta inomhustemperatur: 25°C (glasrum 30°C)

Hushållsel, köpt: 5000 kWh/år

Varmvattenförbrukning: 4000 kWh/år  
(varav 20% tillgängligt för uppvärmning)

Personvärme: 1300 kWh/år  
(varav 100% tillgängligt för uppvärmning)

Ventilation: 0,5 oms. / tim.

Energiberäkning

Tillförd energi	ENORM KLIMAT				
	Hus m tung stomme med utan glasrum glasrum		Hus u tung stomme med utan glasrum glasrum		
Radiatorenergi under eldn säsong	1920	1564	2238	2005	2774 kWh
Hushållsel	5000	5000	5000	5000	5000
Varmvatten	4000	4000	4000	4000	4000
S:a köpt energi	10920	10564	11238	11005	11774 kWh/år

## MÅNADERNAS ENERGIBALANSER (kWh)

Enligt ENORM



### 6.3 KOMMENTAR

Glasrummets betydelse övervärderas i beräkningarna. De utgår från att luftomsättningen är  $\frac{1}{2}$  oms per timme oberoende av luftinläckning (infiltration), öppning av fönster och dörrar.

I beräkningen kommer all ventilationsluft under eldningssäsongen från glasrummet, vilket i praktiken inte är realistiskt.

Tunga stommen. Beräkningen visar en relativt låg energispareffekt av den tunga stommen. Om man som boende är medveten om den tunga stommens funktion som värme-lager - möjlighet till energibesparing - klimatutjämna-re - kan man kanske stå ut med större temperaturintervaller än 5°C. Ett större temperaturintervall innebär en lägre energiförbrukning.

Se även mätresultat, kapitel 8.

### Beräkningsmetoder

#### Lågenergihus - beräkningar

När man isolerar hus bättre eller förser dem med värmeåtervinningssystem av olika slag, ökar den utnyttjningsbara internbelastningens betydelse. I de utförda energiberäkningarna har internbelastningen antagits efter gällande praxis, dvs mycket grovt.

Energiberäkningarna för Karlstadshuset är således mycket ungefärliga, oberoende av vilken metod man använder.

#### k-värdesmetoden med gradtimmarsberäkning

duger gott i skiss-stadiet i ett projekt. Transmissionsförlusterna är  $\pm 20\%$  i förhållande till övriga här redovisade "s sofistikerade" beräkningsmetoder.

#### Klimatdata

I alla beskrivna metoder är olika klimatdata och solinstrålning inbakade. Eftersöm förekommande klimat är av mycket stor betydelse för lågenergihus, vore det bra om officiella klimatdata (klimatnorm) utarbetades, så att de olika beräkningsmetoderna kunde jämföras.

#### Internbelastning

Detta är bl a brukarberoende data. Värmeeffekten, avgiven av en människa, varierar beroende av källa mellan 83W och 190W. Dessutom varierar antalet personer



och den tid de vistas i huset i olika uppgifter. Detta har stor betydelse för beräkning av lågenergihus, där kanske 1/3 av energibehovet täcks av inverkan av intern belastning.

När det gäller hushållsel och varmvattenförbrukning varierar detta än mer mellan olika källor. För beräkningarna har vi dock utnyttjat samma källor för jämförelsens skull, trots att dessa inte alls överensstämmer med våra egna erfarenheter (se Eek, Solbräcke "Sol, tyngd och värme ...").

#### Approximationer

Vid beräkningar är det nödvändigt att för indata göra förenklingar, approximationer, använda medelvärden etc, vilket naturligtvis minskar precisionen i beräkningarna. Olika lösningar kan jämföras med varandra, om de görs med samma beräkningsmetod, men inte om de olika metoderna har olika klimatindata. I vårt fall har vi så långt som möjligt använt Karlstad som referensort. Om inte detta har gått, har vi använt Stockholm, som ligger på samma latitud.



## 7. KOSTNADER

Syftet med kalkylerna i forskningsprojektet är att se under vilka omständigheter som den diskuterade tekniken är tillämpbar.

De kalkyler som hittills gjorts i forskningsprojektet gäller produktionskostnaden på hus. Vi har gjort jämförelser mellan olika konstruktions- och isoleringsprinciper.

De olika principerna är redovisade i bilaga 12.

Förutsättningarna som råder för kalkylen nedan är att allt som är genomgående lika på alla husen har "skallats" bort. Jämförelsen gäller sådant som påverkar energin. Skillnaderna i kostnader gäller (1983 års kostnader).

### Kostnad per lägenhet

	Isoleringsalternativ		
	0 SBN 80	I SBN 80+20%	II SBN 80+40%
Hus med stomme av trä	0	5.200	8.600
Hus med stomme av platsgjuten betong	36.100	42.700	70.500
Hus med stomme av betonghålstén	25.700		
Hus med stomme av lättklinkerblock	64.600		

Tabellen ovan är en sammanjämkning mellan två kostnads-kalkyler gjorda av dels byggkostnads-kalkylator, dels av en byggnadsentreprenör.

Kalkylerna har inte legat till grund för val av lösning i Karlstad. De speciella förhållanden som råder (t ex närheten till betongelementfabrik och marknads-läget på platsen) medför att avvikelserna från en generell kalkyl blir mycket stora.

Ur detta projekt går således inte att dra några generella slutsatser från kostnadsberäkningarna.

### Kostnader

Antal lägenheter 16 st + kvartersgård.

BRA primär 2030 m<sup>2</sup> varav 207 i kvartershus  
 BRA sekundär 738 m<sup>2</sup> varav 117 i kvartershus  
 Tomt 12.050 m<sup>2</sup>

	<u>Kalkyl, okt 83</u>	<u>Verklig kostnad våren 1987</u>
Produktionskostnad	10.020.000 kr	10.621.000 kr
Pannanläggning	130.000 kr	130.000 kr
Centraladm och vinst 7% ca	710.000 kr	ingår i prod kostn
Mervärdeskatt 12,85%	1.400.000 kr	1.368.000 kr
Tomtkostnad	400.000 kr	400.000 kr
Avgifter	250.000 kr	270.000 kr
Projektering, byggledn, kontroll, besiktning	<u>380.000 kr</u>	<u>425.000 kr</u>
Finansiering under bygg- nadstiden	410.000 kr	327.000 kr
Lagfart, inteckning	<u>140.000 kr</u>	<u>133.000 kr</u>
Objektets totalkostnad	13.840.000 kr	13.674.000 kr
 Pantvärde	 11.000.000 kr	 12.296.000*

Insatsen är 80.000 kr per lägenhet i genomsnitt.

Månadskostnaden första året 1780 kr för den mindre resp 2130 kr för den större.

\*Varav 560.000 kr är en förhöjning av låneunderlaget, beviljat av Bostadsstyrelsen med hänvisning till de driftskostnadssänkande åtgärderna som ingår i projektet.

## 8. MÄTNINGAR OCH UTVÄRDERING

### 8.1 MÄTPROGRAM

Det för projektet speciellt utformade mätprogrammet grundar sig på rutiner som har utvecklats vid Solar Energy Research Institute i USA och inom IEA (Solar 1980, IEA 1985). Syftet var att utvärdera de olika delsystemen med avseende på funktion och energibesparing.

Särskilt har studerats:

- energibalansen månadsvis (Tillskott: sol, personer, varmvatten, värme och hushållsel. Förluster: ventilation och transmission)
- funktionen hos ventilationssystemet
- betydelsen av byggnadsstommens värmelagringsförmåga ur energisynpunkt
- betydelsen av glasrummet ur energisynpunkt.

Tre lägenheter har valts ut:

- en lägenhet har använts som referenslägenhet (B4)
- en lägenhet har saknat glasrum (B6)
- en lägenhet har "saknat" tung byggnadsstomme (tilläggsisolerad betongstomme). (C9)

De tre lägenheterna har varit obebodda under vissa veckor dels innan och dels under de kontinuerliga långtidsmätningarna. Dessa veckor har utnyttjats för engångs- och speciella mätningar där alla system noggrant har studerats för att säkerställa att de fungerar på avsett sätt. Exempel på mätningar som utförts under dessa perioder är:

- täthetsprovning av byggnadsstomme
- ventilationsmätning med spårgas
- termografering
- luftflödesmätningar i ventilationssystemet

Under de kontinuerliga långtidsmätningarna, omfattande två år, har en datalogger, utplacerad i kvartershuset, samlat in mätvärden och lagrat dem som timvärden på kassetband. En gång per vecka byttes banden, som sändes till provningsanstalten. De boende har dessutom fört dagbok, där de angivit följande:

- antal hemmavarande timme för timme
- antal minuter som köksfläkten utnyttjats per dag
- antal minuter per dag som vädring skett.

Målsättningen med mätningarna har varit att analysera experimentlägenheternas egenskaper vid olika driftsituationer för att kunna göra en bedömning av sys-

temets funktion samt att identifiera eventuella behov av förändringar.

## 8.2 MÄTNINGARNAS GENOMFÖRANDE

För att erhålla en bild av energiflödena och inomhusklimatet inom experimentlägenheterna har omfattande mätningar utförts under två års tid (jan 85 - dec 86). Det första mätåret har i huvudsak använts för injustering av experimentlägenheterna. Utvärderingen baserar sig framför allt på det andra mätåret. Mätningarna har dels bestått av en kontinuerlig mätvärdesinsamling och dels av kortare delstudier av komponenter i byggnaden m m. För de kontinuerliga mätningarna har installerats ca 50 mätgivare för registrering av temperatur, förbrukad elenergi, solstrålning, uteklimat etc.

Värmeanläggningens levererade energi och de enskilda komponenternas bidrag har bestämts genom mätningar på ett flertal ställen i systemet. Alla mätgivare, som använts i långtidsmätningarna, redovisas i bilaga 17.

Mätvärdena kontrollerades varje vecka genom att de viktigaste mätkanalernas mätvärden över veckan ritades upp med hjälp av plotter, varefter en rimlighetsbedömning gjordes.

Vid enstaka tillfällen har överföringen mellan data-loggern och kassetbanden ej fungerat, dvs delar av eller hela veckor har förlorats. Strömavbrott, vilket förekommit tämligen ofta, förorsakade den olägenheten att timvärden ej längre härrörde från jämna klockslag. En nackdel med veckoavläsningar visade sig vara att det kan dröja mer än en vecka innan ett eventuellt fel upptäckts.

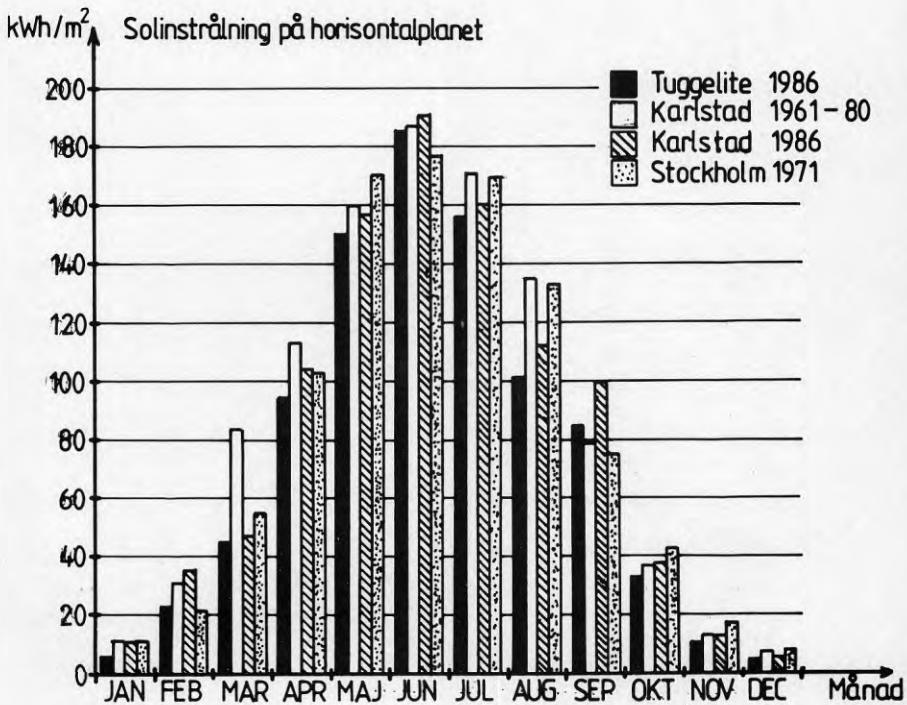
## 8.3 KLIMATFÖRHÅLLANDEN

Klimatförhållandena för mätåret 1986 har hämtats från väderstationen vid experimenthuset. Dessa har jämförts med normalvärden 1961-1980 enligt "Klimatdata för Sverige". Normalvärdena härrör sig från SMHIs väderstation i Karlstad som beskrivs med orden: "Flackt öppet landskap mellan stadsområdet och Klarälvens utlopp i Väneren." "Läget mycket öppet".

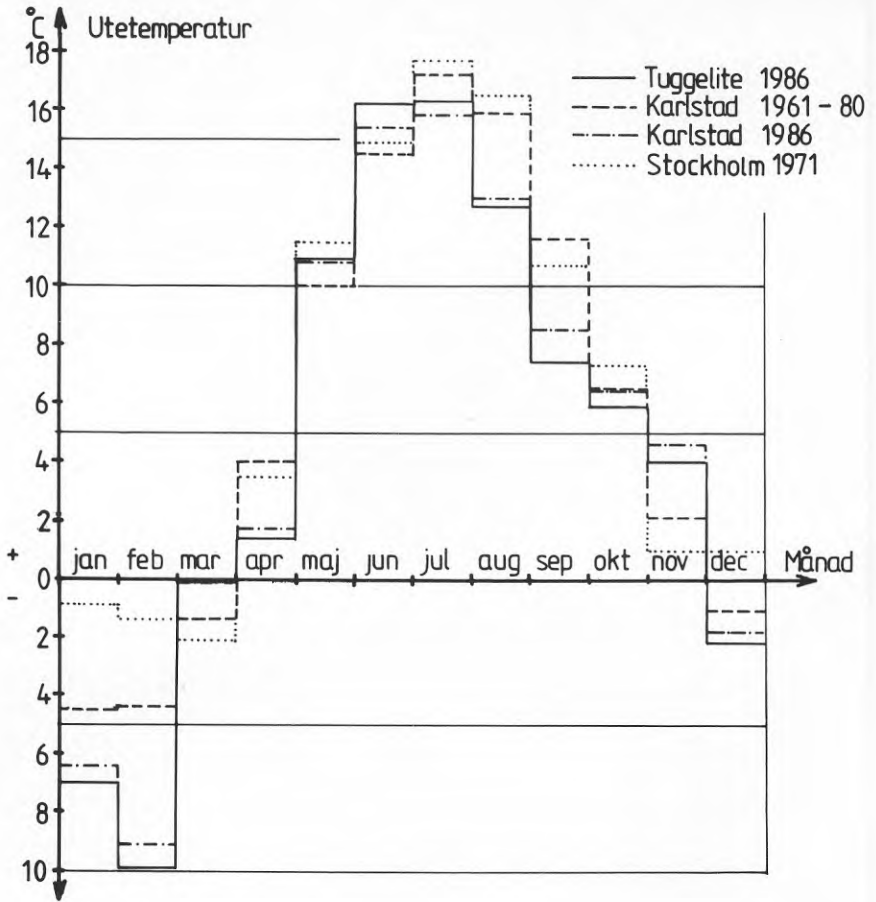
Solinstrålningen på det horisontella planet finns redovisad i figur 8.1. Den av SMHIs väderstation (Karlstad 1986) uppmätta solinstrålningen är ca 10 % högre än den vid de uppmätta husen. En del av skillnaden kan förklaras med att husen skuggas vid låga solhöjder. 1986 var obetydligt solfattigare än normalåret, 975 kWh/m<sup>2</sup> jämfört med 1025 kWh/m<sup>2</sup>. Augusti var solfattigare än normalt, medan september hade

mer sol än normalt. En jämförelse har dessutom gjorts med referensåret 1971 för Stockholm. För referensåret finns timvärden, som utnyttjats vid analysen av energiförbrukningen. Solinstrålningen för referensåret är av samma storleksordning som för Karlstad.

Medeltemperaturen under mätåret 1986 var  $1^{\circ}\text{C}$  lägre än normalt. Experimenthusen hade  $4,7^{\circ}\text{C}$ , SMHI's väderstation  $4,9^{\circ}$  och normalåret har  $5,9^{\circ}\text{C}$ . 1986 började mycket kallare än normalt (se figur 8.2). Medeltemperaturen under januari t.o.m. februari var för 1986 -  $8,5^{\circ}\text{C}$  mot normalt  $-4,5^{\circ}\text{C}$ . Augusti var  $3^{\circ}\text{C}$  kallare, medan september var  $4^{\circ}\text{C}$  varmare. I övrigt var mätåret i stort sett normalt. Vintern i Stockholm är mildare än vintern i Karlstad, medeltemperaturen för referensåret  $6,7^{\circ}\text{C}$  är 1 grad högre än medeltemperaturen för normalåret i Karlstad.



Figur 8.1



Figur 8.2

#### 8.4 MÄTRESULTAT

##### Lufttäthet och värmeisolering

Byggnadens lufttäthet bestämdes med hjälp av över- respektive undertryck enligt svensk standard. I samband med täthetsprovningen undersöktes också isolerings- och tätning utförandet med hjälp av en värmekamera.

Resultatet från täthetsmätningarna redovisas som antal luftomsättningar per timme vid en tryckskillnad mellan inne och ute på 50 Pa. Detta innebär att mätresultatet för radhuslägenheterna blev ca 2,0 luftomsättningar per timme (se även tabell 8.3)



**Tabell 8.3 Sammanställning av täthetsprovning. Värdena är angivna i antal luftomsättningar vid 50 Pa**

Lägenhet	Mätning 1985	Mätning 1986
B4 (ref)	2,1 oms/h	2,0 oms/h
B6 (utan glasrum)	2,1 oms/h	1,9 oms/h
C9 (utan betong)	2,6 oms/h	2,2 oms/h

Mätresultatet skall jämföras med Planverkets rekommendationer i SBN 1980 där godtagan otäthetsfaktor har satts till 2,0 luftomsättningar per timme.

Resultatet från en täthetsprovning kan räknas om till en s.k. effektiv läckageyta (Sherman 1980). Samma omräkning kan även göras för öppna tilluftsdon dvs. uttrycka resultatet från laboratoriemätningar (SIB 1980) av luftflödet genom ett tilluftsdon, i effektiv läckageyta. Tryckskillnaden (inne-ute) har vid beräkningarna satts lika med ett undertryck på 4 Pa, som är ett representativt värde för naturliga driftsförhållanden med frånluftsventilation. Omräkningen visar att öppna tilluftsdon från glasrum tillsammans med vägg till glasrum svarar för 1/4 av den på detta sätt beräknade läckageytan (se tabell 8.4).

**Tabell 8.4 Effektiv läckageyta (cm<sup>2</sup>) vid ett undertryck i lägenheten på 4 Pa**

Lägenhet nr	Exkl. don	Don till glasrum	Vägg till glasrum
B4 (ref)	100	25	10
B6 (utan glasrum)	125	-	-
C9 (utan betong)	125	25	15

Termograferingsresultatet visade att luftläckage förekom i begränsad omfattning vid följande punkter:

- matplats vid takvinkel, fönstersmyg och golvvinkel
- allrum fönstersmyg (främst hål för persiennsnöre)
- sovrums (bottenvåningen) vid fönstersmyg
- sovrums (övertvåning) vid eldosor och fönstersmygar
- trapphus vid takvinkel
- foderrör för inkommande kallvattenledning
- mellan betongbjälklag och förtillverkat skorstenselement. (Här måste finnas en luftspalt för att ev utträngande brandgas skall kunna ventileras ut.)

Inga isoleringsbrister kunde upptäckas. Mindre köldbryggor upptäcktes i vindfång och i matplats mot grannlägenheten, där det finns en stälpelare.

### Friskluftsventilation

Ventilationsmätningar med spårgas har utförts. Den tillämpade metoden innebär att friskluftstillförseln till varje individuellt rum uppmättes. Mätningarna gjordes med en vid SP utvecklade automatiserad metod (Lundin 1982). Spårgas tillförs varje rum på ett sådant sätt att en konstant spårgaskoncentration upprätthålls i hela huset. Med kännedom om tillförd spårgasmängd och verklig spårgaskoncentration kan friskluftstillflödet bestämmas, dvs den friskluftsmängd som kommer direkt utifrån utan att först passera genom andra rum.

Friskluftstillförseln kan mätas kontinuerligt under i princip obegränsad tid.

Spårgasmätningarna kompletterades med en mätning av luftflödet genom tilluftsdonen (av typ Fresh 80). Tryckfallet över donen mättes och luftflödet avlästes i ett diagram framtaget vid laboratoriemätningar (SIB 1980).

Mätningarna visar att ca 0,45 oms/h (130 m<sup>3</sup>/h) uteluft tillförs lägenheten totalt (se fig. 8.5 - 8.8 i bilaga 13). Den totala ventilationen varierar mycket lite med tiden. Den variation som dock finns torde sakna praktisk betydelse.

Ventilationen av enskilda rum är tillfredställande, möjligtvis kan anmärkas att ventilationen är onödigt hög i vardagsrummet och onödigt låg i det ena sovrummet på andra våningen (se fig. 8:6 och 8:7 i bilaga 13). En stor del av uteluften till lägenheten kommer in via vardagsrummet. Tanken var att en stor del av tilluften skulle komma via glasrummet och därmed förvärmas. Detta under förutsättning att de två friskluftsdonen i väggen mellan glasrum och lägenhet är öppna. För att undersöka detta genomfördes dels en mätning, där samma spårgaskoncentration hölls i glasrummet som i lägenheten (se fig 8.9 - 8.12 i bilaga 13) och dels en mätning utan spårgas i glasrummet. Resultatet visar att endast ca 30 m<sup>3</sup>/h av totalt 130 m<sup>3</sup>/h tilluft går via glasrummet. Samma storlek på tilluftsflödet via glasrummet visar även tryckfallsmätningarna över tilluftsdonen (se tabell 8.13 sid 57).

Tabell 8.13 Luftflödet genom tilluftdonen mellan glasrum och vardagsrum enligt tryckfallsmätningar en vinterdag då utetemperaturen var + 1° C och vindhastigheten var svag och växlande.

Lägenhet	Luftflöde genom tilluftsdon, m <sup>3</sup> /h
B4 (ref)	25
B6 (utan glasrum)	26
C9 (utan betong)	28

Den uppmätta mekaniska ventilationen, 140 m<sup>3</sup>/h (se nedan tabell 8.18) är av samma storleksordning som den uppmätta totala ventilationen, 130 m<sup>3</sup>/h (mekanisk och oavsiktlig ventilation tillsammans, se figur 8:5 i bilaga 13) i lägenhet B4. Skillnaden mellan mätningarna ligger inom mätonoggrannheten. En slutsats man med stor säkerhet kan dra är att den oavsiktliga ventilationen är mycket liten.

#### Luftomsättning

För att kunna mäta den lokala luftomsättningen användes känd spårgasteknik, där spårgasen betraktas som en förorening som "tvättas" bort med hjälp av friskluft. Tiden som går åt för denna "tvättning" är ett mått på den lokala luftomsättningen.

Lägenheterna har ett konventionellt frånluftssystem, där luft sugas ut från våtutrymmena och tas in via tilluftöppningar i vardagsrummet eller vindfånget. Ventilationssystemet är kompletterat med cirkulationsfläktar i mellanbjälklaget. Dessa fläktar är tänkta att distribuera varmluft mellan de två våningarna. På andra våningen finns inga radiatorer, utan endast en handukstork i badrummet.

I redovisningen av mätresultat (se fig. 8.14 - 8.17 i bilaga 14) anges ventilationen i "luftomsättningar per timme". Som framgår av figuren är fördelningen av friskluft inom rummen bra fränsett att ventilationen genomgående är lägre mitt i rummet än vid tak och golv. Ingen mätbar skillnad föreligger då cirkulationsfläktarna är igång eller då de är stilla.

#### Frånluftsflöden

För bestämning av totala frånluftsflödet användes en sk mätning, som är ett icke justerbart, fast monterat måtdon för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer. Flödet bestäms genom mätning av den uppkomna tryckdifferensen över mätningen och genom avläsning på kalibreringskurva av motsvarande flöde. Frånluftsflödena i varje don kontrollerades med en kalibrerad termoanemometer försedd med en mätstos.

Luftflödena i ventilationssystemet har kontrollerats vid upprepade tillfällen (se bilaga 15). Den första mätningen som gjordes efter det att ventilationsentreprenören justerat in systemet, visade ett alltför stort totalt frånluftsflöde. En ny injustering gjordes och flödena blev för låga. Systemet byggdes om och justerades in. Därefter (860127) var luftflödena godtagbara.

En kontroll av luftflödena efter avslutad långtidsmätning (870223) visade så gott som oförändrade värden, fränsett lägenhet C9.

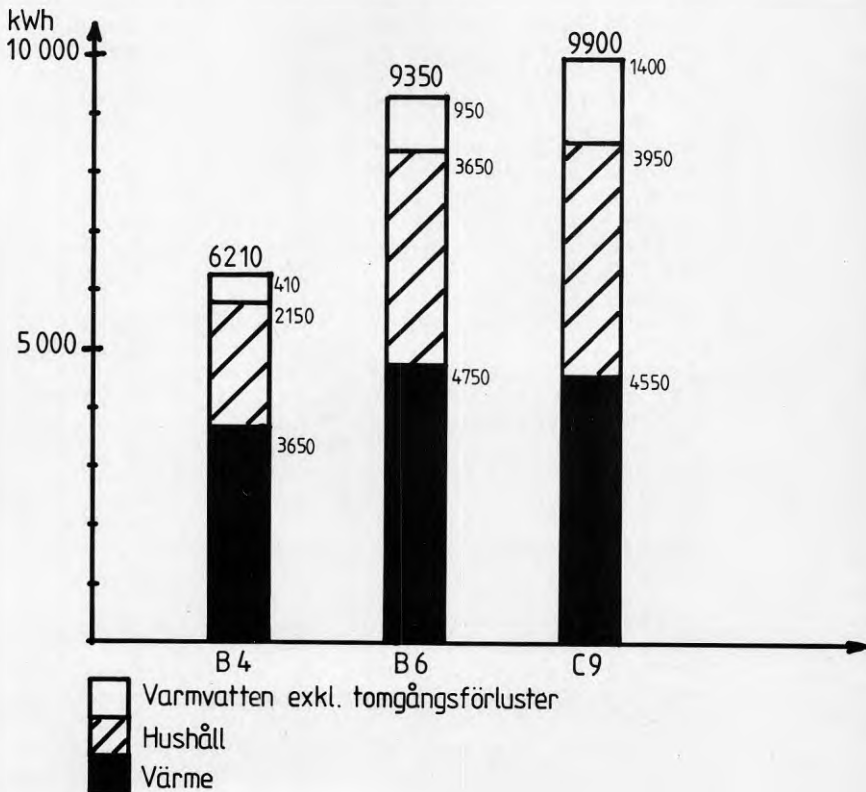
Frånluftsflödena vid respektive don uppmättes efter den sista injusteringen och visade sig stämma överens med de projekterade (se tabell 8.18).

Tabell 8.18 Uppmätta delluftsflöden (m<sup>3</sup>/h) för frånluft. Mätningarna i badrummen är gjorda med en stofsörsedd anemometer. Totalflödena är uppmätta med de fast monterade mätningarna

Plats	Projekterat	Uppmätt
Lägenhet B4 (referens)		
Kök	36	32
Badrum b.v.		21
Badrum ö.v.		17
Via multrum		<u>ej mätbart</u>
Totalt	148	140
Lägenhet B6 (utan glasrum)		
Kök	36	43
Badrum b.v.		20
Badrum ö.v.		18
Via multrum		<u>ej mätbart</u>
Totalt	148	151
Lägenhet C9 (utan betong)		
Kök	36	36
Badrum b.v.		ej mätbart
Badrum ö.v.		19
Via multrum		<u>ej mätbart</u>
Totalt	148	133

### Energi- och vattenförbrukning

Totalt under 1986 har i lägenhet B4 förbrukats 3650 kWh för rumsuppvärmning, i lägenhet B6 4750 kWh och i lägenhet C9 4550 kWh (se fig. 8.19). Eftersom betongen inte var helt uttorkad har under mätåret mätresultaten påverkats av detta. Under några år uppskattas uttorkningen innebära en ökning av uppvärmningsbehovet på 100-200 kWh per år. Förbrukningen för rumsuppvärmning inkluderar värmeförluster på ca 175 kWh från värmerör och VVC-rör. Tuggelitelägenheterna kan jämföras med "Lättbygg 85-husen", energisnåla småhus av samma årgång, med ett medelvärde för 16 hus på 3350 (med en standardavvikelse på  $\pm 1.300$ ) kWh (Carlson & Blomsterberg 1988). Förbrukning av hushållsel uppgick till 2150 kWh för lägenhet B4, 3650 för lägenhet B6 och 3950 kWh för lägenhet C9.



Figur 8.19 Köpt energi under mätåret 1986

Varmvattenförbrukningen varierar mellan  $10 \text{ m}^3$  för lägenhet B4 och  $34 \text{ m}^3$  för lägenhet C9. I lägenhet B6 förbrukades  $23 \text{ m}^3$ . Detta motsvarar energiförbrukningar på 410 kWh, 1400 kWh och 950 kWh exkl tomgångsför-luster. Medelförbrukningen för "Lättbygg 85-husen" var  $35 \text{ m}^3$  med ett lägsta värde på  $18,5 \text{ m}^3$  och ett högsta värde på  $71,5 \text{ m}^3$ .

Kallvattenförbrukningen var  $5 \text{ m}^3$ ,  $15 \text{ m}^3$  och  $21 \text{ m}^3$  för lägenhet B4, B6 och C9, att jämföras med Lättbygg 85 husens medelvärde på  $95 \text{ m}^3$ . Den lägsta förbrukningen var  $26 \text{ m}^3$  och den högsta  $320 \text{ m}^3$ . Det bör observeras att i siffrorna för "Lättbygg 85-husen" ingår bevattning av trädgård etc och i Tuggelitelägenheterna finns multrum istället för vattenklosetter.

### Innetemperatur

Månadsmedeltemperaturen för de tre lägenheterna (se fig 8.20 - 8.22 i bilaga 16) med boende har varierat mellan ca  $+16^\circ\text{C}$  och  $+23^\circ\text{C}$  under 1986. Den låga temperaturen beror på sänkt termostatinställning i denna lägenhet under en månad, då den stod obebodd. Övriga lägenheter ligger mellan  $+18^\circ\text{C}$  och  $+23^\circ\text{C}$ . Som varmest blir det under sommaren då månadsmedeltemperaturen kan gå upp till  $+23^\circ\text{C}$ . Månadsmedeltemperaturen ligger vanligtvis mellan  $+22$  och  $+23^\circ\text{C}$  under sommaren i bebodda lägenheter. Vid enstaka tillfällen under sommaren kan timmedeltemperaturen överstiga  $+25^\circ\text{C}$  (se figur 8.23 i bilaga 16). Persiennerna i söderfönstren har enligt uppgift sällan varit neddragna under dagtid.

Variationen i temperaturen är liten både i tid och rum trots att gratisvärmnen varierar. Skillnaden i innetemperaturen mellan olika rum kan tidvis bli  $2^\circ\text{C}$ , förmodligen till viss del beroende på boendevanor. Dygnsmedelvärdet på temperaturen är ofta samma på bottenvåningen och ovanvåningen. Under kortare perioder (några dygn) kan ovanvåningen bli 1 grad varmare än bottenvåningen. Nattsänkningen mellan kl 23 och kl 5 ger en mycket liten temperatursänkning. Innetemperaturen sjunker ca  $0,5^\circ\text{C}$  (se fig. 8.24 i bilaga 16).

Temperaturskillnaden i höjddled ( $0,2 \text{ m}$  och  $2,1 \text{ m}$  över golv) är måttlig (10) under vinterhalvåret på ovanvåningen. I vardagsrummet och sovrummet på bottenvåningen uppleves ofta en relativt stor temperatursiktning under vinterhalvåret, differensen mellan  $0,2 \text{ m}$  och  $2,1 \text{ m}$  ö.g. är under långa perioder omkring 3 grader. Under sommarhalvåret är temperaturgradienten i höjddled mycket liten.

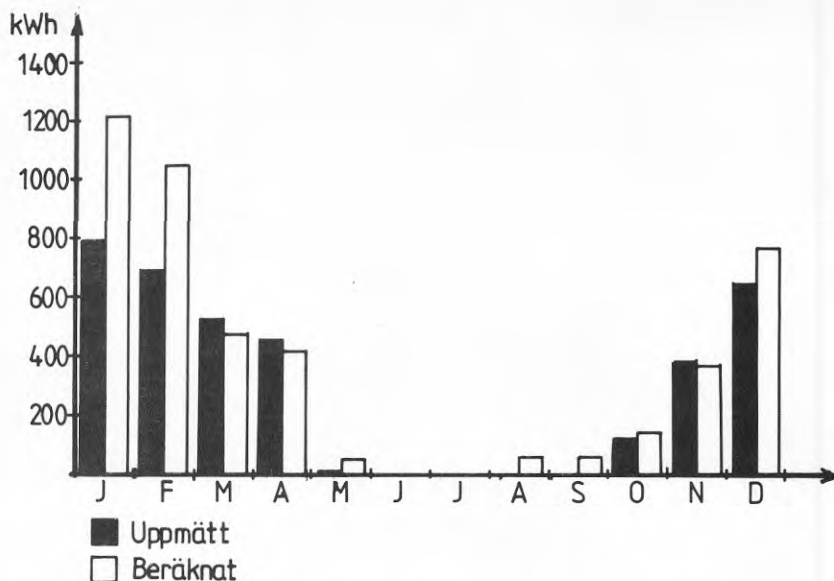
## 8.5 ANALYS

Energibalans

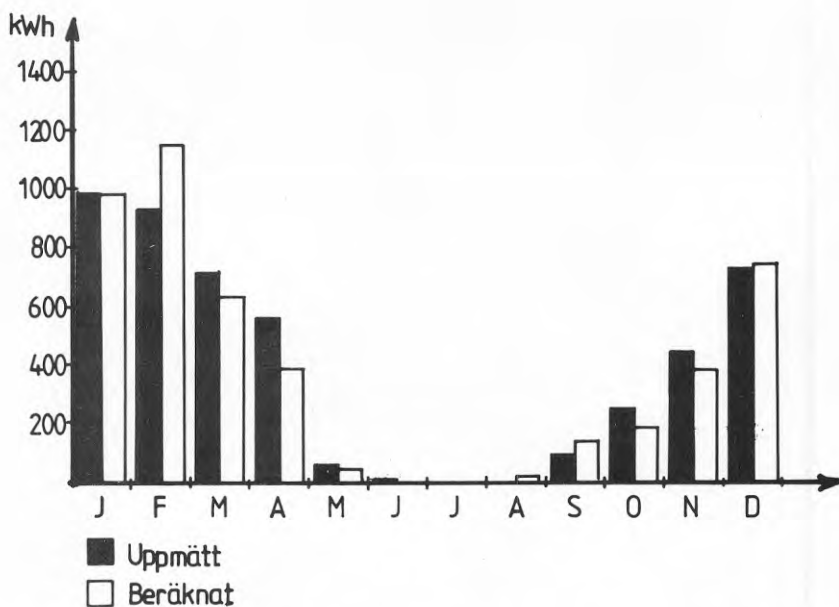
För att kunna analysera och jämföra energibalansen för experimentlägenheterna i detalj utnyttjades energiberäkningsprogrammet STAWAD-SP (Ståhl 1982, Wader 1984 se bilaga 18). Det första steget var att se hur exakt STAWAD-SP kan beräkna de uppmätta värdena på tillförd värme från uppvärmningssystemet för mätåret 1986. För detta ändamål användes som ingångsdata till STAWAD-SP uppmätta värden på:

- luftflöde i ventilationskanaler
- luftflöde genom glasrum
- oavsiktlig ventilation, som inkl. vädring uppskattats till 0,05 oms/h under vinterhalvåret
- innetemperatur, där månadsmedelvärden under vintern använts som rumstermostatinställning
- innetemperatur i grannlägenhet, veckomedelvärden
- utetemperatur, timmedelvärden
- lufttemperatur i glasrum, timmedelvärden
- lufttemperatur i gavelförråd, timmedelvärden
- temperatur i marken under huset, veckomedelvärden
- solinstrålning på det horisontella planet, timmedelvärden
- de boendes närvaro multiplicerad med 80 W per person
- hushållselförbrukning med ett avdrag på 50 W för fläkten.

Vid beräkningarna studerades 3 av de 16 lägenheterna. En driftsprofil för varje månad har tagits fram, där dygnet delas in i fem perioder (kl. 0 - 6, 6 - 8, 8 - 16, 16 - 20 och kl. 20 - 24) med konstant gratisvärme. Det totala tillskottet av gratisvärme från personer under mätåret har uppskattats till 650 kWh i lägenhet B4, 800 kWh i lägenhet B6 och 2200 kWh i lägenhet C9. Ventilationen har antagits vara konstant under varje månad. Luftflödet genom glasrummet baserar sig på kontrollmätningar och de boendes anteckningar av tilluftsdonens inställning under året.

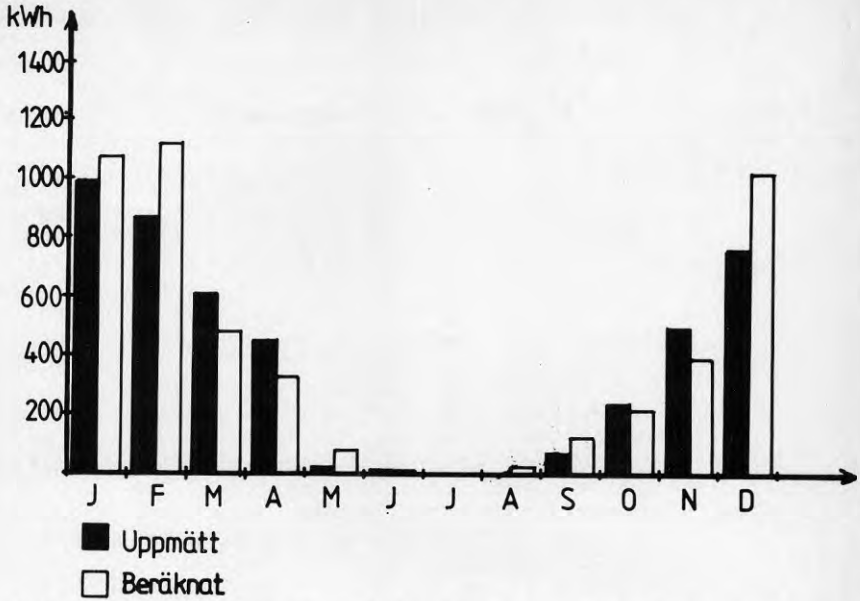


Figur 8.25a Uppmätt och beräknat uppvärmningsbehov för radhuslägenhet B4 (referens)

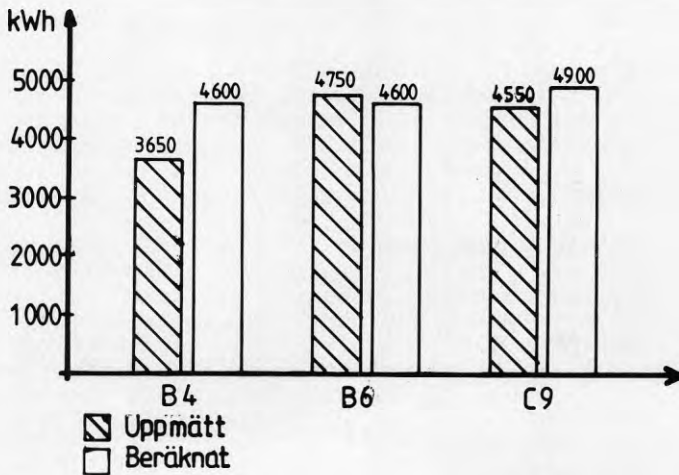


Figur 8.25b Uppmätt och beräknat uppvärmningsbehov för radhuslägenhet B6 (utan glasrum)





Figur 8.25c Uppmätt och beräknat uppvärmningsbehov för radhuslägenhet C9 ("utan betongstomme")



Figur 8.25d Uppmätt och beräknat totalt uppvärmningsbehov för 1986

Uppvärmningsbehovet redovisas månadsvis som medelvärde för lägenheterna i figur 8.25. Jämförelsen mellan beräknat och uppmätt värmebehov för tre lägenheter visar att uppmätt årsvärmebehov i genomsnitt (4325 kWh) är 8 % lägre än beräknat (4700 kWh). För lägenhet B6 visar beräkningmodellen god överensstämmelse med verkligheten även månadsvis, medan överensstämmelsen är sämre för de två andra lägenheterna. Den största avvikelsen föreligger för hus B4 under januari och februari, där ca 100 kWh av skillnaden kan hänföras till värme från en kakelugn. En korrektion av dessa månader ändrar 8 procent till 3 procent. Förklaringar till skillnaden mellan beräkning och mätning är osäkerheten i uppskattningen av personvärme, storleken på luftflödet genom glasrummet, valet av månadsmedelnetemperaturen som inställningen av termostaten. De uppmätta energiförbrukningarna per månad innehåller även de en osäkerhet bl a på grund av att de baserar sig på veckoavläsningar. Beräknade innetemperaturer stämmer överens med uppmätta utom under sommaren då STAWAD-SP överskattar innetemperaturen. Beräkningsmodellen har ansetts kunna användas för att beräkna årsvärmebehovet för de tre lägenheterna även under andra driftsförhållanden.

Därefter var det första steget att bestämma den energiförbrukning som erhålls om inget värmeutbyte sker med grannlägenheterna. I alla lägenheter utom C9 (utan betong) ökar årsvärmebehovet (se figur 8.26). För lägenhet B4 och B6 ökar uppvärmningsbehovet med 40%. Ökningen beror på att lägenhetskiljande väggar är oisolerade och att grannarna håller en högre innetemperatur.

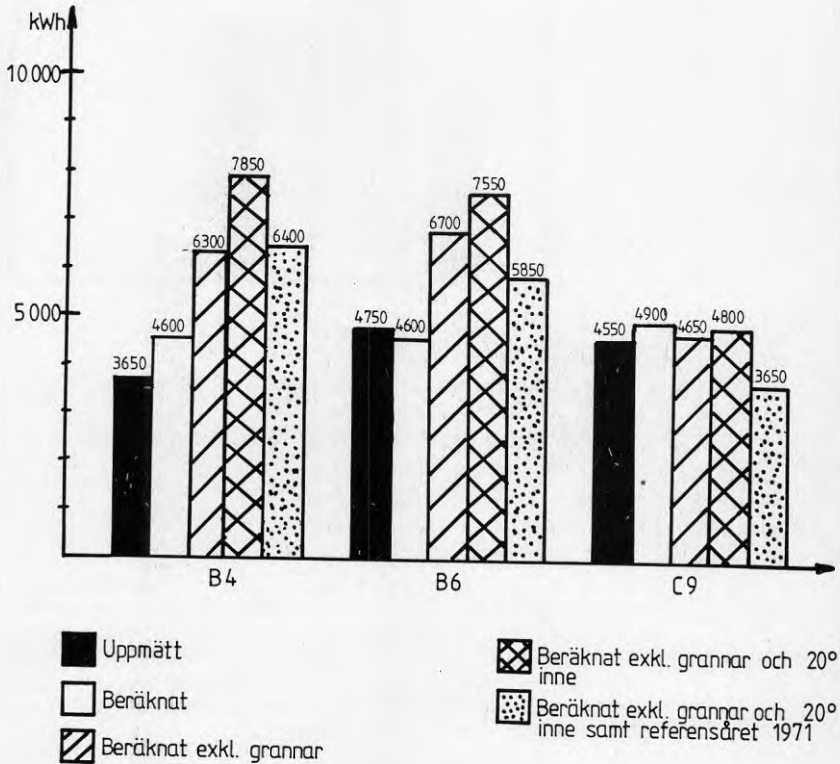
Det andra steget var att undersöka vilken energiförbrukning som erhålls om rumstermostaterna i alla lägenheter är inställda på +20° C. Medelvärdet på årsvärmebehovet ökar då med 850 kWh från 5900 kWh till 6750 kWh (se figur 8.26). Det tredje steget var att ändra klimatförutsättningarna, eftersom mätåret var kallare än vad som är normalt. Referensåret 1971 för Stockholm medförde en sänkning av årsvärmebehovet med 1450 kWh till 5300 kWh (se figur 8.26).

För att kunna göra en rättvis jämförelse med den projekterade energiförbrukningen måste ytterligare korrigeringar göras, nämligen öka hushållselförbrukningen till 5 000 kWh och ändra personvärmen till 1300 kWh (se figur 8.27). Det på detta sätt beräknade genomsnittliga årsvärmebehovet blir 3750 kWh, som skall jämföras med "KLIMAT-förbrukningen" (se kap 6) på 1950 kWh.

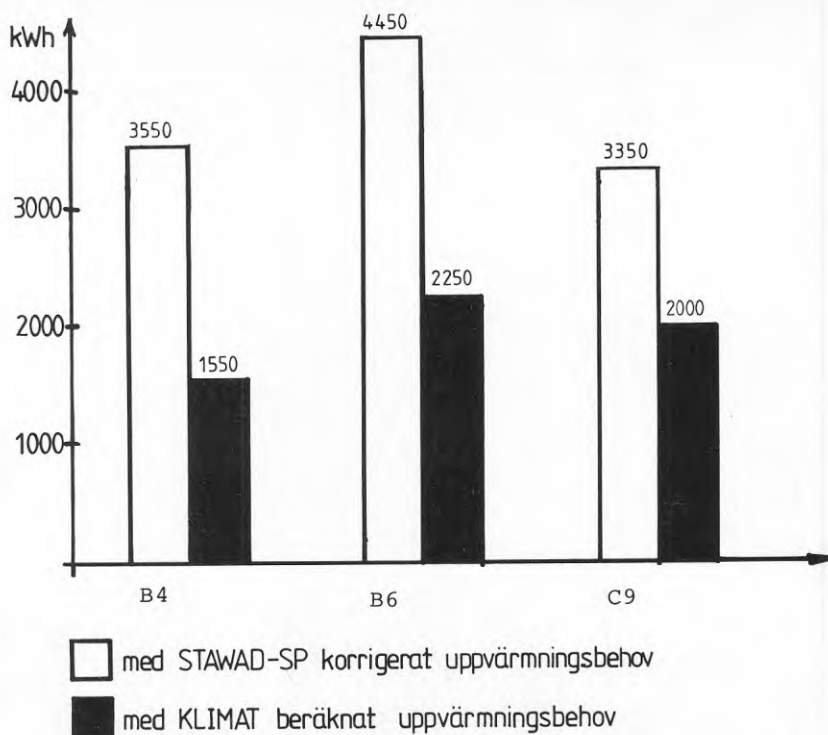
Skillnaden, som diskuteras mer i detalj i de följande avsnitten, beror framför allt på att glasrummet och den tunga byggnadsstommen medförde en lägre energibesparing än förväntat och att den totala ventilationen i praktiken blev högre än projekterat. En sänkning av

ventilationen till korrekt nivå skulle ändra 3750 till 3250 kWh.

Skillnaden beror även på olikheter i boendevanor, som påverkar gratisvärmens fördelning under dygnet och glasrummets användning.

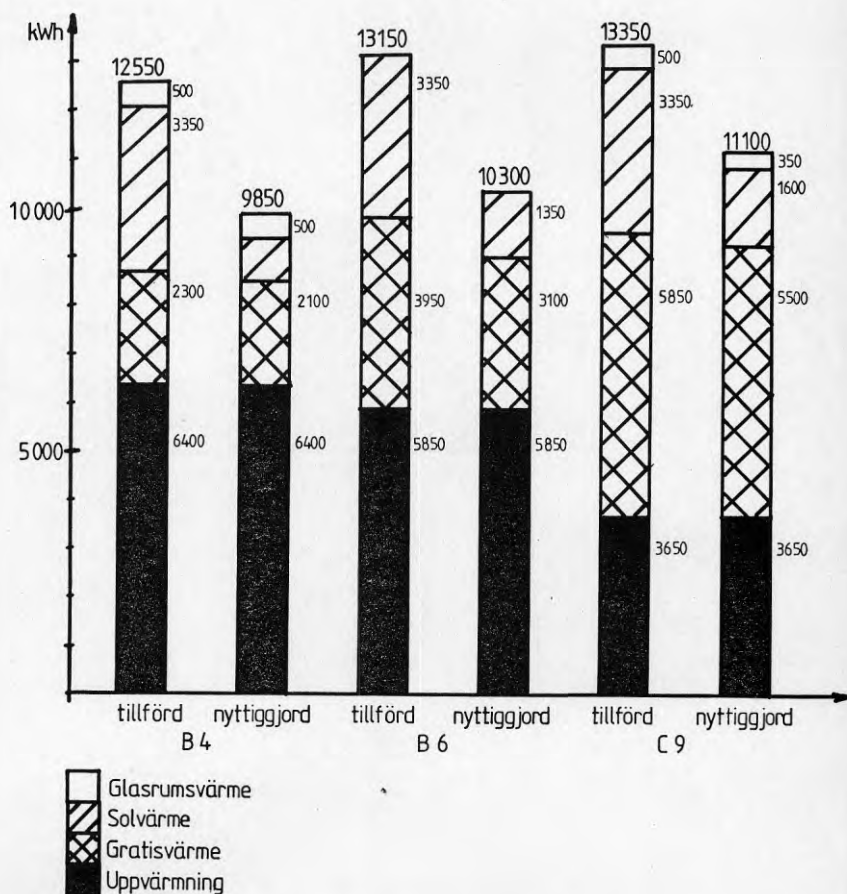


Figur 8.26 Uppmätta och beräknade totala uppvärmningsbehov



Figur 8.27 En jämförelse mellan uppvärmningsbehov enligt projektering (KLIMAT-beräkning) och enligt mätning och utvärdering (STAWAD-SP-beräkning). Värdena gäller under förutsättning att 5000 kWh hushållsel förbrukas och 1300 kWh personvärme tillföres under referensåret 1971. OBS! Olika dygnsprofiler har använts vid STAWAD-SP-beräkningarna.

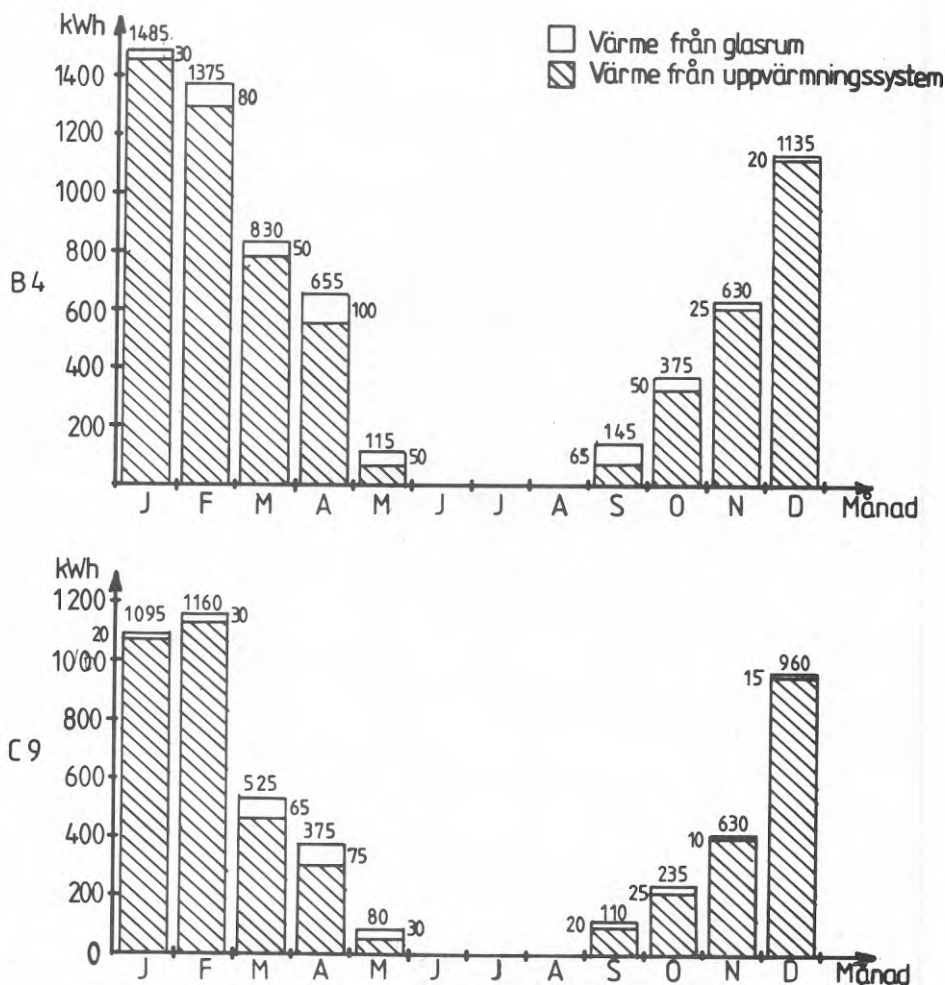
De olika bidragen till husens uppvärmning beräknades med antagandet att intern gratisvärme (från hushållsel och personer) tillgodogörs före solvärme (se figur 8.28). Detta är ett rimligt antagande då man betänker att tillförseln av solvärme, men inte av intern gratisvärme, kan begränsas genom t ex avskärmning. Av tillförd gratisvärme på i medeltal 4050 kWh tillgodogörs 3650 kWh för husets uppvärmning. Mellanskillnaden höjer inomhustemperaturen över  $+20^{\circ}\text{C}$  eller vädras bort. Under ett år kommer 3350 kWh solvärme in genom fönstren och därav tillgodogörs 1300 kWh. De resterande 5300 kWh tillförs av uppvärmningssystemet. Skillnaden i utnyttjandegraden av solvärme beror framförallt på olika fördelning i tiden av intern gratisvärme och på skillnaden i storlek på det totala uppvärmningsbehovet.



Figur 8.28 Tillförd och nyttiggjord uppvärmningsenergi enligt mätning och utvärdering för de tre radhuslägenheterna. Värdena gäller för referensåret 1971 och med en innetemperatur på  $+20^{\circ}\text{C}$ .

### Glasrum

Glasrummet bidrar på två sätt till ett sänkt uppvärmningsbehov. Dels genom att tilluften förvärms och dels genom att transmissionsförlusterna minskas. För mätåret 1986 har reduktionen i ventilationsförluster med hjälp av antalet gradtimmar beräknats till ca 400 kWh för lägenhet B4 (referens) och ca 350 kWh för lägenhet C9 (utan betong). Dessa värden skall jämföras med de totala ventilationsförlusterna på ca 5 500 kWh under eldningssäsongen (24 september - 8 maj). Reduktionen i transmissionsförluster blir



Figur 8.29 Värmebidrag från glasrum (minskade transmissionsförluster och förvärmning av tilluft och uppvärmningssystem för radhuslägenhet B4 och C9.

för samma period ca 200 kWh för lägenhet B4 och ca 250 kWh för lägenhet C9. Energiförlusterna minskar alltså totalt med ca 600 kWh. Minskningen i energiförbrukning för uppvärmning har med STAWAD-SP bestämts till 550 kWh för lägenhet B4 och med 350 kWh för lägenhet C9. Den största besparingen erhålls under våren och hösten (se figur 8.29). Dessa värden baserar sig på mätningar som visar att 1/4 av tilluften kommer in i lägenheterna via glasrummet, när ventilationsöppningarna mellan glasrum och lägenhet är öppna. Anteckningar förda av de boende om positionen hos öppningarna under året har utnyttjats vid beräkningarna.

Glasrummet bidrar med energi till bostaden, men minskar också solvärmestillskottet genom direkt solinstrålning. Denna minsknings inverkan på behovet av köpt energi torde dock kunna försummas då det endast rör sig om 1,8 m<sup>2</sup> glasyta mot söder som täcks av glasrummet jämfört med 6 m<sup>2</sup> glasyta mot söder som är utanför glasrummet. Glasrummet har dessutom förutsatts reducera den direkta solinstrålningen genom de 1,8 m<sup>2</sup> med hälften. Ovannämnda energibidrag från glasrummet antas gälla även för referensåret, eftersom mätåret och referensåret har ungefär samma solinstrålning och eftersom mätåret har varit kallare framför allt under januari och februari, då solbidraget är mycket litet.

Den ursprungliga målsättningen i projektet var att med mätningar kunna bestämma energibesparingen p g a glasrummet. En av mätlägenheterna (B6) saknade nämligen glasrum under mätåret. Mycket olika boendevanor omöjliggjorde en sådan mer direkt bestämning. Tillvägagångssättet blev istället att anpassa beräkningsprogrammet STAWAD- SP till mätvärdena (se avsnittet om energibalans) och därefter med programmet och handberäkningar beräkna uppvärmningsbehovet med temperaturen i glasrummet satt lika med utetemperaturen.

En jämförelse med andra experimenthus med glasrum visar på energibesparingar av samma storleksordning. I "SPARSAM-projektet" - småhus där all tilluft tas via ett större glasrum - redovisar man en besparing i köpt energi på högst 1000 kWh/år (Elmroth 1987). I "Smålands Tabergsprojektet" - lägenheter på 106 m<sup>2</sup> där ingen tilluft tas via glasrummet - har energibesparingen bestämts till 200 kWh/år köpt energi (Fredlund 1987). I lägenheterna i Karlstad kunde förmodligen energibesparingen tack vare glasrummet ökas något om en större andel av tilluften kom denna väg. En ökad förvärmning av tilluften medför emellertid en sänkning av temperaturen i glasrummet, vilket i sin tur något ökar transmissionsförlusterna.

Temperaturen i glasrummet varierar kraftigt under året. Stora dygnsvariationer kan iakttagas, eftersom temperaturen ökar så snart som solen visar sig, även kalla vinterdagar (se figur 8:30 bilaga 16). Temperaturen sjunker också när solen försvinner. Värmeförluster

från bostadsdelen bidrar endast till 2-3 graders höjning vid kall väderlek. Orsaken är att väggen mellan bostadsdelen och glasrummet är mycket bättre värmeisolerad än glasrummet. Framförallt under vår och höst är glasrummet behagligt att vistas i med hänsyn till temperaturen. Dygnsmedeltemperaturen i glasrummet är alltid högre än utetemperaturen.

### Tung byggnadsstomme

Ett hus med tung byggnadsstomme är mer energisnålt än ett hus med lätt byggnadsstomme och samma isoleeringsgrad, om det kan antas att solvärme och intern gratisvärme kan lagras i stommen för utnyttjande när värmebehov föreligger. Detta fungerar dock endast om vissa svängningar i innetemperaturen tolereras.

Övertemperaturer vid t ex kakelugnseldning i en bostad kan undvikas. Temperaturen stiger inte så mycket i ett hus med tung stomme. Värmeenergin tas upp av stommen och kan tas ut under längre tid.

I en av mätlägenheterna (C9) hade betongstommen tilläggsisolerats på insidan med 5 cm polyuretan cellplast. Direkt från mätresultaten går det inte att avläsa någon skillnad i energiförbrukning. Detta beror på de stora skillnaderna i boendevanor i mätlägenheterna. I tidigare avsnitt har visats att beräkningsprogrammet STAWAD-SP ger en rimlig uppskattning av det uppmätta förloppet. STAWAD-SP har använts för att bestämma energibehovet med och utan invändig tilläggsisolering.

Energibesparingen i form av köpt energi har på detta sätt bestämts till ca 50 kWh/år för lägenhet B4, ca 0 kWh/år för lägenhet B6 och ca 300 kWh/år för lägenhet C9. En beräkning helt utan betong i väggar och tak visade en större besparing framförallt i lägenhet B4 (300 kWh/år) och lägenhet B6 (150 kWh/år), medan besparingen blev 350 kWh/år i lägenhet C9. Beräkningarna visar den största besparingen under vår och höst. När uppvärmningsbehovet är som störst ger internvärmern (gratisvärmern) inget överskott som kan lagras. Innetemperaturen är i det närmaste konstant. Under den del av året då solinläckningen genom fönstren ger nämnvärda överskott är uppvärmningsbehovet alltför litet för att värmelagring skall ge någon större besparing. Detta gäller för bostäder som är välisolerade och med måttlig intern värme (se även Isakson 1984), såsom Tuggelite-lägenheterna. I beräkningarna har inte antagits någon extra vädring.



Den största fördelen med en tung byggnadsstomme torde vara en viss utjämning av svängningarna i inomhustemperaturen, jämnare klimat framför allt på sommaren.

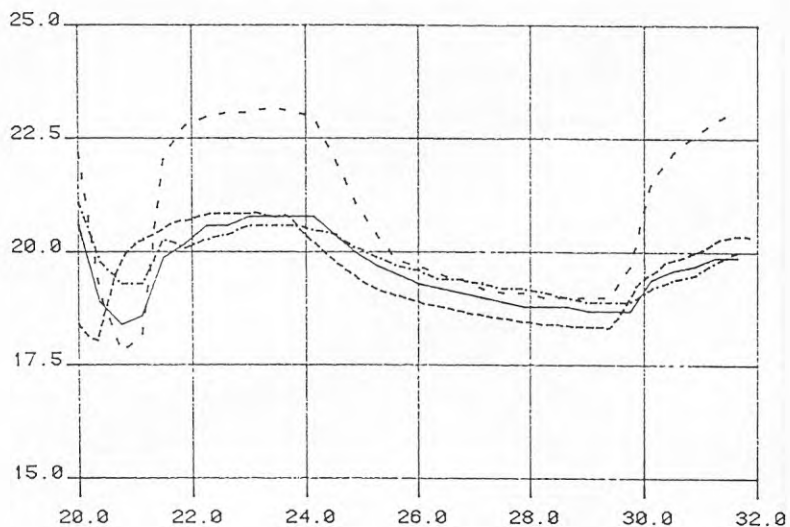
### Inomhusklimat

Eftersom det endast finns två radiatorer på bottenvåningen och en handukstork på ovanvåningen och fläktar i mellanbjälklaget för att säkerställa en jämn temperaturfördelning inom lägenheten har en av huvudfrågorna varit: hur blir inomhusklimatet? Spridningen i innetemperaturen mellan olika rum är mycket måttlig, skillnaden blir sällan större än två grader och då förmodligen beroende på boendevanor. Temperaturen är ofta densamma på ovanvåningen och bottenvåningen. Ovanvåningen blir sällan mer än en grad varmare än bottenvåningen. Cirkulationsfläktarna i mellanbjälklaget påverkar inte dessa förhållanden i någon större utsträckning. Under vinterhalvåret kan för det mesta rumstemperaturen  $+20^{\circ}\text{C}$  hållas i hela huset, men temperaturgradienten i höjddled är ofta i största laget (3 grader) i bottenvåningen. Under sommarhalvåret överstiger innetemperaturen mycket sällan  $+25^{\circ}\text{C}$ . Vädring förekommer dagligen under sommarhalvåret.

Ventilationen fördelas tämligen väl inom huset (se avsnittet om luftomsättning ovan). De boende kan kontrollera var ca 1/4 av friskluften kommer in, när alla fönster och dörrar är stängda. Den resterande friskluften kommer in genom otätheter. En bättre kontroll av var friskluften kommer in skulle uppnås om lägenheterna vore tätare.

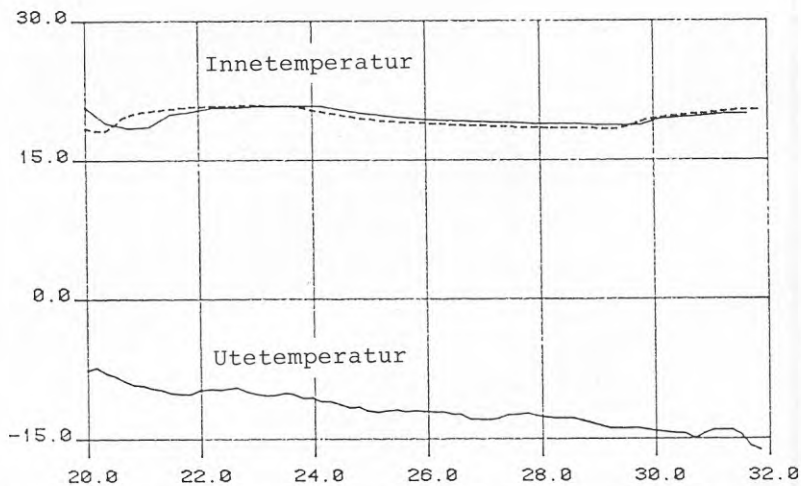
Vid några tillfällen har det termiska klimatet vid fönster detaljstuderats. Inneklimatet mättes upp under en vinterdag på tre olika höjder (0,1 m, 1,1 m och 1,7 m över golvet, se figur 8.31 och tabell 8.32). Detta gjordes 0,6 m framför fönster i matvrån, i vardagsrummet och i ett sovrum på ovanvåningen. Alla tillluftsdon till glasrummet var öppna. Så länge som uttemperaturen ej understiger några minusgrader så har strålnings-, lufttemperaturen, den operativa temperaturen och lufthastigheten godtagbara värden. Risk för kallras kan emellertid finnas framför fönsterdörren till glasrummet om tilluftsdonet där är öppet och uttemperaturen sjunker under 10 - 15 minusgrader.

GRAD C INNEKLIMAT I KARLSTAD (LGH B6) 870223-4.  
 - - - OPERATIV-, — INNETEMP.  
 - - - STRÄLNINGSTEMP. MOT FÖNSTER.  
 - . . . - STRÄLNINGSTEMP. MOT RUM.



Figur 8:31a. Inneklimatet i matvrån i radhuslägenhet B6 mellan kl 20 och kl 6.

GRAD C INNEKLIMAT I KARLSTAD (LGH B6) 870223-4.



Figur 8:31b. Inne- och utetemperatur under inneklimatmätningen redovisad i figur 8:31a.

Tabell 8.32 Uppmätt termiskt inneklimat i lägenhet B6, på 1,1 m höjd och 0,6 m framför fönster. Underkant fönster befinner sig på 0,95 m höjd.

	Sovrum ö.v.	Vardagsrum	Rekommendationer enligt ISO 7730
Lufttemperatur	20,7°C	20,3°C	20-24°C
Medelstrålningstemp mot yttervägg	20,0	17,6	Skillnaden får inte vara större än 10°C på 0,6 m höjd
Medelstrålningstemp inåt rummet	20,5	20,0	
Globtemp	20,9	20,2	
Lufthastighet	0,04±0,04	0,0±0,06	max. 0,15 m/s
Utetemp	- 6,3°C	- 6,5°C	
Anm.:		En fönsterdörr och ett öppet tilluftsdon ovan fönster ingår i vardagsrumsmätningen.	

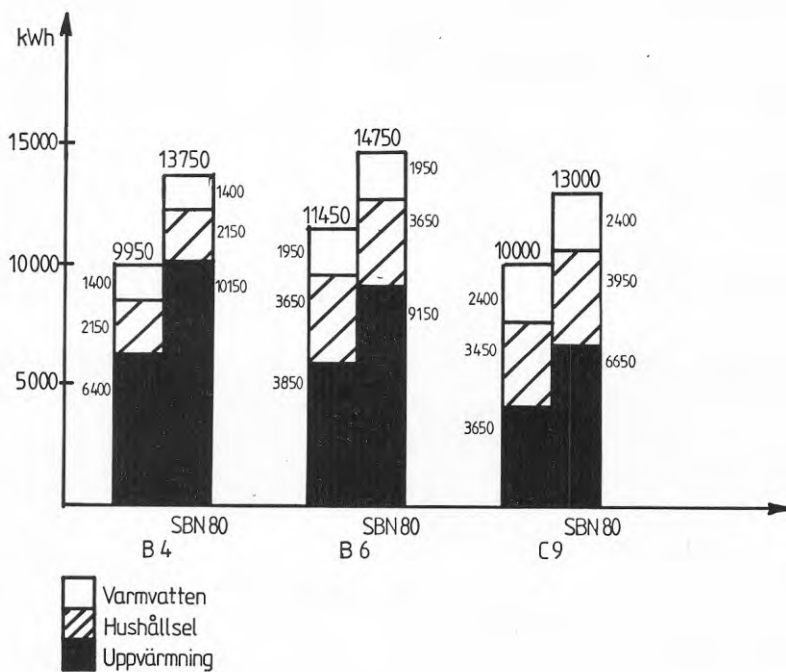
Energijämförelse med traditionell bebyggelse (SBN80)

För att jämföra experimentlägenheterna med en SBN-80 lägenhet korrigerades den uppmätta energibalansen med hjälp av beräkningsprogrammet STAWAD-SP. De nya energibalanserna gäller för en klimatskärm värmeisolerad enligt SBN-80. STAWAD-SP användes sedan för att beräkna energibalansen för en SBN-80 lägenhet med samma driftförhållande som för experimentlägenheterna. SBN-80 lägenheten är identisk med experimentlägenheterna frånsett sin lägre värmeisoleringsnivå (se tabell 8.33).

Tabell 8.33 Specifika transmissionsförluster (W/K) för experimentlägenheterna, dels med verklig värmeisolering och dels med värmeisolering enligt SBN 80.

	Lgh B4 (ref)	Lgh B6 (u glasr)	Lgh C9 (u btg)	Lgh SBN 80
Väggar	11,8	8,0	8,0	19,2
Tak	5,3	5,3	5,3	10,5
Golv	8,6	8,6	8,6	18,3
Fönster (exkl. persienner)	26,5	27,0	26,5	33,2
Summa	52	48,5	48	81

En jämförelse i köpt energi visar att SBN-80 lägenheten kräver 30 % mer än experimentlägenheterna (se figur 8.34). Energibalanserna för husen visar att uppvärmningsbehovet sjunker markant från SBN-lägenheten till experimentlägenheterna, vilket helt beror på skillnaden i värmeisoleringsnivå.



Figur 8.34 Förändringen i köpt energi om radhuslägenheter modifieras till att motsvara kraven i SBN 80. Värdena gäller för referensåret 1971. Varmvattenförbrukningen inkluderar tomgångsförluster på ca 1000 kWh/år, som inte bidrar till uppvärmningen.

## 9. BILAGOR

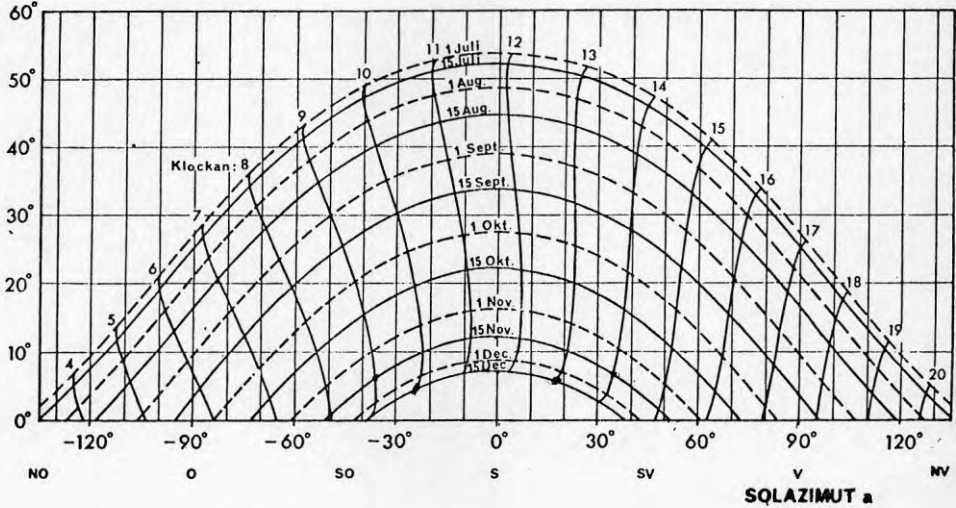
### INNEHÅLL

Bilaga	sid
1. Solhöjdsdiagram	77
2. Solinfallsberäkning	79
3. Samband mellan instrålad solenergi och avstånd mellan hus	88
4. Fönster	91
5. Fönsterluckor	92
6. Solavskärmning	93
7. Behov av tillsatsenergi vid olika isolering	98
8. Ritningar	100
9. Tung stomme	101
10. Glasrum	103
11. Principschema VVS	104
12. Alternativa konstruktioner	109
13. Uppmätt ventilation	119
14. Mätpunkter för ventilationsmätningar	127
15. Uppmätta frånluftsflöden	131
16. Uppmätta medeltemperaturer	132
17. Mätssystemet	144
18. Energiberäkningsprogrammet STAWAD-SP	147



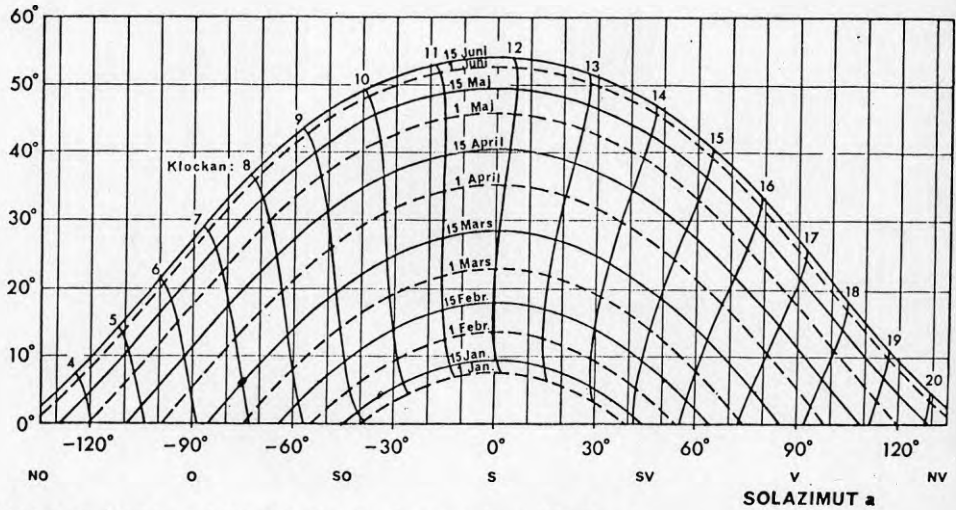
SOLHÖJDSDIAGRAM

SOLHÖJD h



Solens läge i Stockholm 1 juli - 15 december

SOLHÖJD h



Solens läge i Stockholm 1 januari - 15 juni





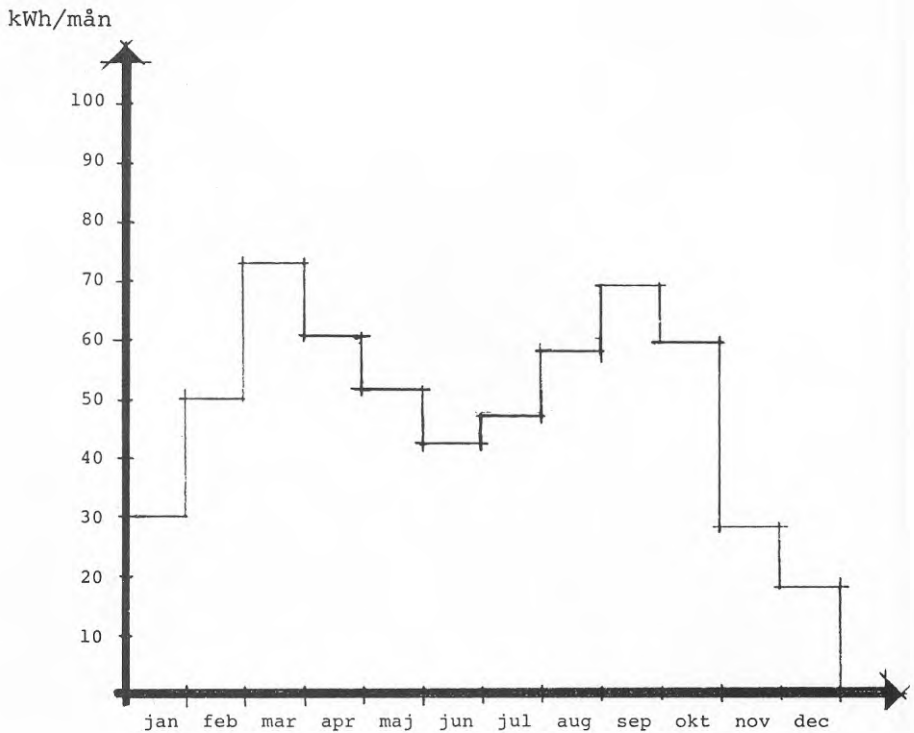
## SOLINFALLSBERÄKNING

Beräkning av solinfallet per månad genom ett 1 m<sup>2</sup> stort, ej avskärmat treglasfönster i Karlstad.

Beräkningen är gjord med CCF-faktorer enligt J Lind "Enkla program för beräkning av värmebalans", BFR-rapport R73:1981.

Latitud:	59,2 <sup>o</sup>
Reflektionsfaktor, mark	0,25
Azimut (avvikelse från söder):	0 <sup>o</sup> , 10 <sup>o</sup> , 20 <sup>o</sup> , 30 <sup>o</sup> , 40 <sup>o</sup> , 50 <sup>o</sup> , 60 <sup>o</sup> , 70 <sup>o</sup> , 80 <sup>o</sup> , 90 <sup>o</sup>
Horisontavskärmning:	0 <sup>o</sup> , 5 <sup>o</sup> , 10 <sup>o</sup> , 15 <sup>o</sup> , 20 <sup>o</sup> , 25 <sup>o</sup>

Beräkningen redovisas i diagramform på följande sidor.



Solinfall per månad och  $m^2$  treglasfönster under ett normalår.

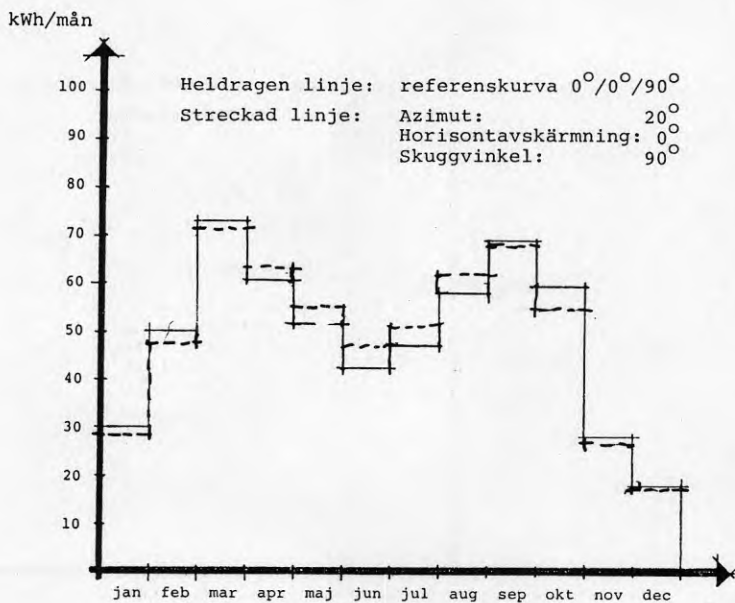
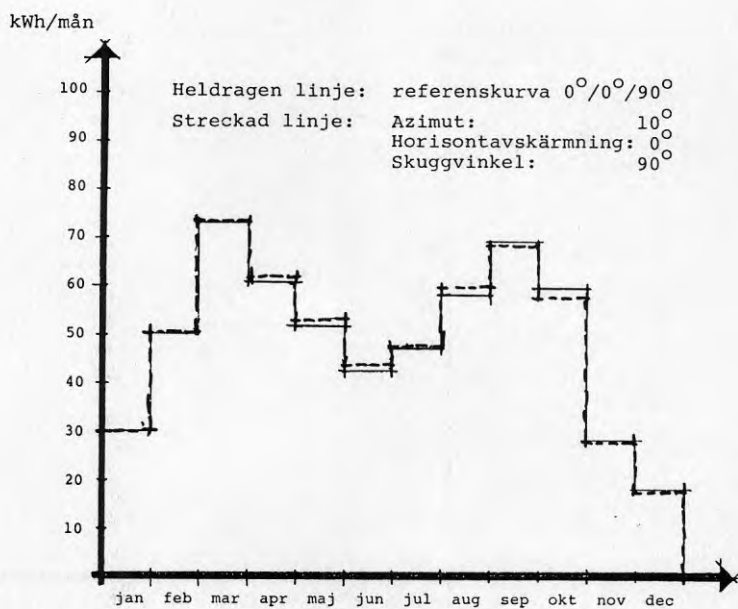
Azimut:	$0^\circ$	$0^\circ$	(referens)
Horisontavskärmning:	$0^\circ$		(referens)
Skuggvinkel:	$90^\circ$		(referens)

Förklaring:

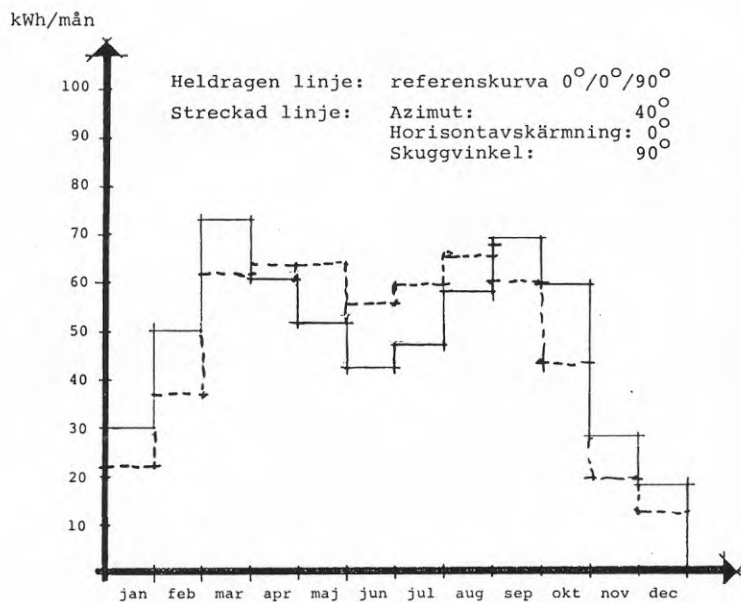
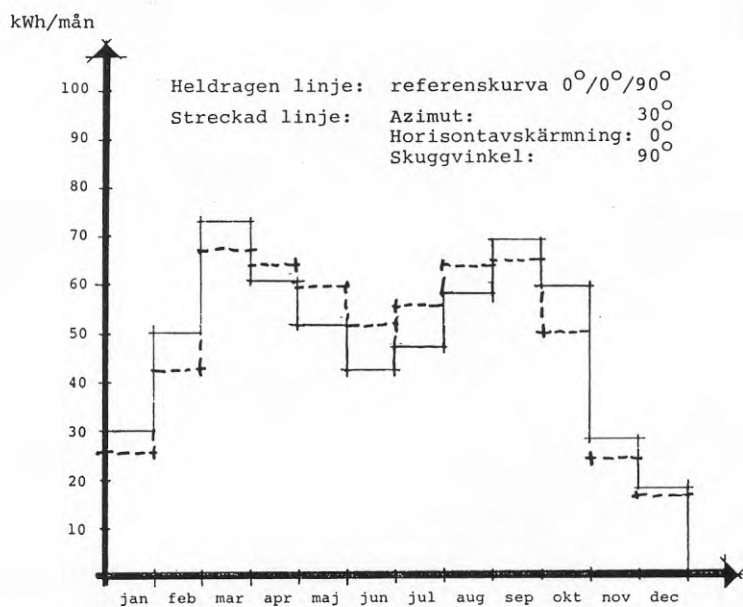
Azimut  $0^\circ$  innebär att fönstret ligger rakt mot söder, vinkelrätt mot "norrpilen".

Horisontavskärmning  $0^\circ$  innebär att det inte finns några skuggande föremål på marken (buskar, träd, hus etc) ivägen för solinstrålningen.

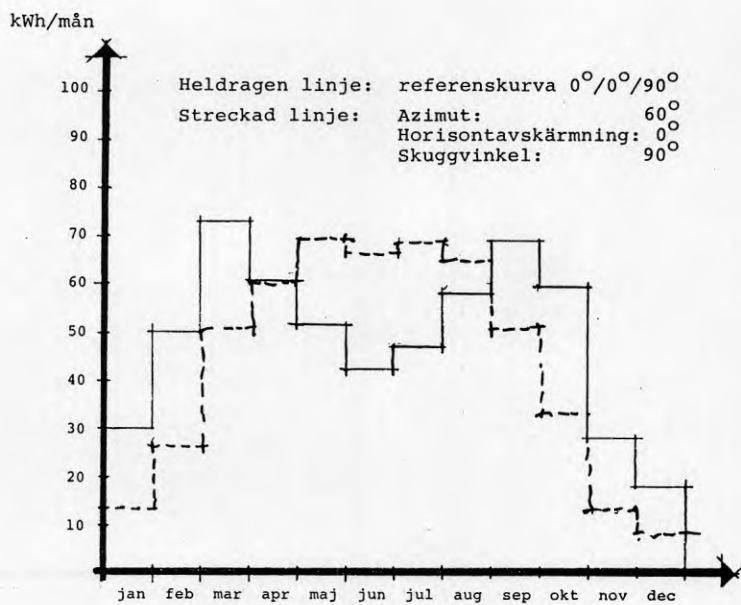
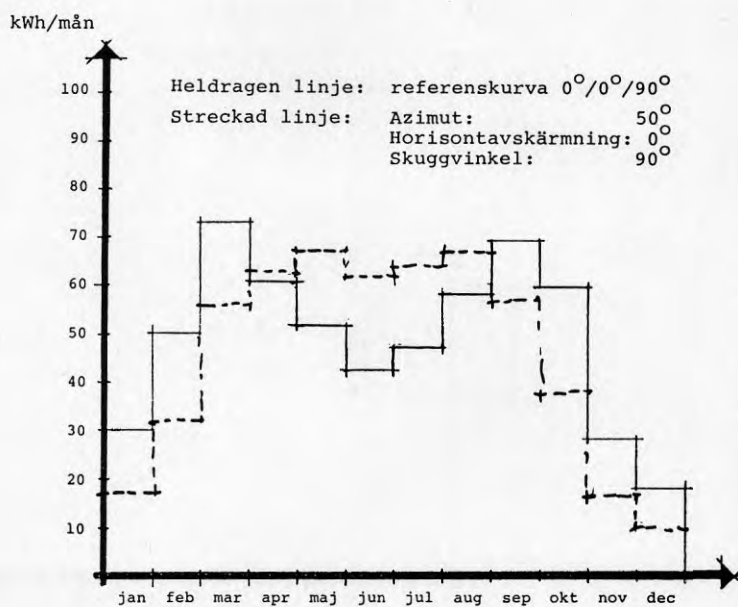
Skuggvinkel  $90^\circ$  innebär att fönstren inte har någon solavskärmning alls.



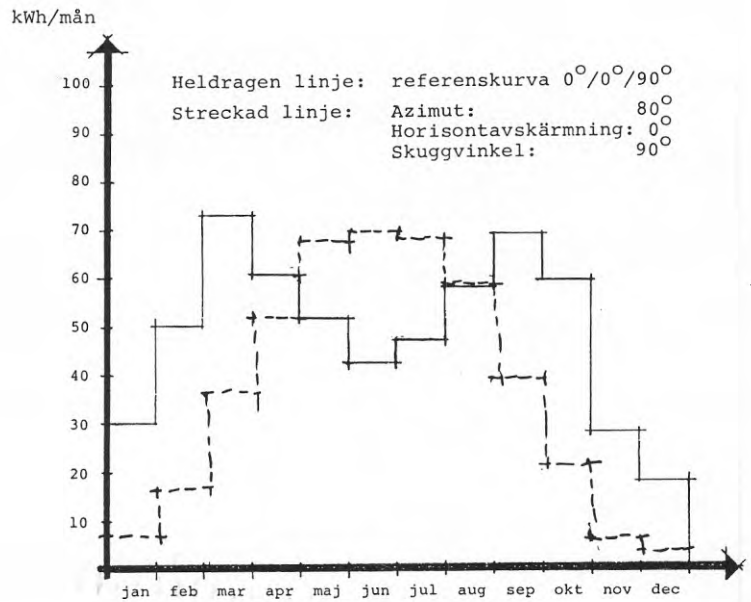
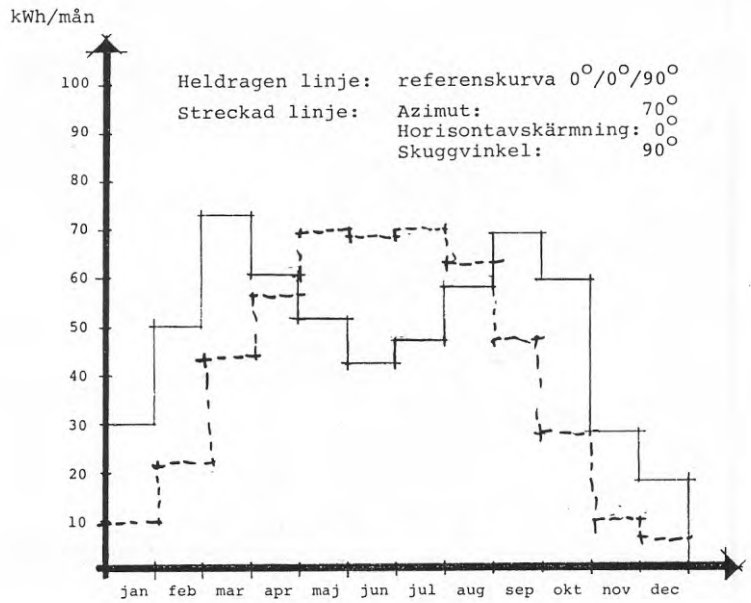
## Bilaga 2:4

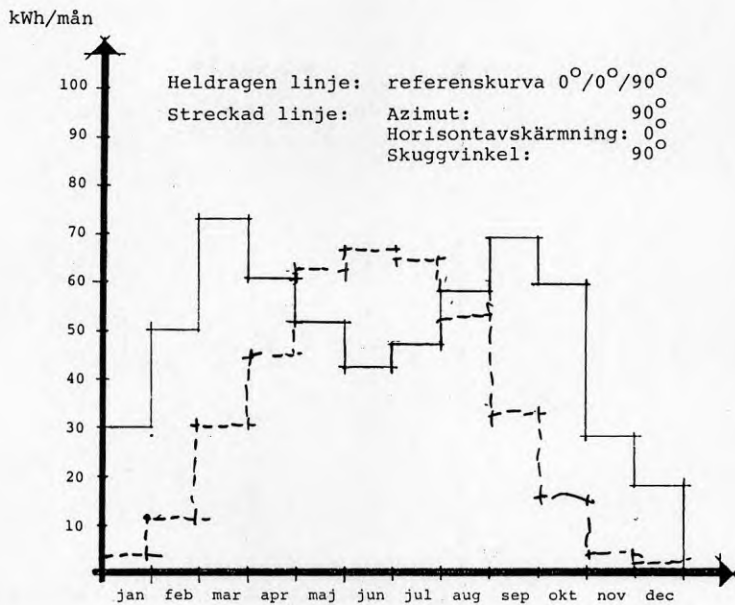


## Bilaga 2:5

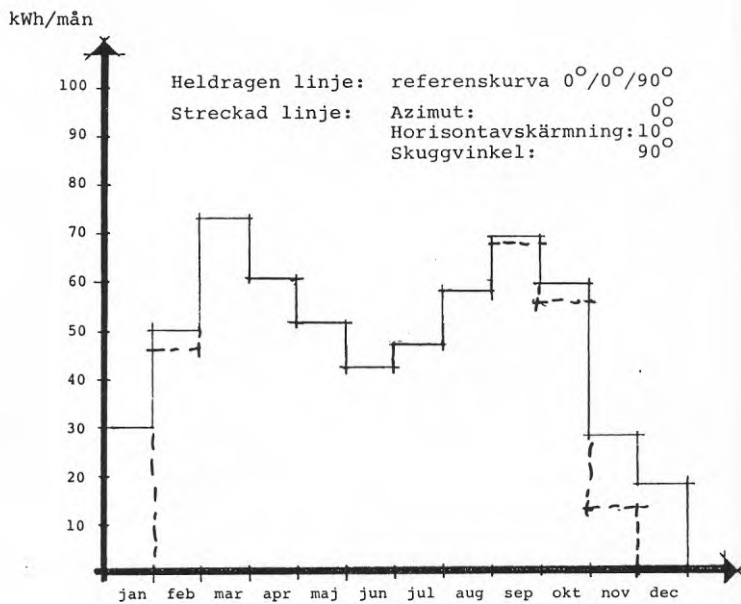
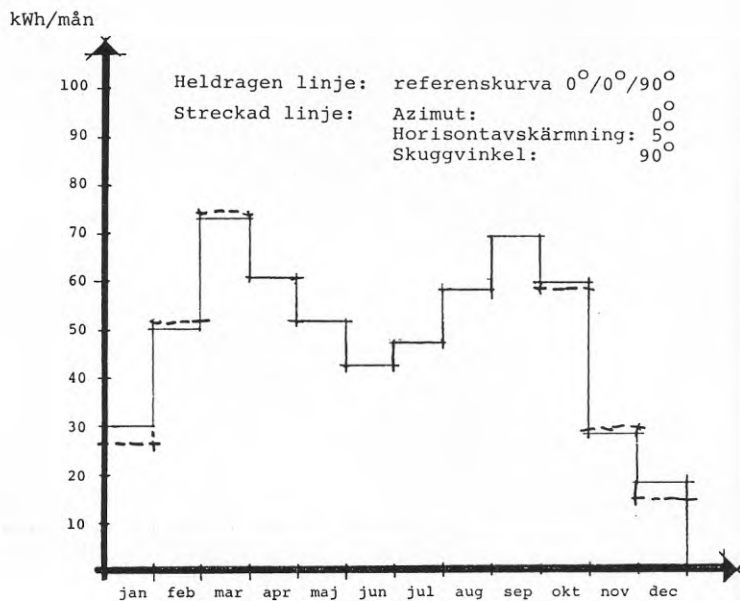


## Bilaga 2:6

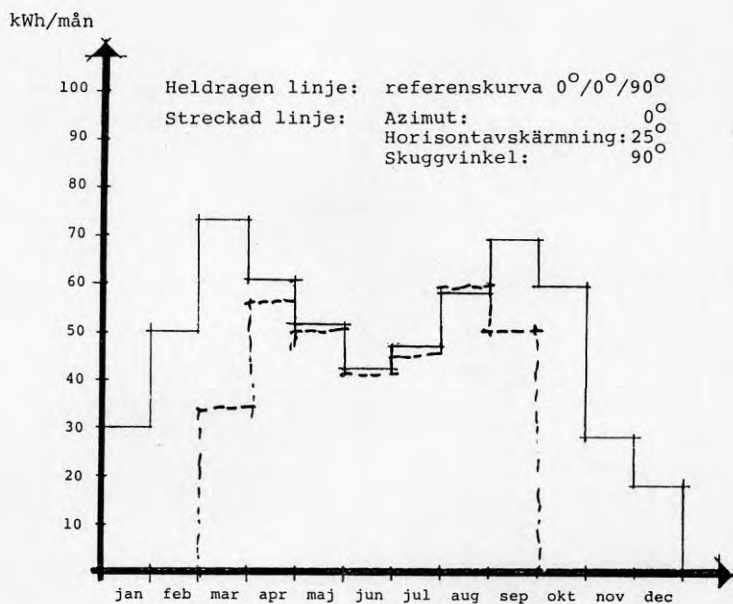
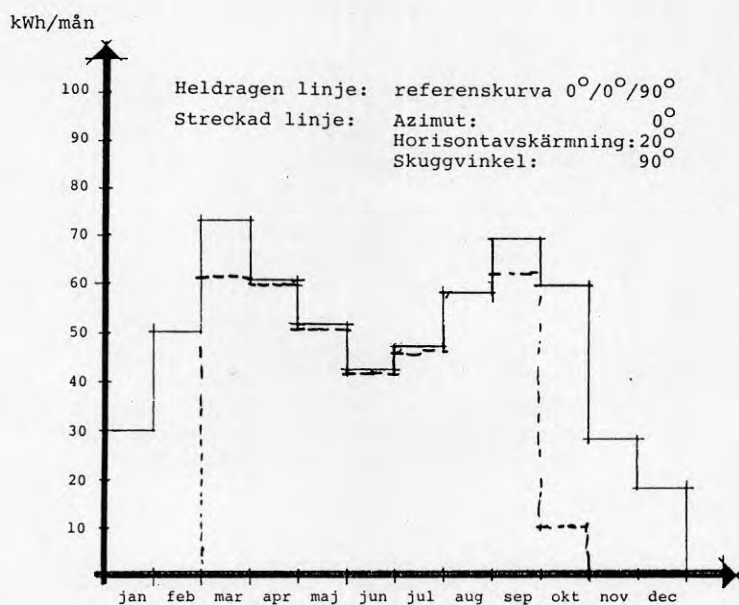




## Bilaga 2:8







Bilaga 3:1

## SAMBAND MELLAN INSTRÅLAD SOLENERGI OCH AVSTÅND MELLAN HUS

Beräkning

För varje fönster har den verkliga horisontalavskärmningsvinkeln beräknats. Aktuell fönsterarea har multiplicerats med instrålad solenergi enligt bilaga 2 (må-nadsmedelvärde). Därefter har genomsnittsvärdena för samtliga lägenheter beräknats.

Förenklingar och antaganden

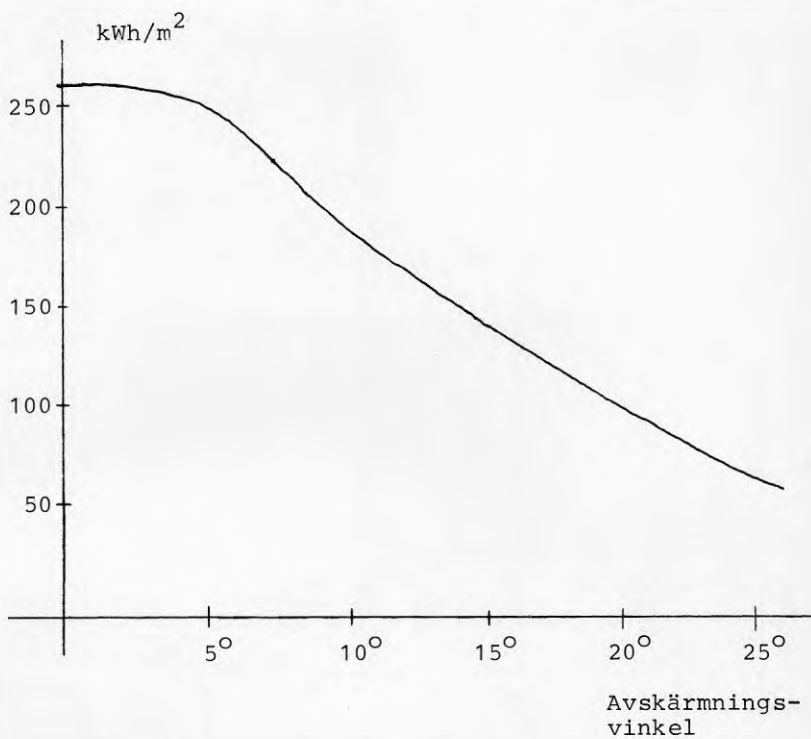
- Någon "yttre" horisontavskärmning har inte medtagits i beräkningen. Det första huset i raden av hus har ansetts ligga oavskärmat.
- Alla hus har ansetts ligga i rakt sydlig riktning.
- Tomten har antagits luta i genomsnitt 1:40.
- Avståndet mellan husen har antagits vara lika.

Resultatet av beräkningarna är sammanställd på följande sidor.

INSTRÅLAD ENERGI kWh/m<sup>2</sup>

Horisontal- avskärmning	0°	5°	10°	15°	20°	25°
Okt/2	30	29	28	22	5	0
Nov	29	27	14	0	0	0
Dec	18	14	0	0	0	0
Jan	30	26	0	0	0	0
Feb	51	51	46	26	0	0
Mar	74	74	73	67	61	34
Apr/2	31	31	30	30	30	27
Summa kWh	263	252	191	145	96	61

Uppvärmningssäsong 15/10 - 15/4



## SAMMANFATTNING



<u>Avstånd mellan husen</u>	<u>Instrålad energi per hus (snitt)</u>
10 m	2.570 kWh
15 m	2.870 kWh
20 m	3.100 kWh
30 m	3.270 kWh
50 m	3.400 kWh

## FÖNSTER

Inom mindre intervall kan energiförändringar beräknas som proportionell mot temperaturskillnaden ute/inne.

För ett tvåvåningshus i Karlstad är värmeförlusttalet  $k \cdot A + \dot{v} \cdot g \cdot c_p$  beräknat till 99 W/°C.

$$Q_{\text{uppv}} = (k \cdot A + \dot{v} \cdot g \cdot c_p) \cdot k_1 = B \cdot k_1$$

Enligt tidigare beräkning är  $Q_{\text{uppv}} = 4700$  kWh

$$\text{Alltså blir } k_1 = \frac{4700}{99} = 47,5$$

Treglasfönster med selektivt skikt har  $k = 1,5$ , vilket medför en förändring av  $k \cdot A$  med  $-5,2$  W/°C.

Ett nytt uppvärmningsbehov beräknas därefter till 4456 kWh.

10,4 m<sup>2</sup> 3-glas med selektivt skikt sparar 4700 - 4456 = 244 kWh gentemot vanligt 3-glas.

Minskad solinstrålning

Enligt glastillverkare minskas solinstrålningen med 5% med belagt glas jämfört med treglasfönster. Detta har betraktats som försumbart i våra beräkningar.

Förklaring

- $k$  = värmegenomgångstal (W/m<sup>2</sup> °C)
- $A$  = area (m<sup>2</sup>)
- $\dot{v}$  = luftflöde (m<sup>3</sup>/s)
- $g$  = densitet (kg/m<sup>3</sup>)
- $c_p$  = värmekapacitet (J/kg °C).

Bilaga 5

## FÖNSTERLUCKOR

Samma teori som i bilaga 4 användes.

Utan fönsterisolering:  $A = 10,4 \text{ m}^2$ ,  $k = 2$ .

Alltså:  $k \cdot A = 20,8 \text{ w/}^\circ\text{C}$ .

Fönsterluckor förbättrar k-värdet till 0,8  
(enl Folke Hagman). Fönsterluckor användes  
1/3 av tiden  $(1/3 \cdot 0,8 + 2/3 \cdot 2) \cdot 10,4 = 16,6$ .

Skillnad i värmeförlusttal =  $20,8 - 16,6 = 4,2 \text{ w/}^\circ\text{C}$ .

Detta ger minskat uppvärmningsbehov med ca 400 kWh.

#### SOLAVSKÄRMNING

Vid utnyttjande av passiv solvärme är det vanligt att man koncentrerar fönsterytorna mot söder för att få in så mycket sol som möjligt under eldningssäsongen.

Under icke-eldningssäsong är det viktigt att man ordnar solavskärmning, eftersom det är risk för övertemperatur sommartid. Taksprång är i vissa fall lämpligt att använda som solavskärmning.

För att undersöka taksprångets verkan som solavskärmning gjorde vi dels en datorberäkning, dels en enkel simulering med hjälp av en pappmodell, en fotolampa, Plejers solur och en polaroidkamera.

#### Solinfallsberäkning mot 1 m<sup>2</sup> fönsteryta

Metoden bygger på BFR-rapport R73:1981.

##### Förutsättningar:

Horisontavskärmning mot söder avtar då solen ej är i söderläge.

Skuggningens inverkan beskrives för parallella hus vända åt söder.

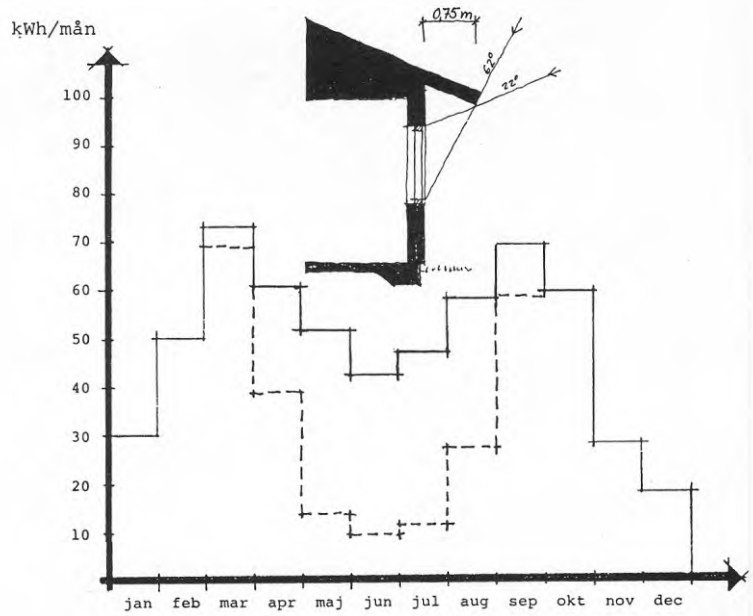
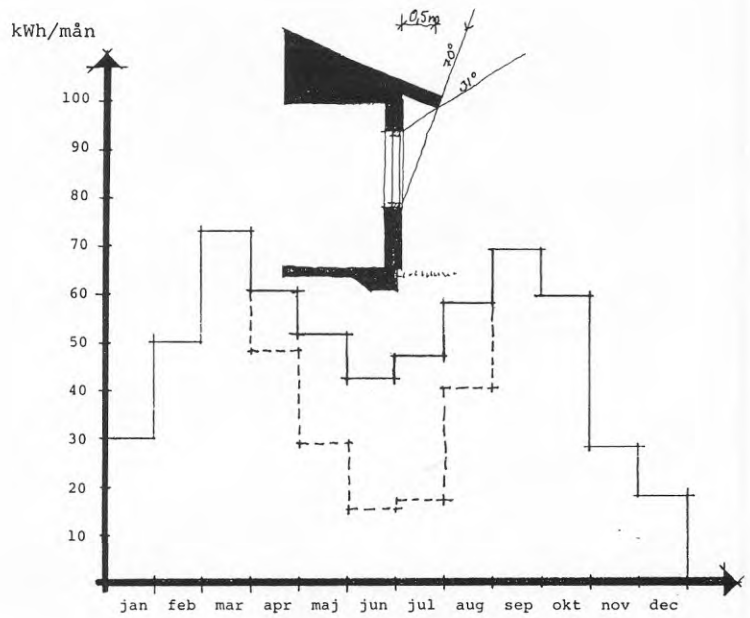
Fönsterhöjden är 1,1 m.

Avskärmningen är placerad 0,3 m ovanför fönstret.

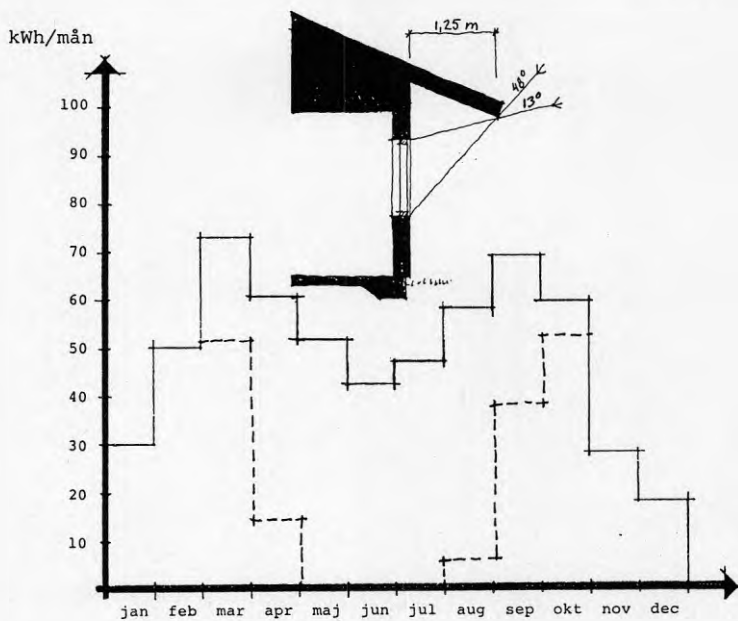
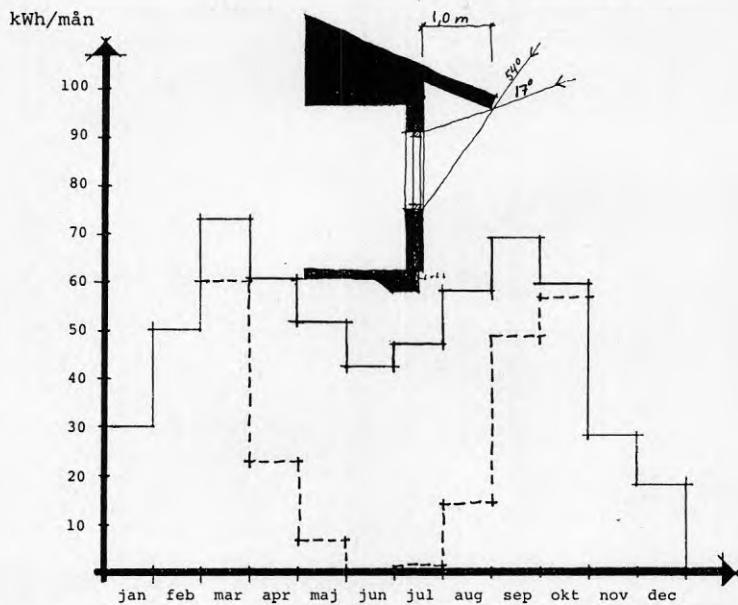
Beräkningen görs för längderna 0,5, 0,75, 1,0 och 1,25 m.

Resultatet redovisas på nästa sida.

Bilaga 6:2







## Bilaga 6:4

Modellstudier av skuggning från taksprång

Söderfasaden vetter mot SVV (azimut 23,7). Taksprångets storlek är räknat från fönsterglasets.

Tabell över skuggans längd i modellförsöket

Datum	20/3			20/5			20/6		
Klockslag	9	12	16	9	12	16	9	12	16
Taksprång									
0,6 m	0,4	0,35	0,2	H	0,8	0,45	H	1,0	0,6
1,0 m	0,5	0,6	0,3	H	1,3	0,8	H	1,8	1,1
1,4 m	0,6	0,8	0,4	H	1,9	1,1	H	2,1	1,4

0,4 etc skugglängd i meter

H = helt skyggad fasad

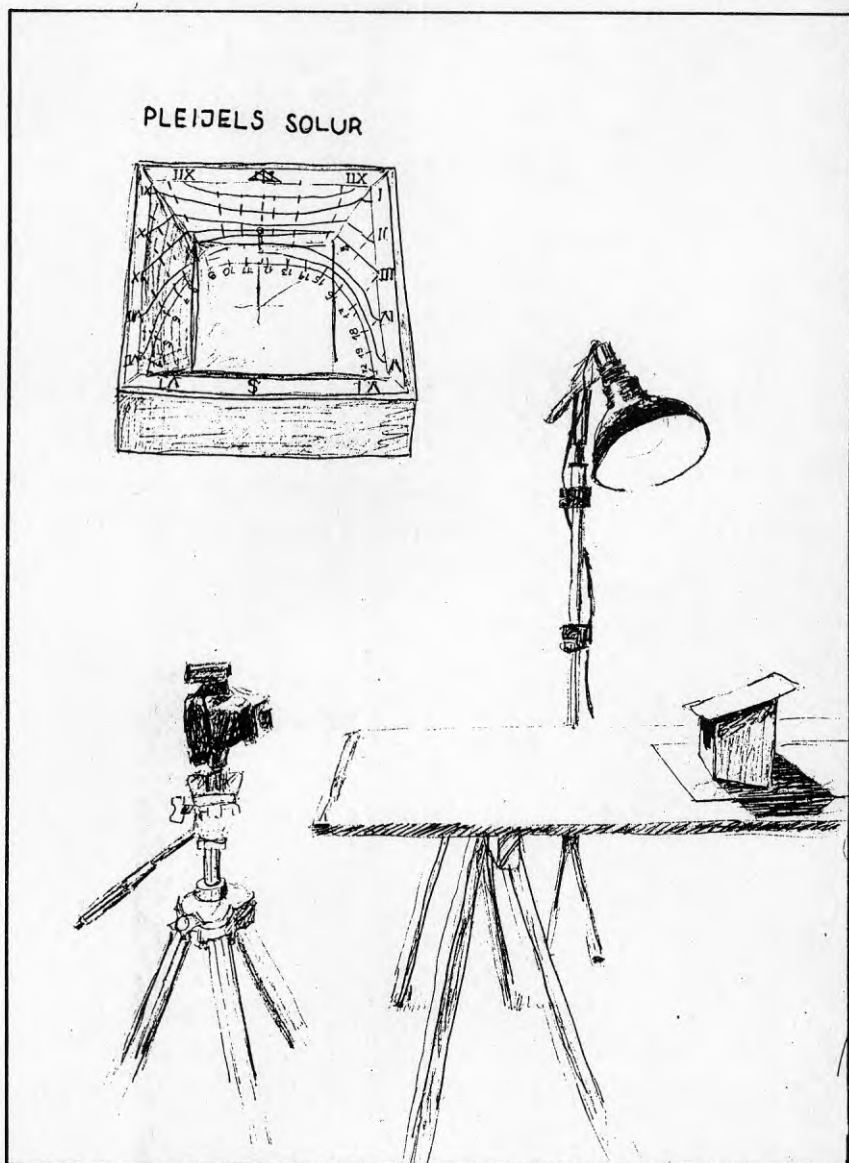
Oskuggat fönster: Skugga max 0,9 m

Skuggat fönster: Skugga min 1,9 m

**SLUTSATS:**

För att fönstret inte skall skuggas den 20/3 kl 12 får taksprånget vara max 1,4 m. För att fönstret skall skuggas helt den 20/5 kl 12 måste taksprånget vara min 1,2 m.

PLEIJELS SOLUR



## BEHOV AV TILLSATSENERGI VID OLIKA ISOLERING

Energiberäkning har bl a gjorts enligt BKL 1978:2 LTH av Bo Adamsson och Kurt Källblad. Metoden bygger på månatlig summering av energimängder klara och mulna dagar. Metoden tar hänsyn till att eldningssäsongen förkortas vid låga energiförluster, men byggnadens lagring medtas ej. Den förutsätter att instrålad energi under en dag tillgodogöres till nattbehov.

## RESULTAT:

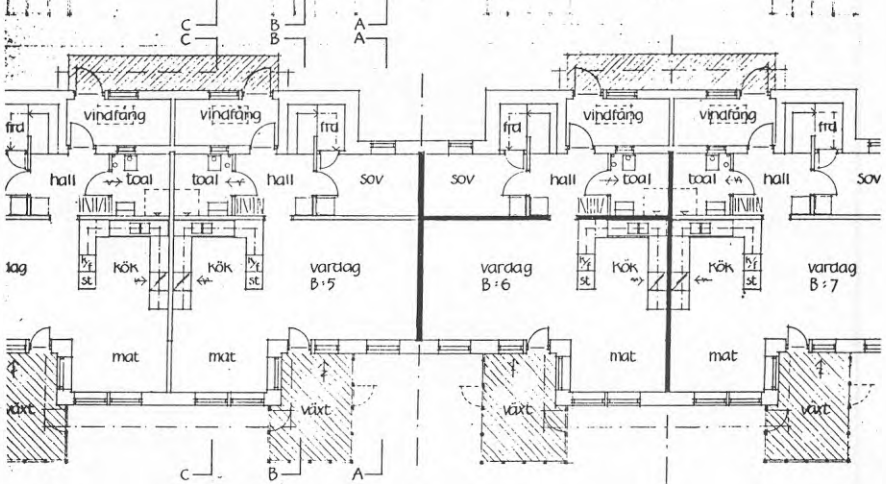
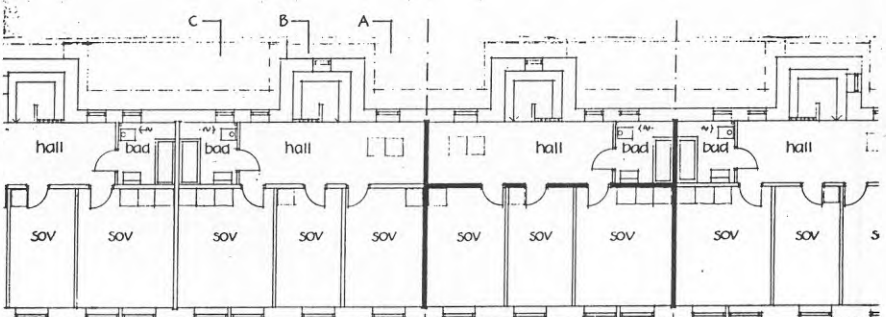
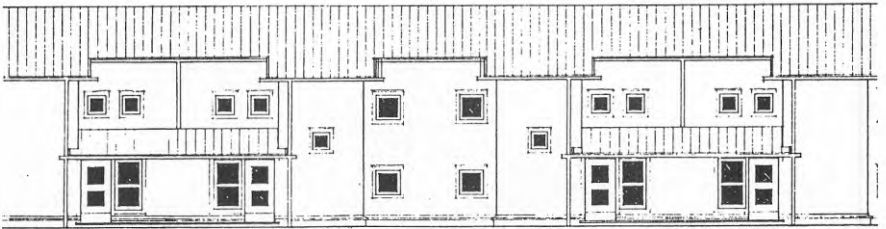
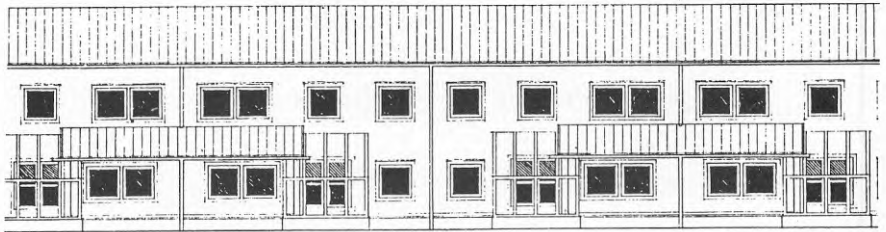
<u>Alternativ</u>	<u>Isolering</u>	<u>Erf tillsatsenergi</u>
0	Enligt SBN 80	6450
I	20% bättre än SBN 80	5550
II	40% bättre än SBN 80	4700
III	68% bättre än SBN 89	3150

På nästa sida är en sammanställning för alternativ II enligt ovannämnda metod.

TAB. B7 BYGGNADENS UPPVÄRMINGSBEHOV

	Klimat			Värmeför-luster			Tillgänglig värme			Tillgodo-gjord värme		Tillsatsvärme	
	Gradtim. $Q_m$ (°Ch)	Sol		Trans-mission $W_{t,m}$ (kWh)	Venti-lation $W_{v,m}$ (kWh)	Totalt $W_{f,m}$ (kWh)	Hushåll etc $W_{h,m}$ (kWh)	Sol-in-strål-n. $W_{s,m}$ (kWh)	Totalt $W_{tt,m}$ (kWh)	$W_{tg,m}$ (kWh)	$d_u$ (dagar)	$W_{u,m}$ (kWh)	
		$I_{Dh,m}$ (kWh/m <sup>2</sup> )	$I_{dh,m}$ (kWh/m <sup>2</sup> )										
JAN	18079	0,47	0,243	1175	609	1784	459	69	528	528	31	1256	
FEBR	16195	1,54	0,039	1053	546	1599	414	294	708	708	28	891	
MARS	15698	3,36	0,175	1020	529	1549	459	462	921	921	31	628	
APRIL	11376	5,78	1,059	739	383	1122	444	438	882	878	26	244	
MAJ	7365	7,49	3,518	479	248	727	459	508	967	727	0	0	
JUNI	4032	8,54	3,203	262	136	398	444	390	834	398	0	0	
JULI	2157	8,11	2,822	140	73	213	459	383	842	213	0	0	
AUG	3050	6,41	2,16	198	103	301	459	389	848	301	0	0	
SEPT	6120	4,13	0,869	398	206	604	444	418	862	571	3	33	
OKT	10118	2,21	0,518	657	841	998	459	446	905	851	19	147	
NOV	12816	0,76	0,413	833	432	1265	444	252	696	696	30	569	
DEC	15549	0,28	0,23	1010	524	1534	459	136	595	595	31	939	
ARET	122555	—	—	7964	4130	12094	5403	4185	9588	7387	199	4707	

Bilaga 8



## TUNG STOMME

Utifrån väggmaterialets lagringsförmåga, dess area mot rumsluften samt tillåten temperaturamplitud kan husets lagringskapacitet bestämmas då ej övertemperaturer erhålles.

När fönsterarean är fördelad extremt åt söder kan huvuddelen av dygnets temperaturamplitud hänföras till söderorienterade fönster.

Om inomhustemperaturen kan anses variera sinusformat anger Brown & Partheen värden för energilagring i innerväggar ( $m = 0,2$ , periodlängd 1 dygn) vilka omräknas till sorten  $Wh/m^2OC$ , enligt följande tabell

	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
Betong	22,5	30,3	32,7	32,7
Tegel	15,8	24,2	27,2	27,2
Klinker	14,7	22,5	25,3	25,3
Gips	5,5 (26 mm)		10,6 (52 mm)	

Lättklinker anges ej utan temperaturvåglängden har beräknats vara som tegel.

Förhållande mellan värmeinträngningstal och yttemperaturförhållanden har därvid använts enligt

$$Q_{k1} = Q_{TE} \times \frac{d_{k1}}{d_{TE}} \times \frac{k1}{k1} = Q_{TE} \times \frac{1025}{855} \times \frac{0,35}{0,45} = Q_{TE} \times 0,93$$

Vid 15 cm vägg tjocklek förhåller sig betong, tegel och lättklinker som 1:0,83:0,77.

Brown & Partheen anger i en tabell med värmeinträngningstal  $d$ , vilket är ett mått på väggars värmelagringsförmåga. Värmelagring är proportionell mot area mot rum.

Bjørresen NTH anger att temperaturvariationen kan beräknas genom att effektamplituden delas med summan av husets transmissionstal, ventilationstal och interna lagringskapacitet ( $m/^\circ C$ ). Med en antagen sinusvariation hos inomhustemperaturen anger Brown & Partheen i SP-rapport 1980:13 värmelagringsförmågan hos olika material. En sådan svängning uppkommer dagtid medan den nattetid dämpas av att radiatortermostater i huset öppnar. Den erhållna extra energiförlusten blir transmissions- och ventilationstalet gånger periodtiden genom  $\pi$ .

Energibalansen kan då skrivas uttryckt i Wh:

$$Q_{\text{tillskott}}^{\text{amplitud-}} = \left[ (k \times a + \dot{v} \times s \times cp) \times \frac{24}{\pi} + Q_{\text{lagring}} \times A_{\text{stomme}} \right] t_{\text{inne}}^{\text{ampl}}$$

För en grov uppskattning av samband mellan fönsterarea, lagrande innerväggar och erhållen inomhustemperaturhöjning använde vi formeln

$$Q_{\text{sol}}^{\text{ampl}} \times A_{\text{fönster}} = Q_{\text{lagring}} \times A_{\text{stomme}} \times t^{\text{ampl}}$$



## GLASRUM

Glasrummets energibidrag har beräknats som om detta förvärmer tilluften en viss grad och en viss del av dygnets tid samt att fönsterytan mellan huset och glasrummet erhåller ett något bättre värmetransmissionstal. Bidrag till ventilation och transmission för huset har därefter beräknats med huset i övrigt så att viss del resulterar i tillgodogjord värme och viss del i överskottsvärme.

Förutsättningar för beräkningen är ett glasrum med fri horisont, alltså oskuggat. Dessutom är förutsättningen att övertemperaturer i glasrummet vädras ut. Om man räknar med att luften i glasrummet kan hålla t ex max 35°C i stället för 25°C får man en större energibesparing (denna är inte beräknad).

Utgående från resultaten från beräkning av SBN 80 + 40%-hus studeras inverkan av att förvärma tilluften via glasrummet. Medelinstrålning för varje månad bestämdes utan horisontavskärmning eller horisontell skärm. Ungefärliga tider som solen är uppe bestämdes för varje månad, varvid medelsoleffekten kunde bestämmas för den tid solen är uppe varje månad. Denna effekt delades sedan med glasrummets förlusttal ( $k \cdot A + V \cdot cp$ ), vilket ger temperaturhöjningen.

Procentuell temperaturdifferens erhöles genom att för varje månad dela glasrummets temperaturhöjning med månadsmedeltemperaturdifferens ute-inne. Då övertemperatur (mer än 25°C) erhöles, sattes temperaturhöjningen till 100 procent, eftersom glasrummet förses med vädringslucka för undvikande av för höga temperaturer.

Procentuell tid och temperatur multiplicerades sedan månadsvis med ventilationsenergimängden. Husets nya energiförluster ställdes ånyo mot tillskott för beräkning av varje månads tillskottsenergi och tillgodogjord energi.

Uppvärmningsenergin reducerades därvid med ca 850 kWh och eldningssäsongen med 15 dagar.

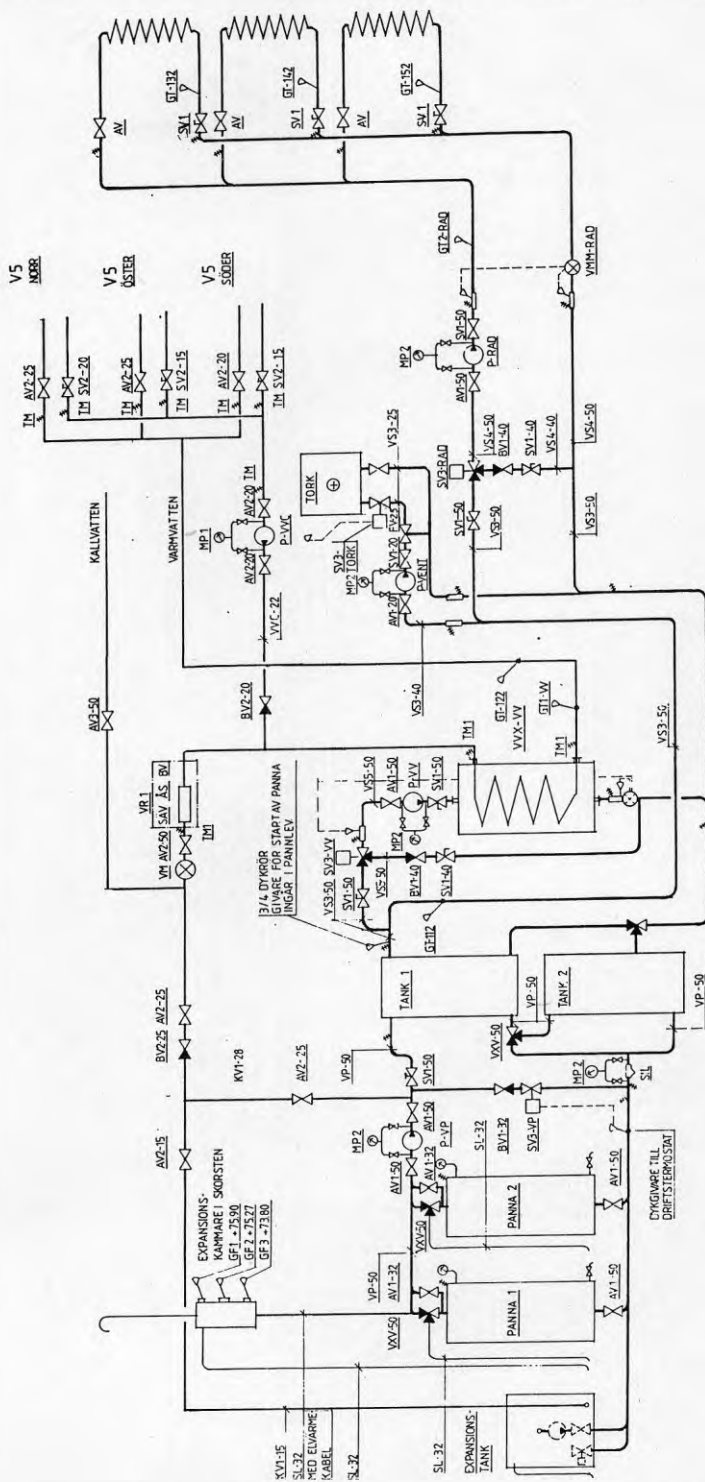
Bilaga 11:1

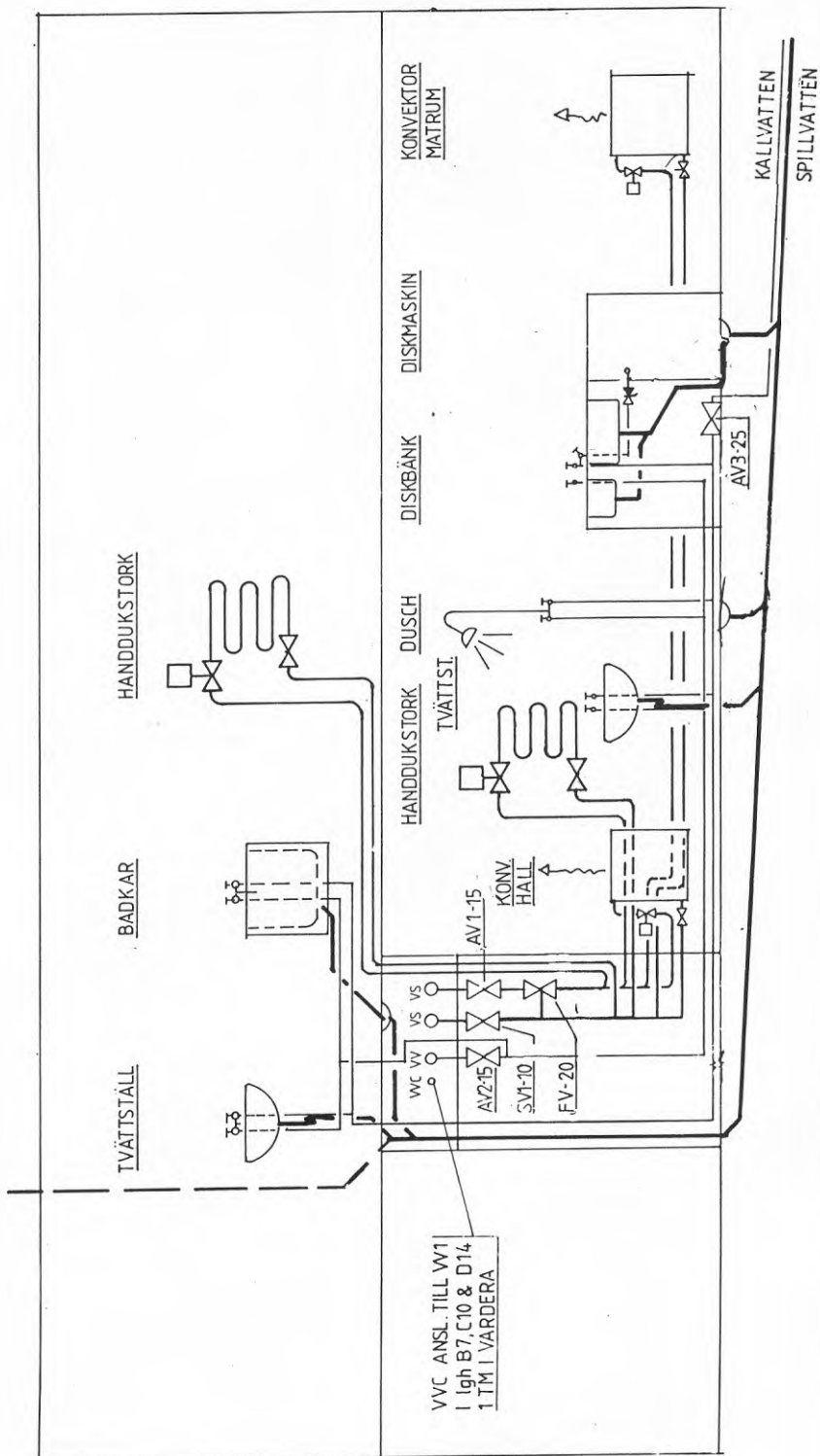
PRINCIPSCHEMA VVS

- 11:2 Principschema värmesystem  
kvartersgård/området
- 11:3 Principschema värme, vatten i  
lägenheterna.
- 11:4 Principschema ventilation i lägen-  
heterna

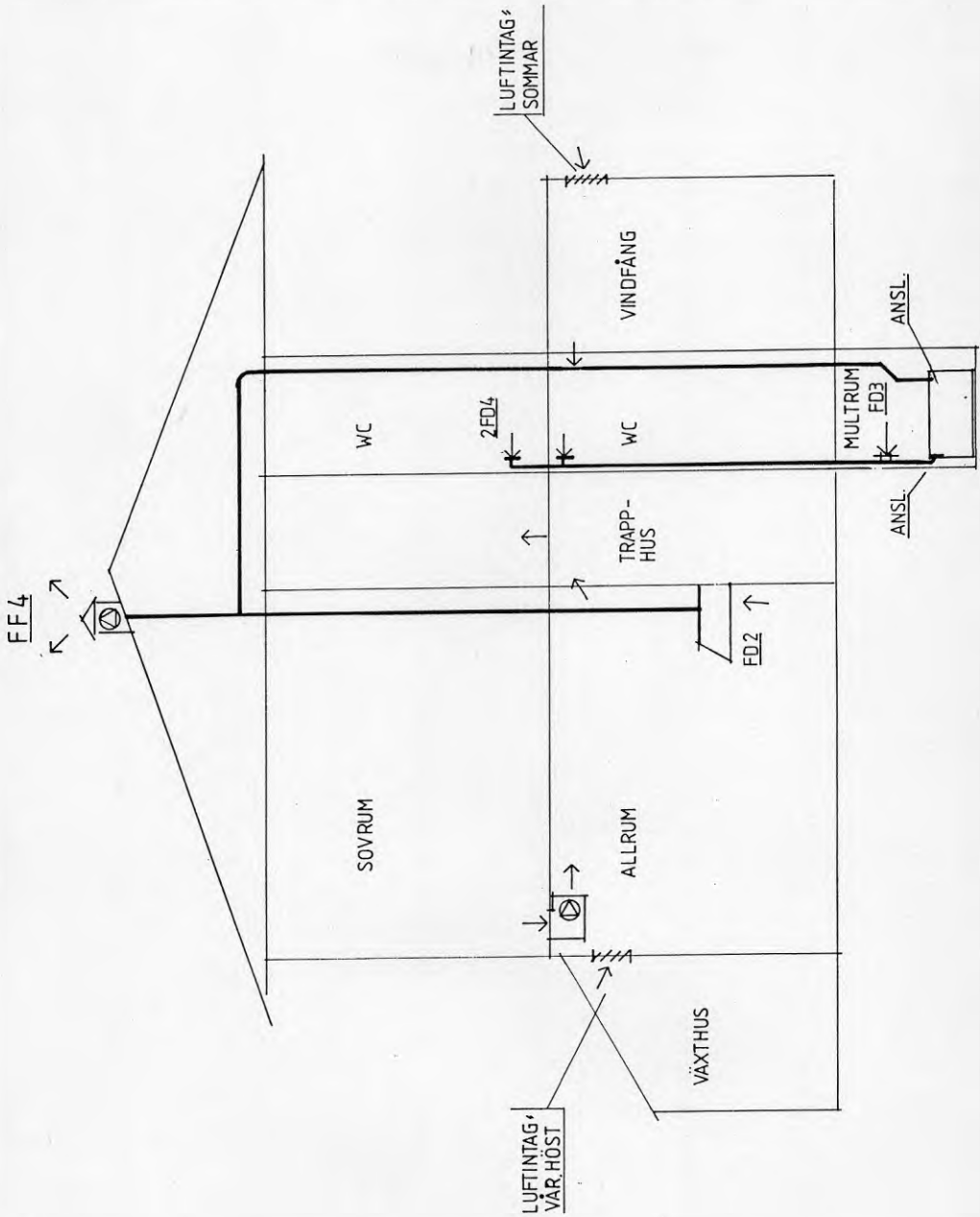
(Källa: Bertil Solbräcke)

PRINCIPSCHEMA VÄRME (Källa: Bertil Solbräcke)





## PRINCIPSCHEMA VENTILATION, LÄGENHETER





## ALTERNATIVA KONSTRUKTIONER

Följande tabeller är förslag till alternativa konstruktioner för husen.

Tabellerna tjänar endast som underlag för kostnadsberäkning och energibehovsbedömning.

Följande varianter finns:

Konstruktion

Tabell 1	lätthus av trä
Tabell 2	betongelement/alt platsgjutet
Tabell 3	betonghålstén
Tabell 4	lättklinker

Isolering

0	(SBN 80)
I	SBN 80+20%
II	(SBN 80)+40%
III	SBN 80?68%

Tyngd vid lätt hus

- a) ingen särskild tyngd
- b) 3-lags gips
- c) 4-lags gips alt 5 cm puts

Fönster

Framgår ej av tabellerna

TABELL 1 - LÄTT STOMME AV TRÄ

SKIKT	TAK	MELLANBJÄLKLAG	BOTTENBJÄLKLAG	YTTERVÄGG
YTRE YTSKIKT	Betongtakpannor på bär-stråläkt Papp Råspont	Golvbel enligt rumsbeskrivn 22 golvspånskiva	Golvbel enligt rumsbeskrivning	22+22 lock- panel på 34x45 c 600 reglar
YTRE STOMME	Takstolar c 1200	48x195 c 600	100 betongplatta	45x95 c 1200
VIND- TÄTNING	Vindpapp			Gipsskiva GNU
ISOLERING				
Alt 0	170+50 MU		50 MU UK PL	95+45MU
I	170+100		100 MU UK x)	95+35+70
II	170+170		150 MU UK x)	95+95+70
III	170+170+170		250 MU UK x)	95+150+70
ANGSPÄRR	PE-folie		(btg)	PE-folie
INRE STOMME	Glespanel	Glespanel		0 45x45 c 600 I-III 45x70 c 600
INRE YTSKIKT	a) 1 lag gips b) 3 lag gips c) 4 lag gips	a) 1 lag gips b) 3 lag gips c) 4 lag gips	300 makadam ev drän.matta	a) 1 lag gips b) 3 lag gips x) c) 4 lag gips x)
KONSTR TJOCKLEK ca mm	a) 230 b) 260 c) 270	a) 230 b) 260 c) 270		0 250 I 300 II 360 III 420
K-VÄRDE				
alt 0	0,19		0,25	0,27
I	0,16		0,16	0,20
II	0,12		0,13	0,15
III	0,08		0,10	0,13
Ann:			x) lika mycket kantisol 2 m runt huset	x) tjockleken ökar med 4 cm vid alt c



SKIKT	GAVEL	LÅGH SKILJ	HJÄRTVÄGG	INNERVÄGG
YTRE YTSKIKT	22+22 lock- panel på 34x45 c 600 reglar	a) 2 lag gips b) 3 lag gips c) 4 lag gips	a) 1 lag gips b) 3 lag gips c) 4 lag gips	1 lag gips
YTRE STOMME	45x95 c 1200	48x95 c 600	48x95 c 600	48x70 c 600
VIND- TÄTNING	Gipsskiva GNU			
ISOLERING		70 MU		
Alt	95+45MU			
I	95+35+70			
II	95+95+70			
III	95+150+70			
ÅNGSPÄRR	PE-folie			
INRE STOMME	0 45x45 c 600 I-III 45x70 c 600	45x95 c 600		
INRE YTSKIKT	a) 1 lag gips b) 3 lag gips x) c) 4 lag gips x)	a) 2 lag gips b) 3 lag gips c) 4 lag gips	a) 1 lag gips b) 3 lag gips c) 4 lag gips	1 lag gips
KONSTR	0 250	a) 240	a) 120	100
TJOCKLEK	I 300	b) 270	b) 150	
ca mm	II 360 III 420	c) 290	c) 170	
K-VÄRDE				
alt	0,27			
I	0,20			
II	0,15			
III	0,13			
Anm:	x) tjockleken ökar med 4 cm vid alt c			

TABELL 2 - BETONGELEMENT / ALT PLATSGJUTET

SKIKT	TAK	MELLANBJÄLKLAG	BOTTENBJÄLKLAG	YTTERVÄGG
YTRE YTSKIKT	Betongtakpannor på bär-, ströläkt Papp Råspont	Golvbel enligt rumsbeskrivning Stålslipad betong	Golvbel enligt rumsbeskrivning	22+22 lockpanel på 34x45 c 600
YTRE STOMME	1) Takst c 1200 x) 2) Bockar c 1200 x)	200 betong	100 betongplatta	45x95 c 1200
VIND- TÄTNING	Vindpapp			Gipsskiva GNU
ISOLERING				
Alt 0	170+50 MU		50 MU UK PL	70+70 MU
I	170+100		100 MU UK x)	70+70+70
II	170+170		150 MU UK x)	70+120+70
III	170+170+170		250 MU UK x)	70+170+70
ÅNGSPÄRR	1) PE-folie 2) Btg x)		(btg)	PE-folie
INRE STOMME	1) Glespanel 2) Betong x)			1) 45x70 c 600 2) 80 mm btg
INRE YTSKIKT	1a) 1 lag gips 1b) 3 lag gips 1c) 4 lag gips Betong x)		300 makadam ev drän.matta	1a) 1 lag gips 1b) 3 lag gips x) 1c) 4 lag gips x)
KONSTR TJOCKLEK ca mm		210		0 250 I 300 II 360 III 420
K-VÄRDE				
alt 0	0,19		0,25	0,28
I	0,16		0,16	0,19
II	0,12		0,13	0,15
III	0,08		0,10	0,13
Anm:	x) alternativ 1)= trätakstol 2)= btg bjälklag	x) lika mycket kantisol 2 m runt huset		x) Tjockleken ökar med 40 mm 1)= lätt utfackning 2)= btg element

SKIKT	GAVEL	LÅGH AVSKILJ	HJÄRTVÄGG	INNERVÄGG
YTTRE YTSKIKT	22+22 lockpanel på 34x45 c 600			1 lag gips
YTTRE STOMME	45x70 c 1200	80 betong	160 betong	48x70 c 600
VIND- TÄTNING	Gipsskiva GNU			
ISOLERING Alt	70+70 MU	70 mineralull alt cellplast		
I	70+70+70			
II	70+120+70			
III	70+170+70			
ÅNGSPÄRR				
INRE STOMME	80 mm btg- element alt 120 platsgjutna	80 betong		
INRE YTSKIKT				1 lag gips
KONSTR TJOCKLEK ca mm	0 350 I 400 II 460 III 520	230	160	100
K-VÄRDE alt	0,28			
I	0,19			
II	0,15			
III	0,13			

Anm:

TABELL 3 - BETONGHÄLSTENSHUSET

SKIKT	TAK	MELLANBJÄLKLAG	BOTTENBJÄLKLAG	YTTERVÄGG
YTRE YTRE YTSKIKT	Betongtakpannor på bär-, ströläkt Papp Råspont	Golvbel enligt rumsbeskrivning Stålslipad betong	Golvbel enligt rumsbeskrivning	22+22 lockpanel på 34x45 c 600
YTRE STOMME	1) Takst c 1200 x) 2) Bockar c 1200 x)	200 betong	100 betongplatta	45x70 c 1200
VIND- TÄTNING	Vindpapp			Gipsskiva GNU
ISOLERING Alt . 0 I II III	170+50 MU 170+100 170+170 170+170+170		50 MU UK PL 100 MU UK x) 150 MU UK x) 250 MU UK x)	70+70 MU 70+70+70 70+120+70 70+170+70
ANGSPÄRR	1) PE-folie 2) Btg x)		(btg)	PE-folie
INRE STOMME	1) Glespanel 2) Betong x)			150 btg-hälblock
INRE YTSKIKT	1a) 1 lag gips 1b) 3 lag gips 1c) 4 lag gips Betong x)		300 mak. i m ev dijn.matta	15 mm puts
KONSTR TJOCKLEK ca mm		210		0/ 400 I/ 450 II/ 510 III/ 570
K-VÄRDE alt 0 I II III	0,19 0,16 0,12 0,08		0,25 0,16 0,13 0,10	0,28 0,19 0,15 0,13
Anm:	x) likt mycket kantisol 2 m runt huset			
	x) alternativ 1) = trätakstol 2) = btg bjälklag			

SKIKT	GAVEL	LGH SKILJ	HJÄRTVÄGG	INNERVÄGG
YTRE YTSKIKT	Se yttervägg	15 mm puts	15 mm puts	1 lag gips
YTRE STOMME	se yttervägg	150 betong- hålstén	200 betong- hålstén	48x70 c 600
VIND- TÄTNING	se yttervägg			
ISOLERING	se yttervägg	70 mineralull		
Alt				
I				
II				
III				
ÅNGSPÄRR	se yttervägg			
INRE STOMME	se yttervägg	150 btg-hålblock		
INRE YTSKIKT	se yttervägg	15 puts	15 puts	1 lag gips
KONSTR TJOCKLEK ca mm	se yttervägg	400	230	100
K-VÄRDE				
alt				
I				
II				
III				

Anm:

TABELL 4 - LÄTTKLINKERHUSET

SKIKT	TAK	MELLANBJÄLKLAG	BOTTENBJÄLKLAG	YTTERVÄGG
YTRE YTSKIKT	Betongtakpannor på bär-ströläkt Papp Råspont	Golvbeläggning enl rumsbeskriv- ning	Golvbel enligt rumsbeskrivning	Fasadputs 20 mm
YTRE STOMME	Bockar c 1200	1) 200 lättklinker betong 2) 200 betong x)	100 betongplatta	90 lättklinker block
VIND- TÄTNING	Vindpapp			
ISOLERING				
Alt			50 MU UK PL	70
I			100 MU UK x)	70+50
II			150 MU UK x)	70+100
III			250 MU UK x)	70+170
ANGSPÄRR			(btg)	PE-folie
INRE STOMME	200 lättklinker- betong (1000 kg/m <sup>3</sup> )			200 lättklinker block
INRE YTSKIKT	(lättklinker- betong)	50 puts	300 makadam ev drän.matta	50 puts
KONSTR TJOCKLEK ca mm		250		0 450 I 500 II 550 III 620
K-VÄRDE				
alt	0,19		0,25	0,28
I	0,16		0,16	0,21
II	0,12		0,13	0,17
III	0,08		0,10	0,13
Anm:	alternativ: se tabell I	x) alternativ	x) lika mycket kantisol 2 m runt huset	

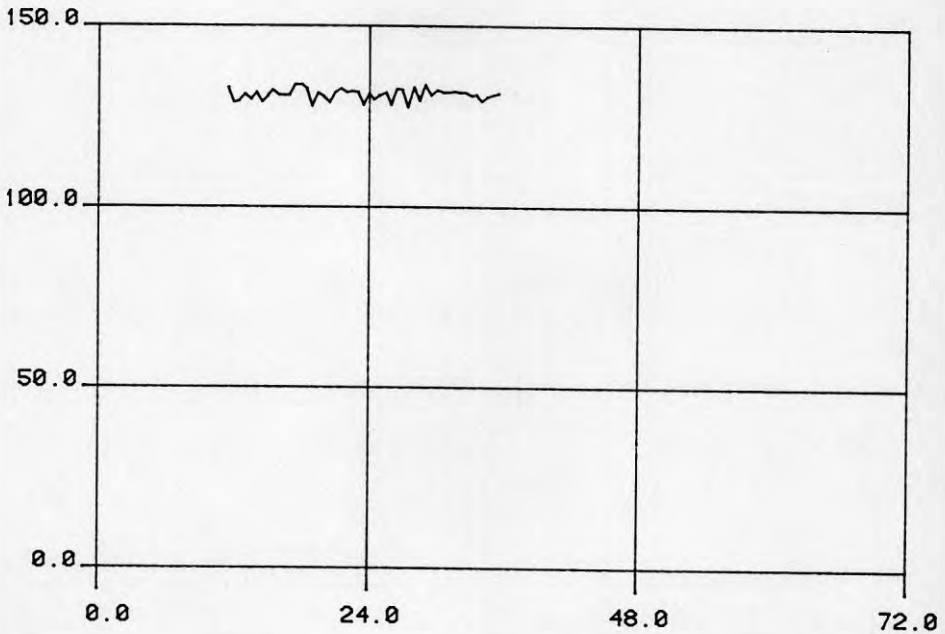
SKIKT	GAVEL	LGH AVSKILJ	HJÄRTVÄGG	INNERVÄGG
YTTRE YTSKIKT	Fasadputs 20 mm	50 puts	50 puts	1 lag gips
YTTRE STOMME	90 lättklinker block	200 lättklinker- block	200 lättklinker- block	48x70 c 600
VIND- TÄTNING				
ISOLERING				
Alt	70			
I	70+50			
II	70+100			
III	70+170			
ÅNGSPÄRR	PE-folie			
INRE STOMME	200 lättklinker block			
INRE YTSKIKT	50 puts	50 puts	50 puts	1 lag gips
KONSTR	0 450			
TJOCKLEK	I 500			
ca mm	II 550			
	III 620			
K-VÄRDE				
alt	0,28			
I	0,21			
II	0,17			
III	0,13			

Anm:





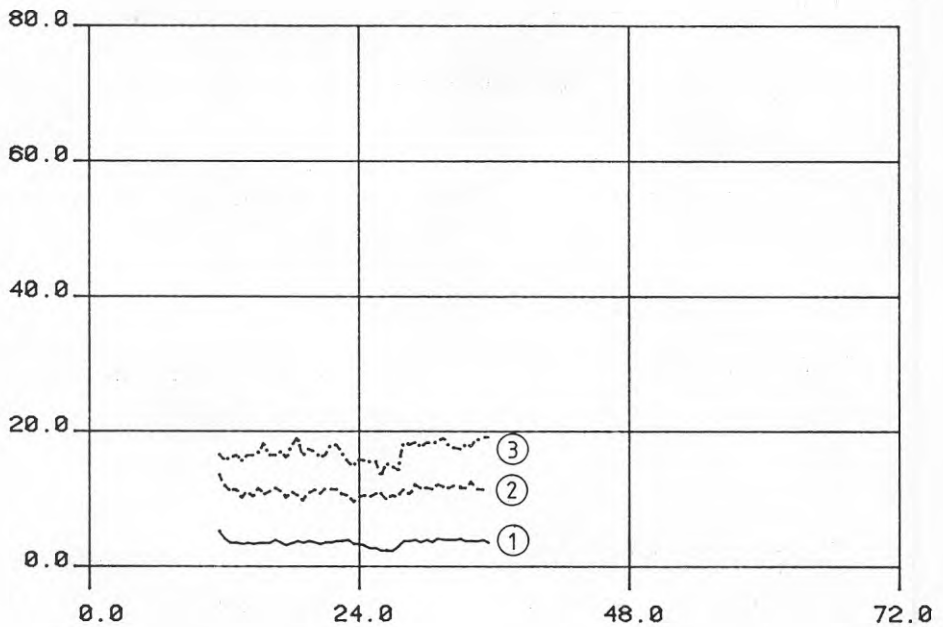
TOTAL VENTILATION (STARTDATUM (860128))

M<sup>3</sup>/H

Figur 8:5 Uppmätt friskluftsventilation under ett dygn i hus B4. Dörr till vindfång, toalett och badrum var stängd. Tilluftsdon från glasrum var öppna. Ute-temperaturen varierade mellan  $-11^{\circ}\text{C}$  och  $0^{\circ}\text{C}$  med ett medelvärde på  $-5^{\circ}\text{C}$ . Vindhastigheten varierade mellan 0,2 och 2 m/s med ett medelvärde på 0,8 m/s. Medeltemperaturen inne var  $+17^{\circ}\text{C}$ .

## VENTILATION I OLIKA RUM (STARTDATUM 860128)

KANAL 1 = ----, 2 = - - -, 3 = -.-.-

M<sup>3</sup>/H

Figur 8:6 Uppmätt friskluftsventilation under ett dygn i hus B4.

1 = sovrum vid badrum på ovanvåningen

2 = sovrum på ovanvåningen

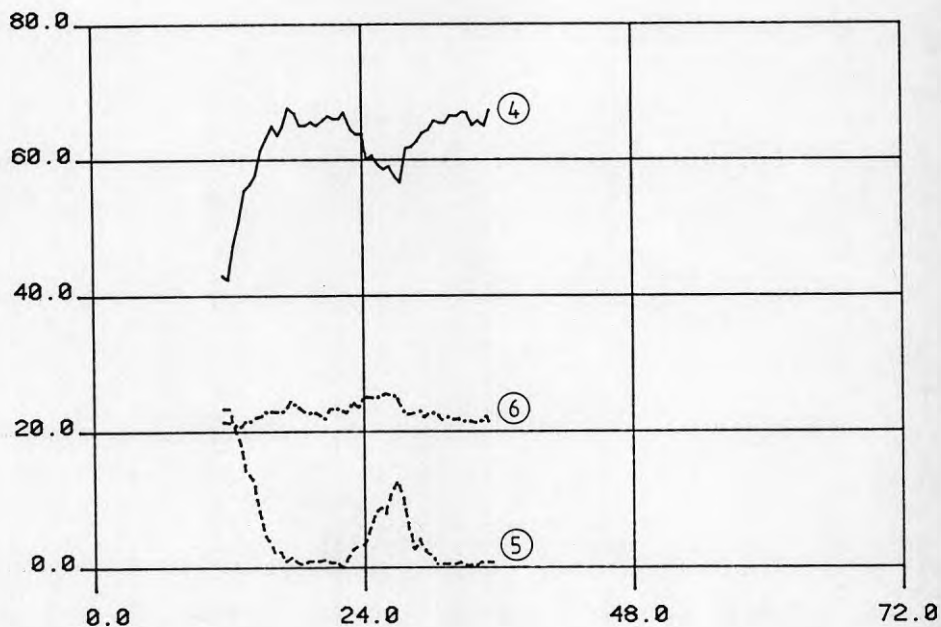
3 = hall på ovanvåningen

I övrigt se figur 8:5

## VENTILATION I OLIKA RUM (STARTDATUM 860128)

KANAL 4 = ———, 5 = - - - -, 6 = -.-.-.

M3/H



Figur 8:7 Uppmätt friskluftsventilation under ett dygn i hus B4.

4 = vardagsrum

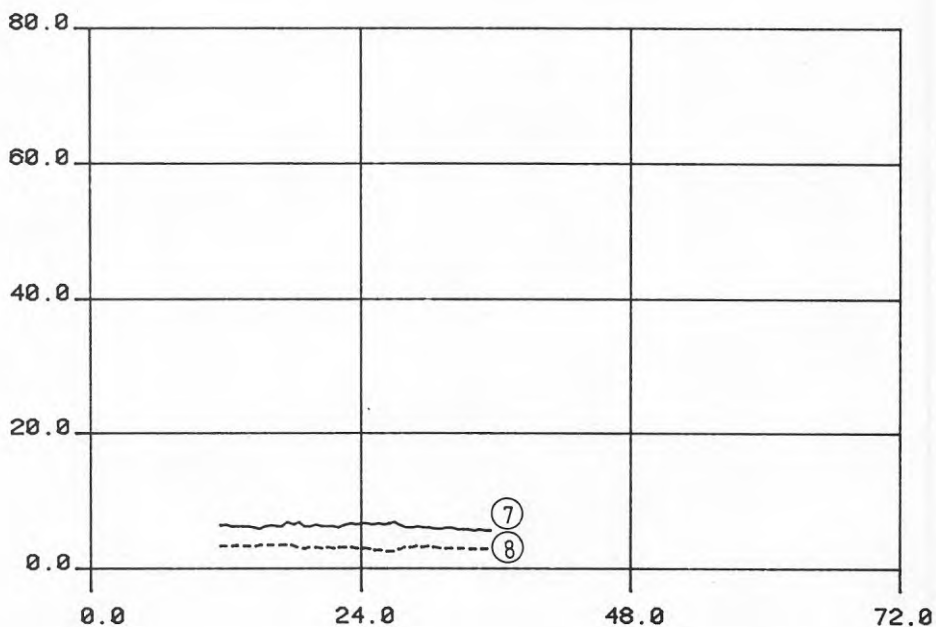
5 = matvrå

6 = sovrum på bottenvåningen.

I övrigt se figur 8:5

## VENTILATION I OLIKA RUM (STARTDATUM 880628)

KANAL 7 = ----, 8 = - - - -

M<sup>3</sup>/H

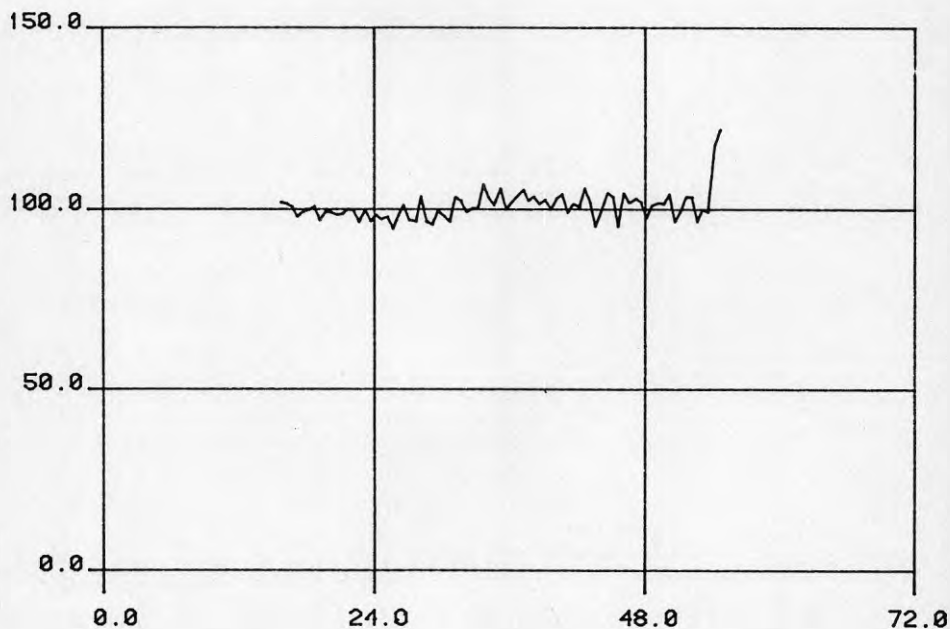
Figur 8:8 Uppmätt friskluftsventilation under ett dygn i hus B4.

7 = toaletttrum

8 = badrum.

I övrigt se figur 8:5

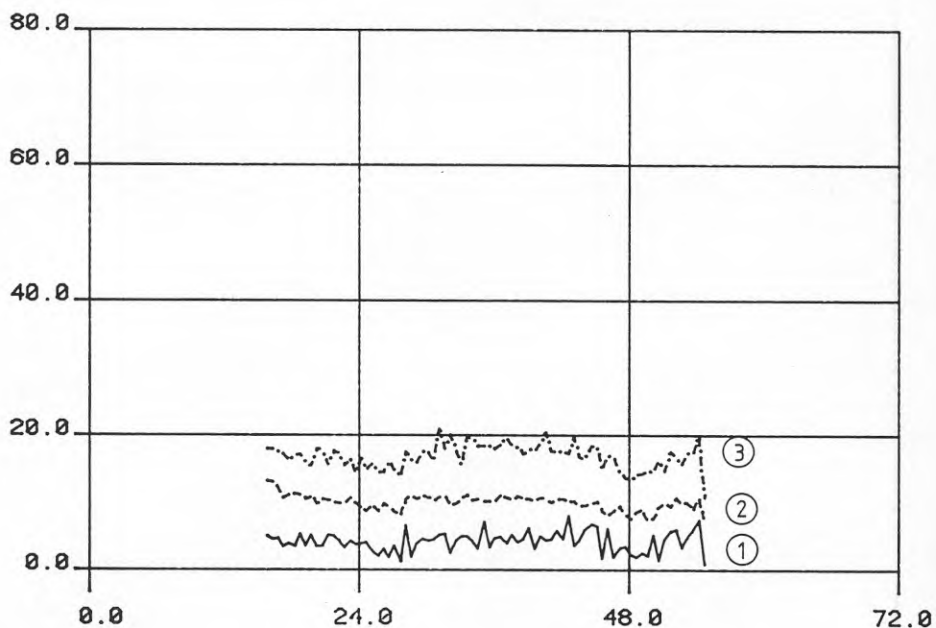
TOTAL VENTILATION (STARTDATUM 860129) EXKL GLASRUM

M<sup>3</sup>/H

Figur 8:9 Uppmätt friskluftsventilation under två dygn i hus B4. OBS! att friskluftsflödet från glasrummet inte ingår eftersom samma spårgaskoncentration hölls i glasrummet och bostaden. Dörr till vindfång, toaletterum och badrum var stängd. Tilluftsdon från glasrum var öppna. Utetemperaturen varierade mellan -5°C och 0°C med ett medelvärde på -2°C. Vindhastigheten varierade mellan 0,5 och 2 m/s med ett medelvärde på 1 m/s. Medeltemperaturen inne var +17°C.

## VENTILATION I OLIKA RUM (STARTDATUM 860129)

KANAL 1 = ----, 2 = - - -, 3 = -.-.-

M<sup>3</sup>/H

Figur 8:10 Uppmätt friskluftsventilation under två dygn i hus B4.

1 = sovrum vid badrum på ovanvåningen

2 = sovrum på ovanvåningen

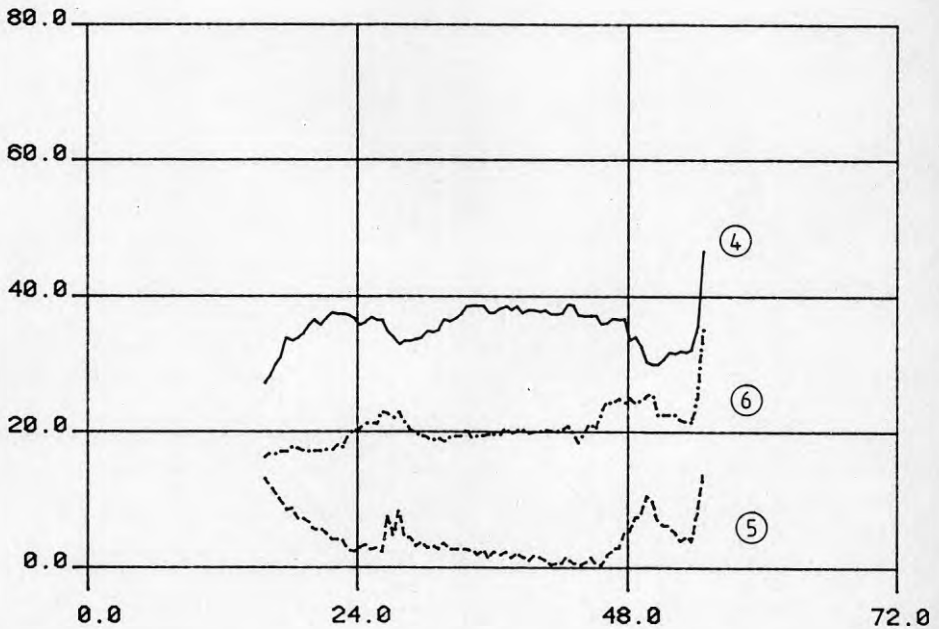
3 = hall på ovanvåningen

I övrigt se figur 8:9

VENTILATION I OLIKA RUM (STARTDATUM 860129)

KANAL 4 = ----, 5 = - - -, 6 = -.-.-

M3/H



Figur 8:11 Uppmätt friskluftsventilation under två dygn i hus B4.

4 = vardagsrum

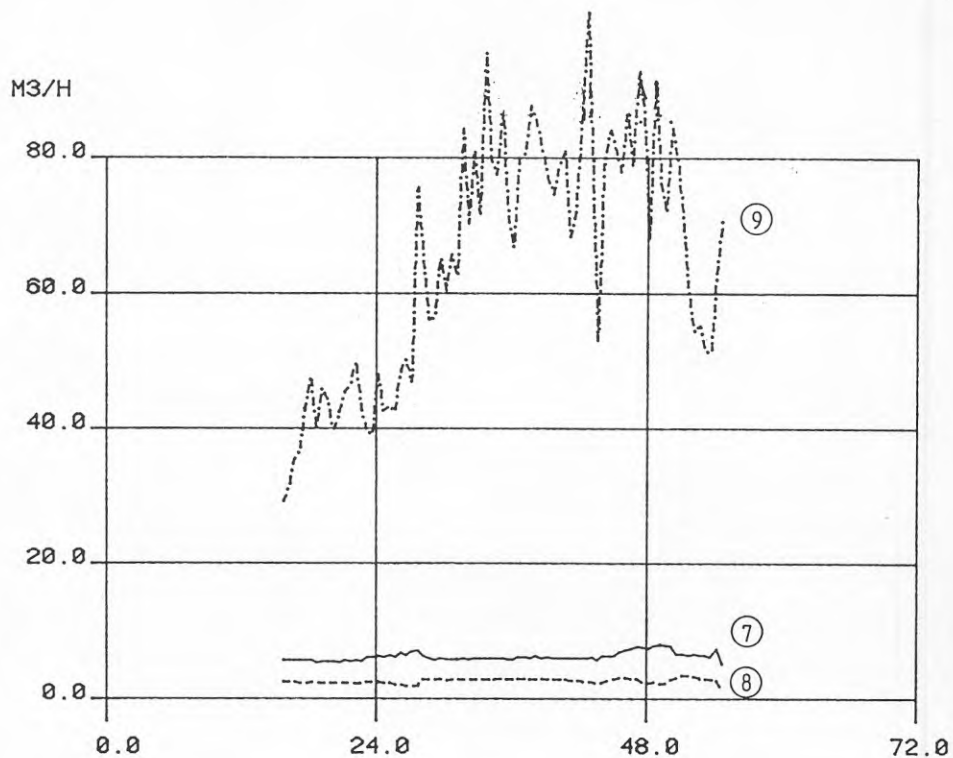
5 = matvrå

6 = sovrum på bottenvåningen

I övrigt se figur 8:9

## VENTILATION I OLIKA RUM (STARTDATUM 860129)

KANAL 7 = ----, 8 = - - - . 9 = -.-.-



Figur 8:12 Uppmätt friskluftsventilation under två dygn i hus B4.

7 = toaletterum

8 = badrum

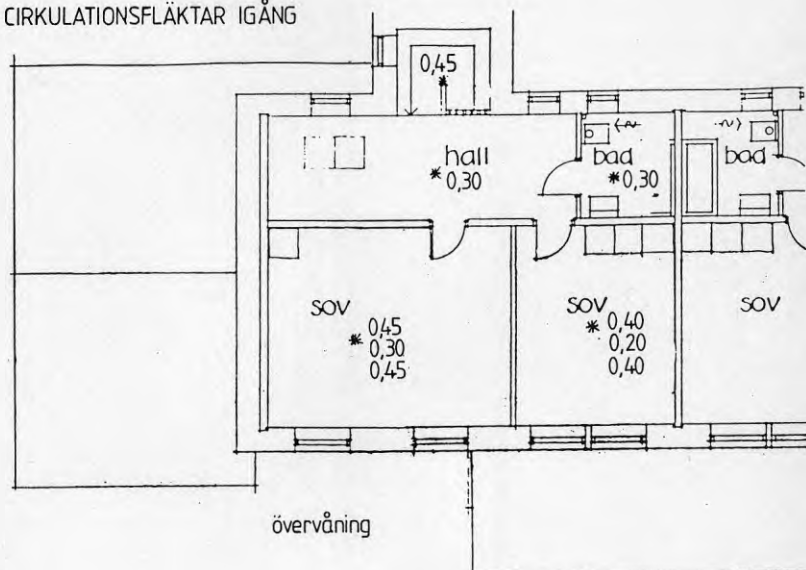
9 = glasrum

I övrigt se figur 8:9.

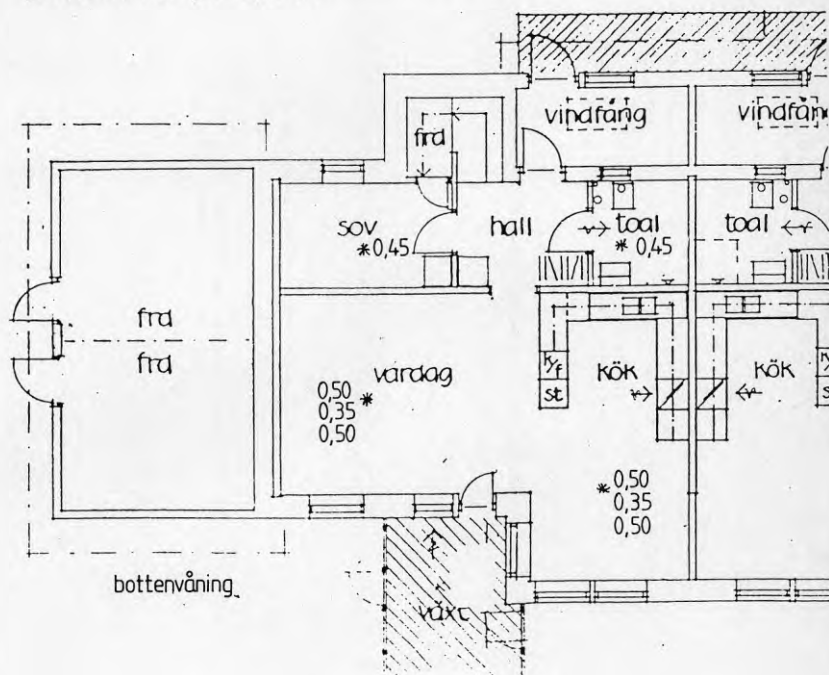


## MÄTPUNKTER FÖR VENTILATIONSMÄTNINGAR

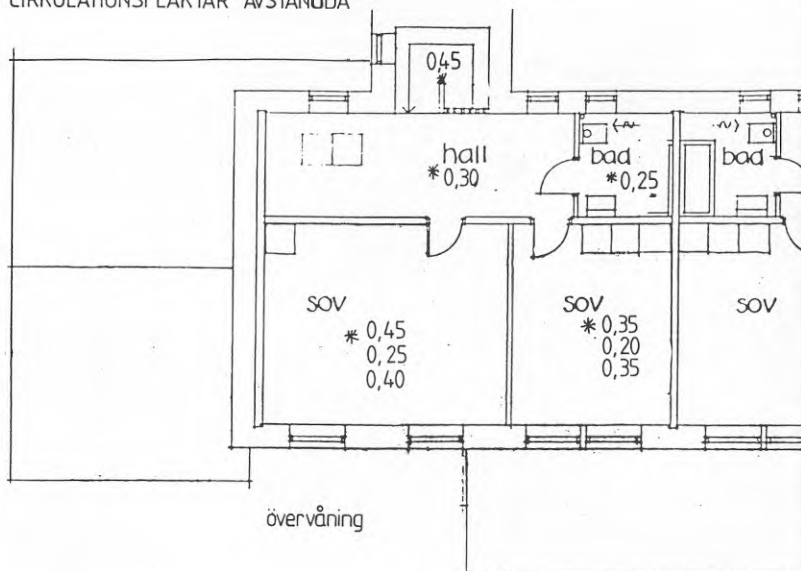
## CIRKULATIONSFLÄKTAR IGÅNG



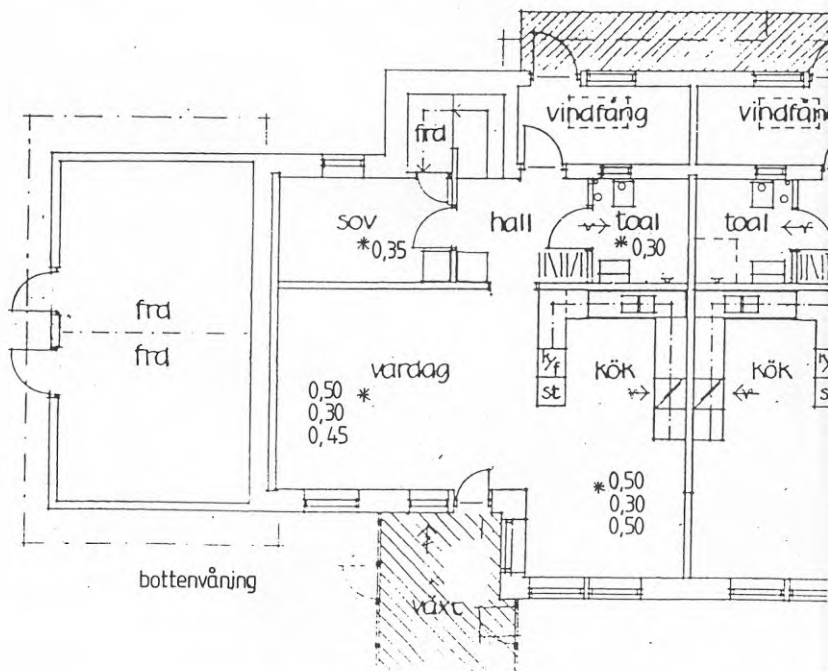
Figur 8:14 Uppmått luftomsättning i oms/h.  
 I rum med tre mätpunkter är den lägsta på 0,2 m, den mellersta på 1,2 och den högsta på 2,2 m höjd. Övriga punkter är på 1,2 m.

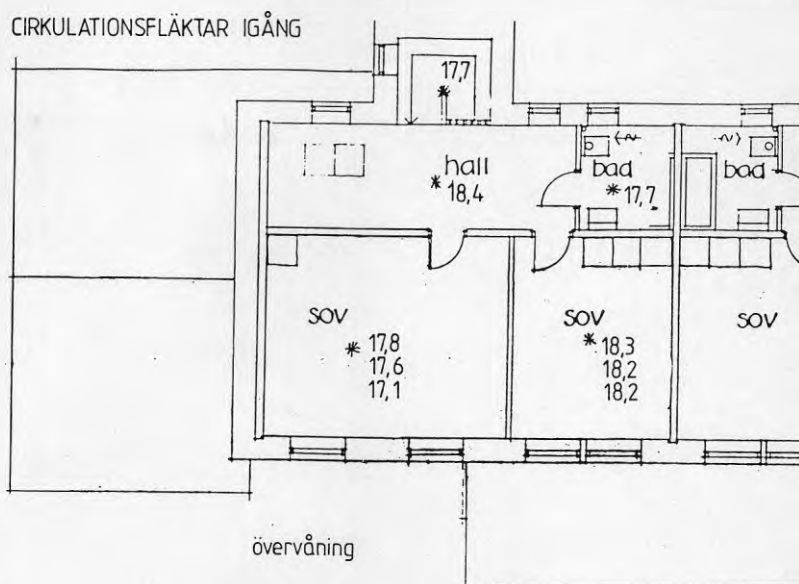


## CIRKULATIONSFLÄKTAR AVSTÄNGDA

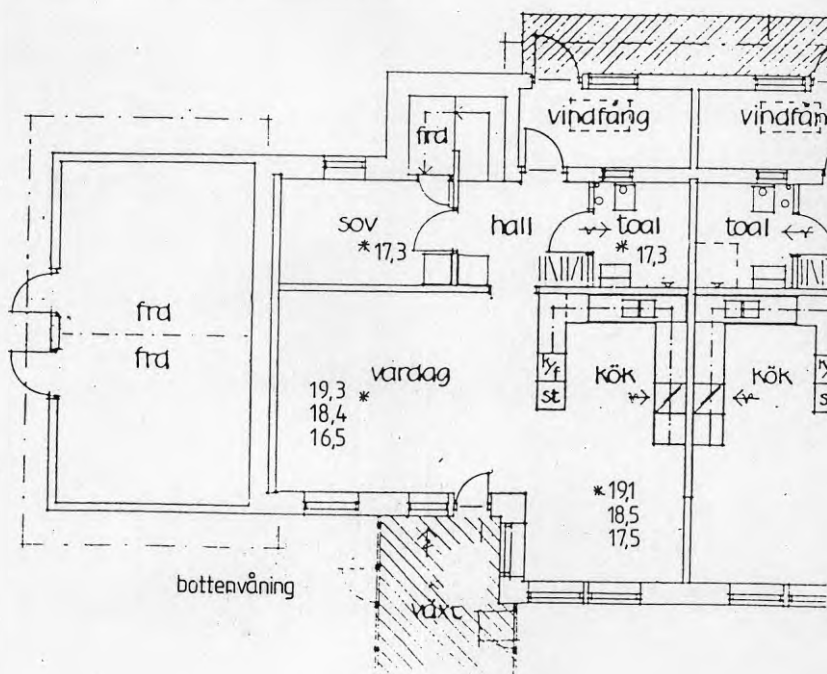


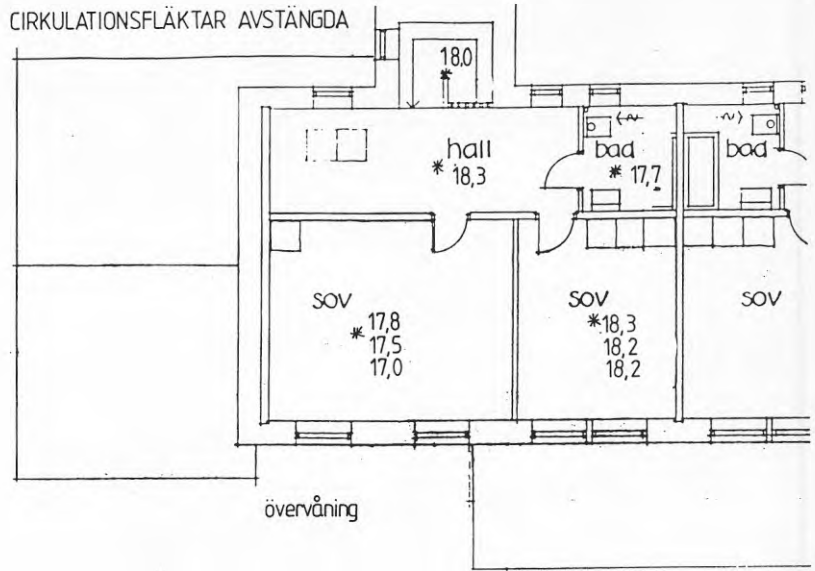
Figur 8:15 Se figur 8:14



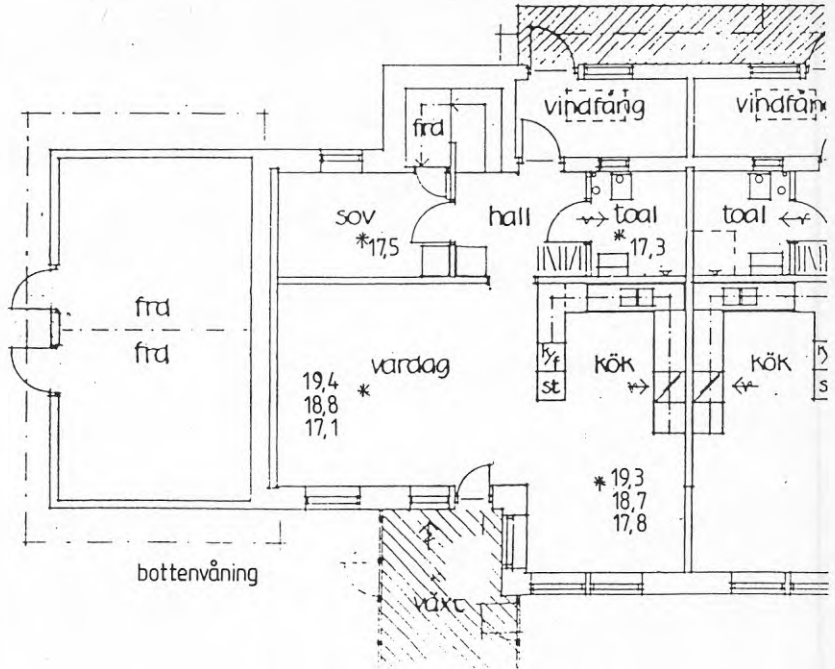


Figur 8:16 Uppmätta lufttemperaturer under mätningarna presenterade i figur 8:14





Figur 8:17 Uppmätta lufttemperaturer under mätningarna presenterade i figur 8:15



Bilaga 15

## FRÅNLUFTSFLÖDEN

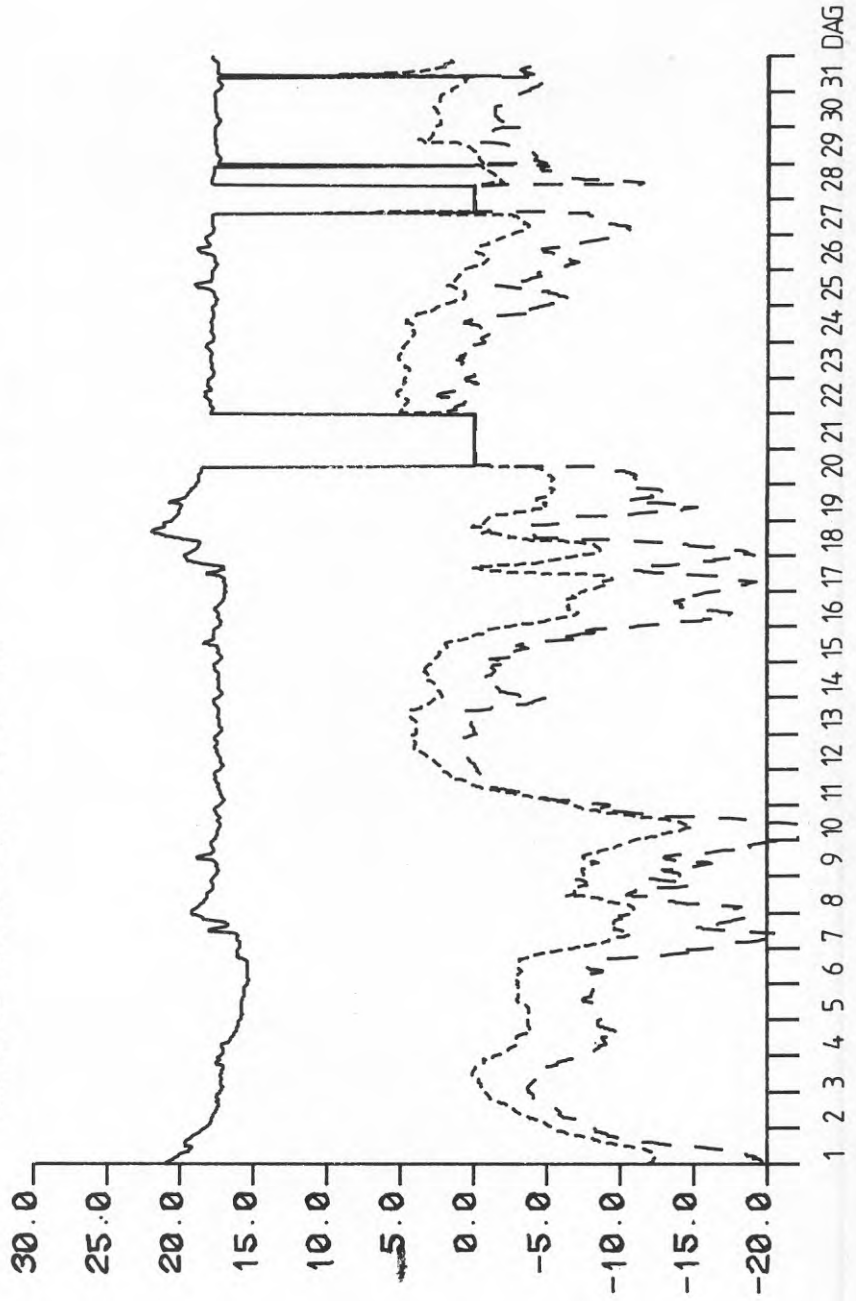
Uppmätta totala frånluftsflöden (grundflöden i m<sup>3</sup>/h).  
Mätningarna gjorda med fast monterade mätningar.

	Kök	Våtutrymmen	Totalt
Projekterat	36	112	148
Mätt 850215			
B4 (ref)	38	133	171
B6 (utan glasrum)	74	76	150
C9 (utan betong)	19	135	154
Mätt 850422			
B4	32	47	79
B6	32	68	101
C9	40	65	104
Mätt 860127			
B4	32	108	140
B6	43	108	151
C9	36	97	133
Mätt 870223			
B4	36	97	133
B6	36	122	158
C9	108	76	184

Uppmätta totala frånluftsflöden (forcerad ventilation  
i m<sup>3</sup>/h). Mätningarna gjorda med fast monterade  
mätningar.

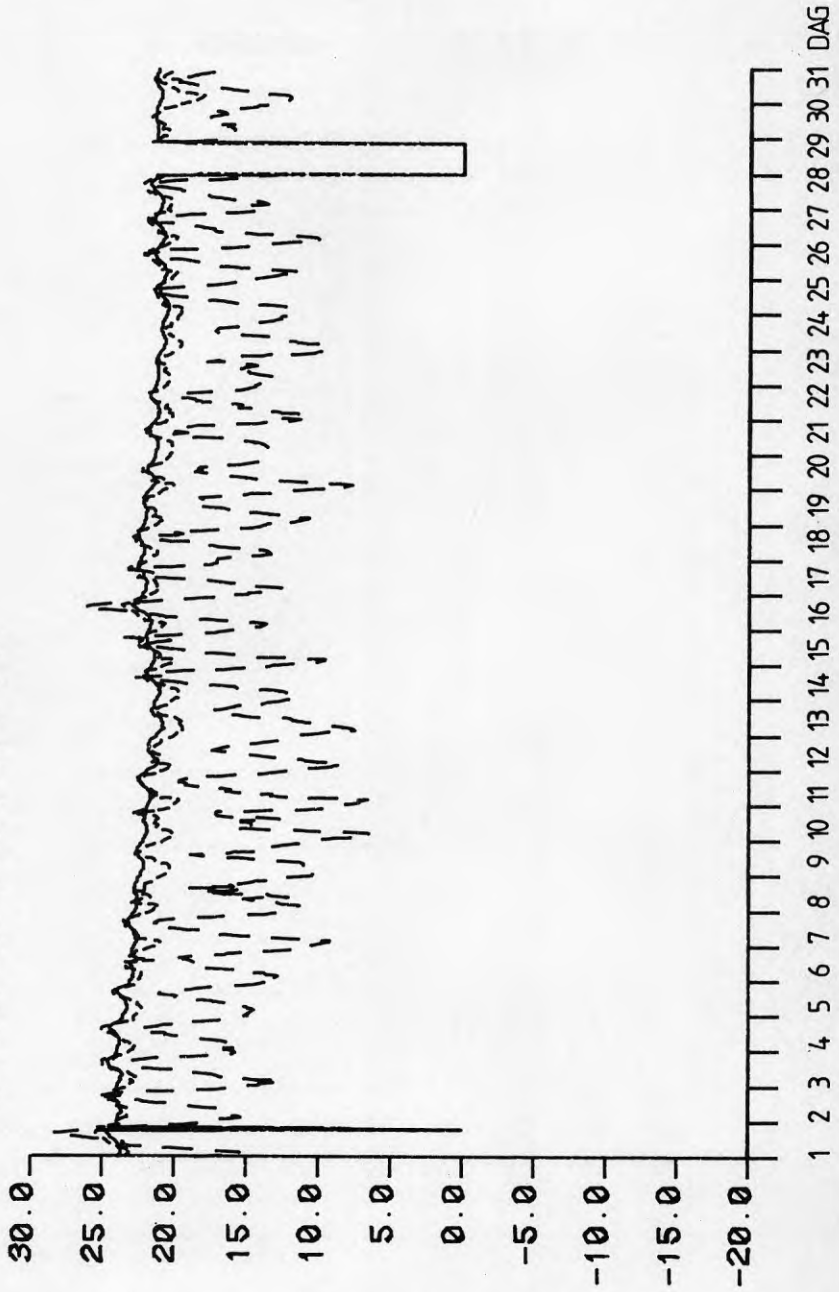
	Kök	Våtutrymmen	Totalt
Mätt 860127			
B4	119	108	227
B6	122	112	234
C9	119	97	216

GRAD C MEDELTEMPERATUR INNE, VINDFÄNG, UTE (0101 - 0131, HUS B4)  
MEDELTEMPERATUR 17,7, -1,9, -7,4

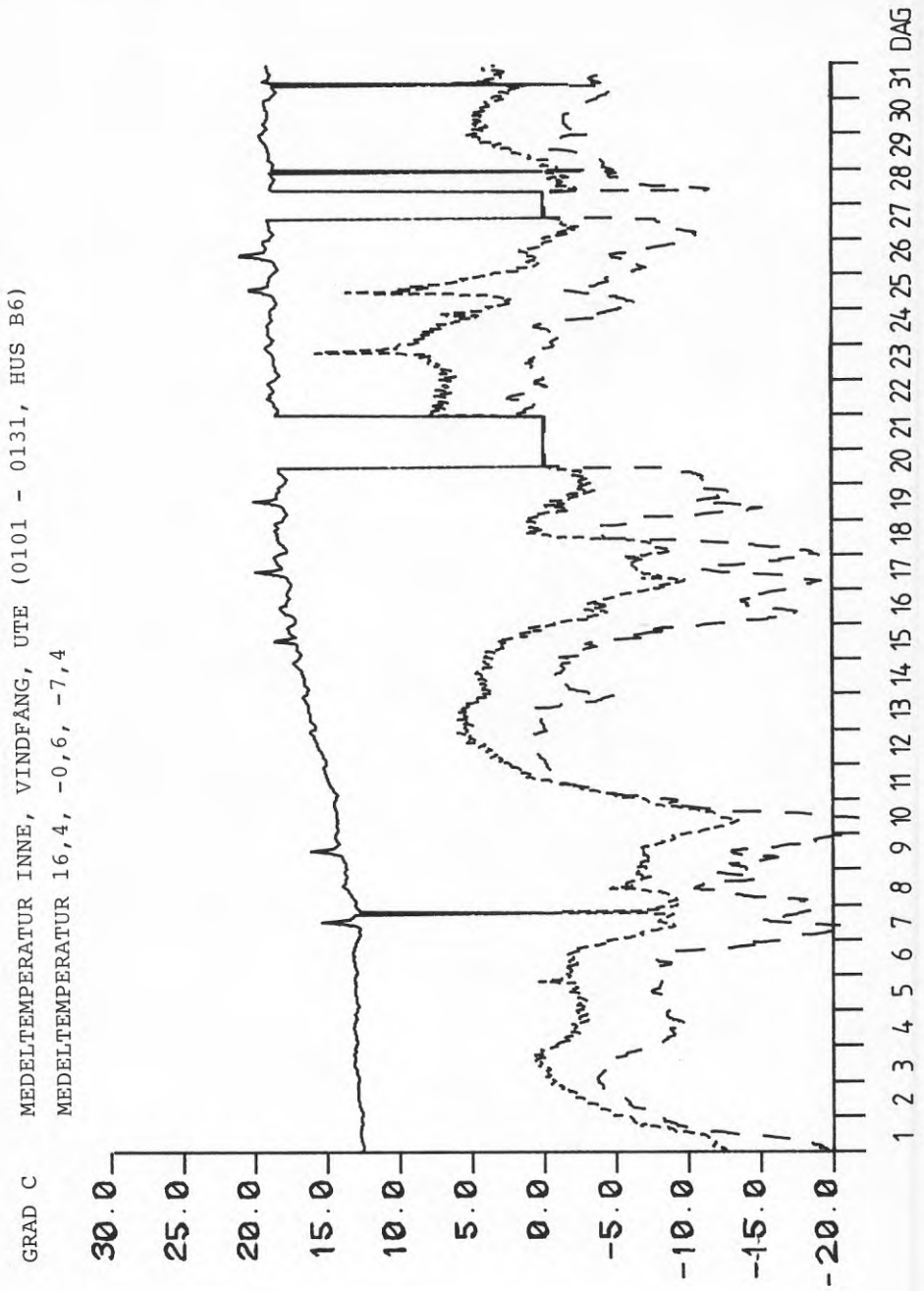


Figur 8:20a

GRAD C MEDELTEMPERATUR INNE, VINDFÄNG, UTE (0701 - 0731, HUS B4)  
 MEDELTEMPERATUR 22,2, 21,7, 16,2

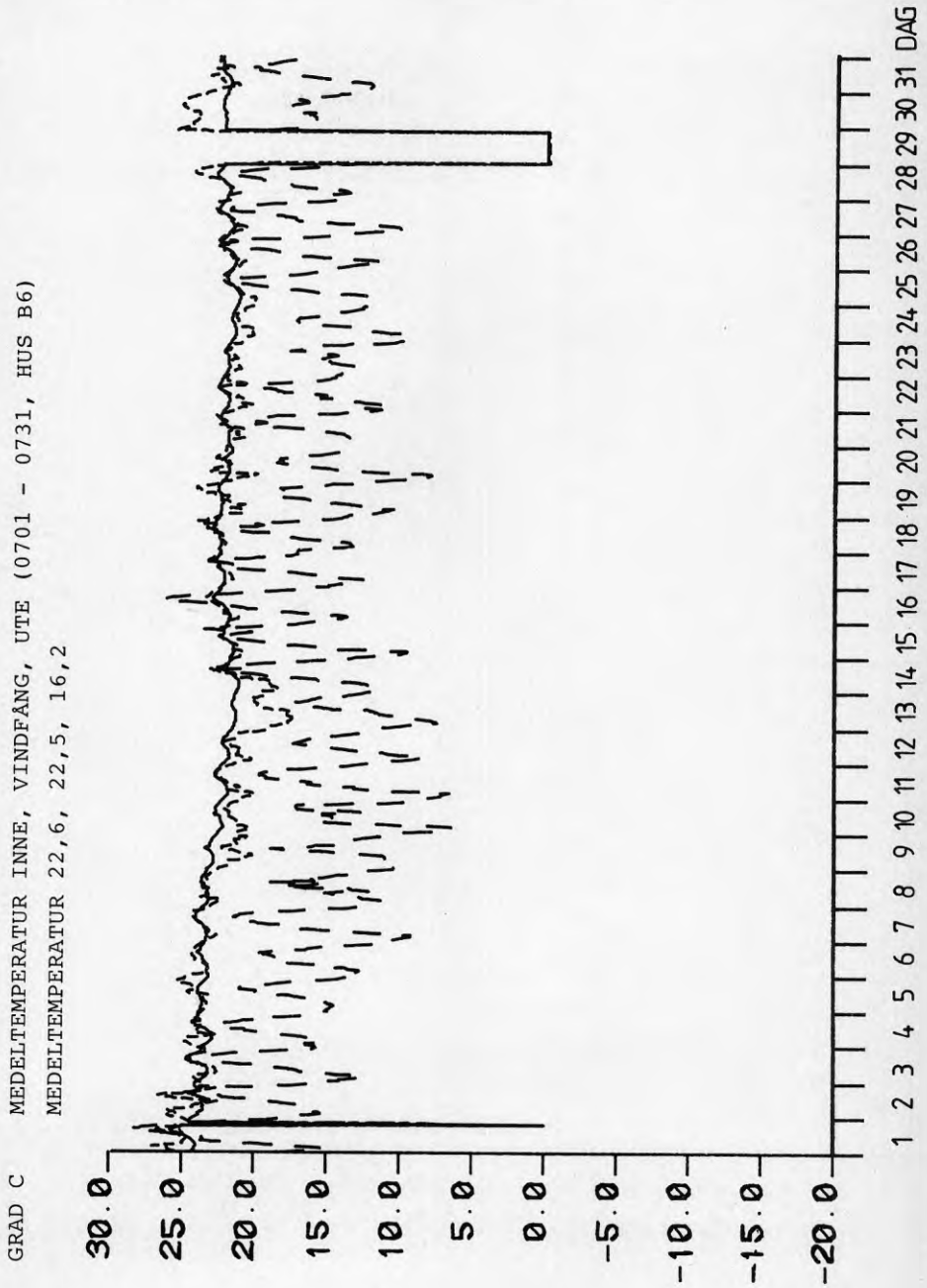


Figur 8:20b

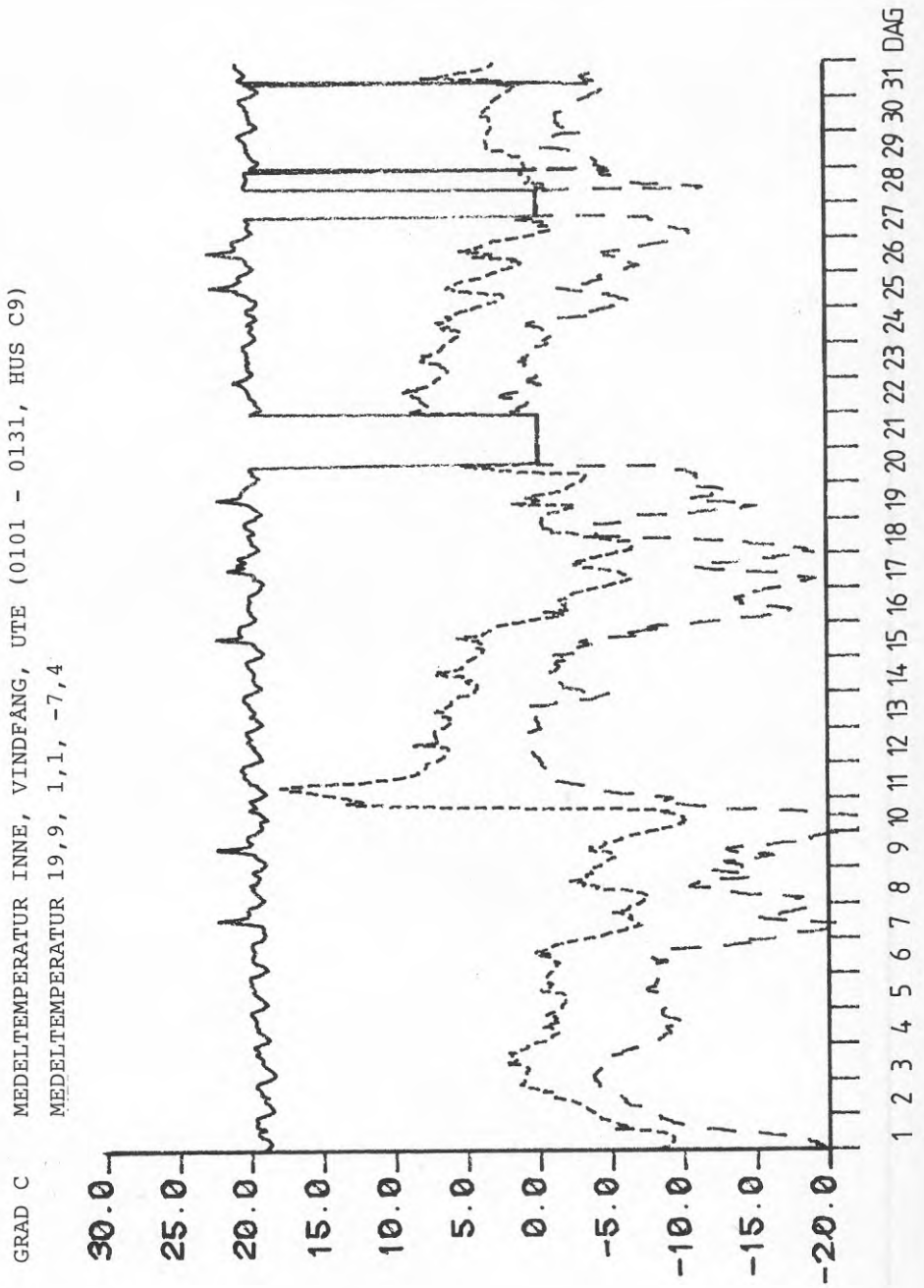


Figur 8:21a

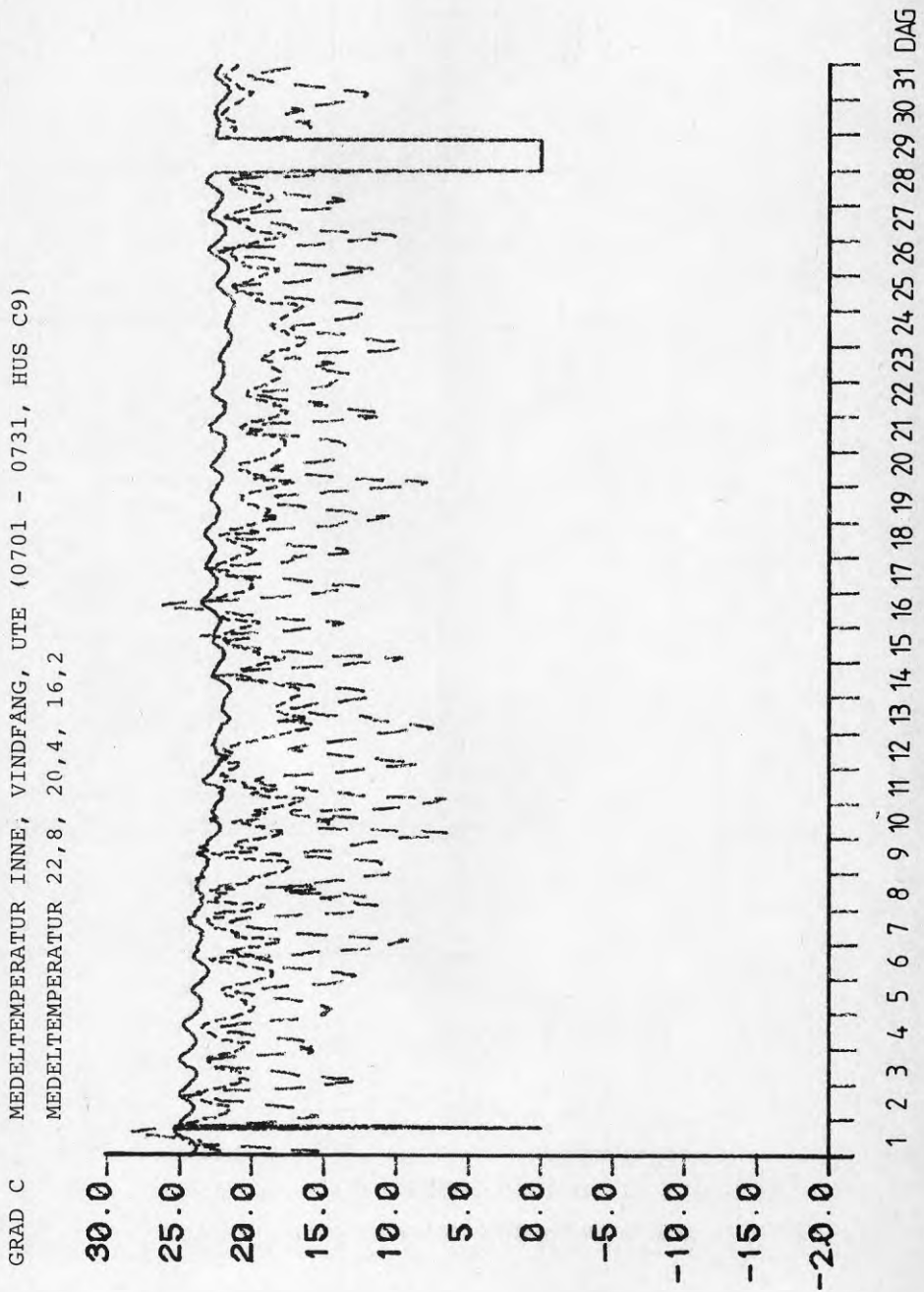




Figur 8:21b

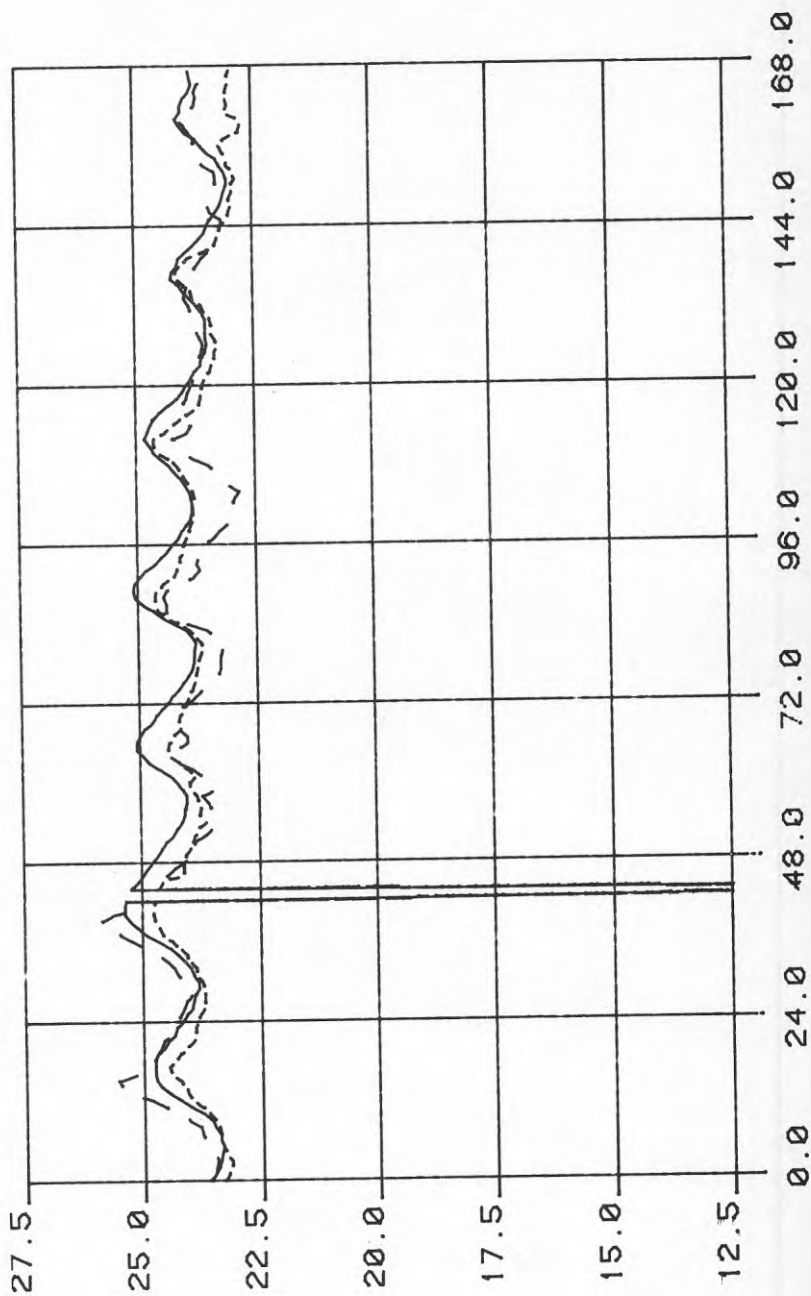


Figur 8:22a

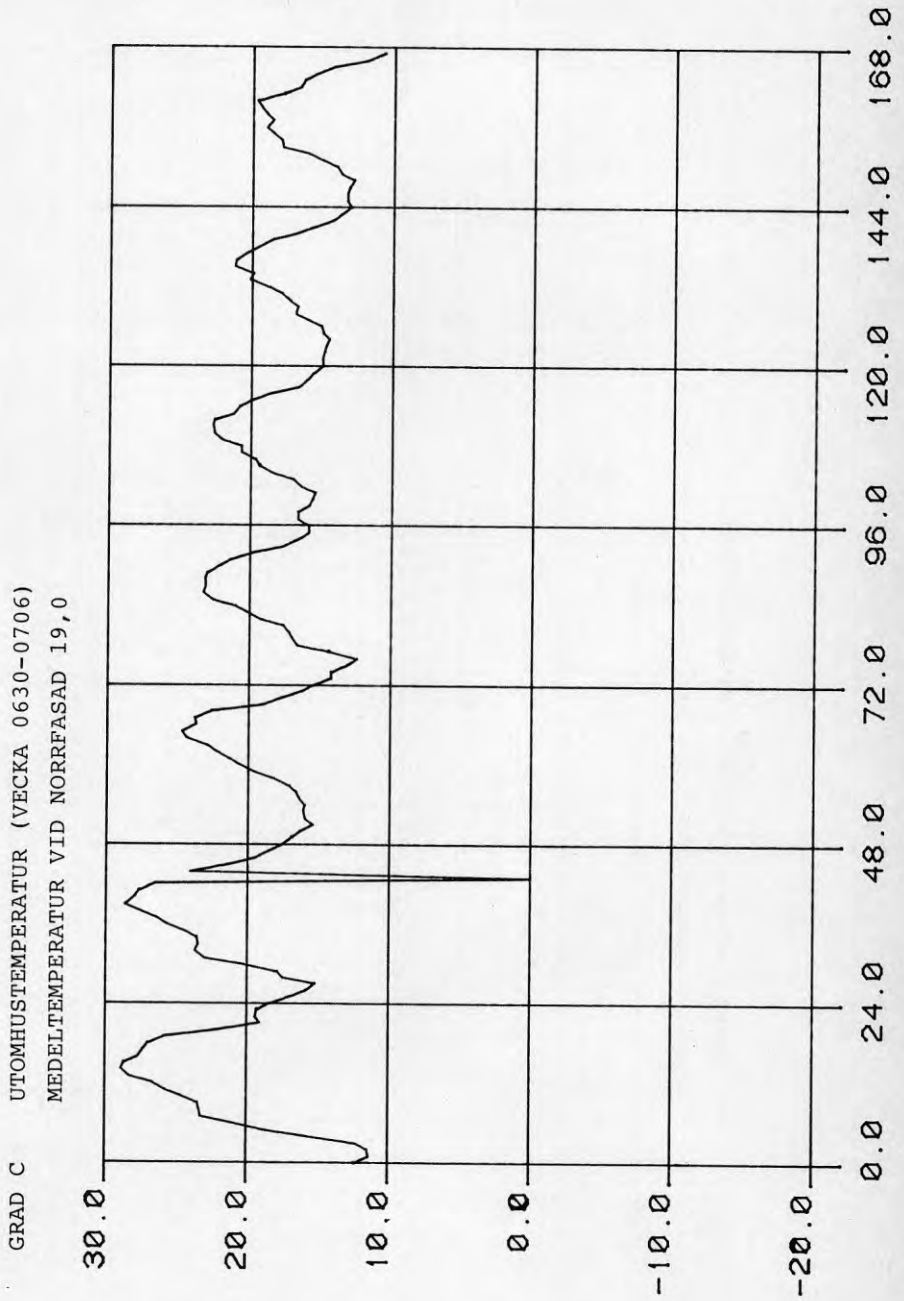


Figur 8:22b

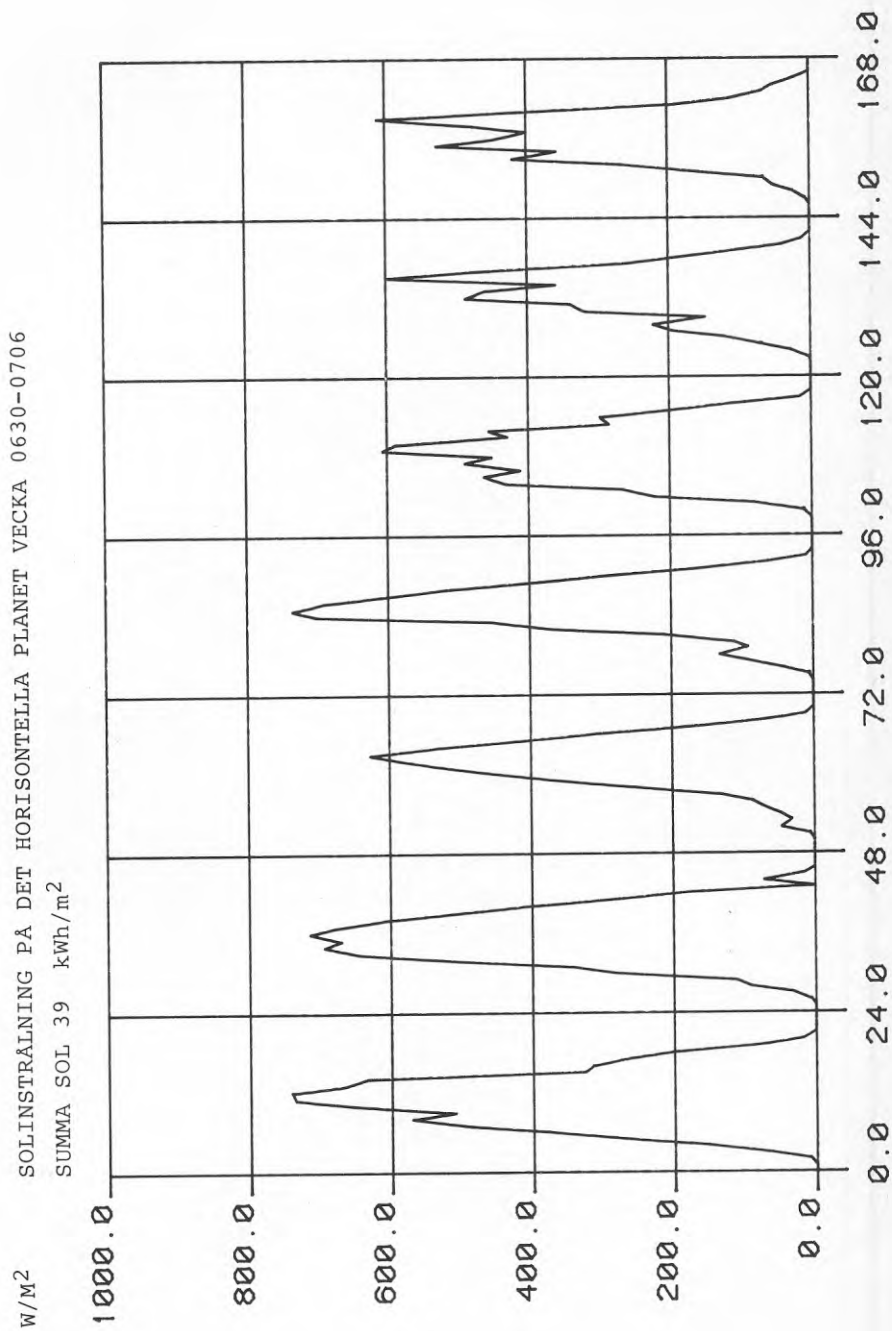
GRAD C MEDELTEMPERATUR INOMHUS (VECKA 0630-0706, HUS C9, B4, B6)  
EXKL VINDFANG. MEDELTEMPERATUR 24,1, 23,7, 23,9



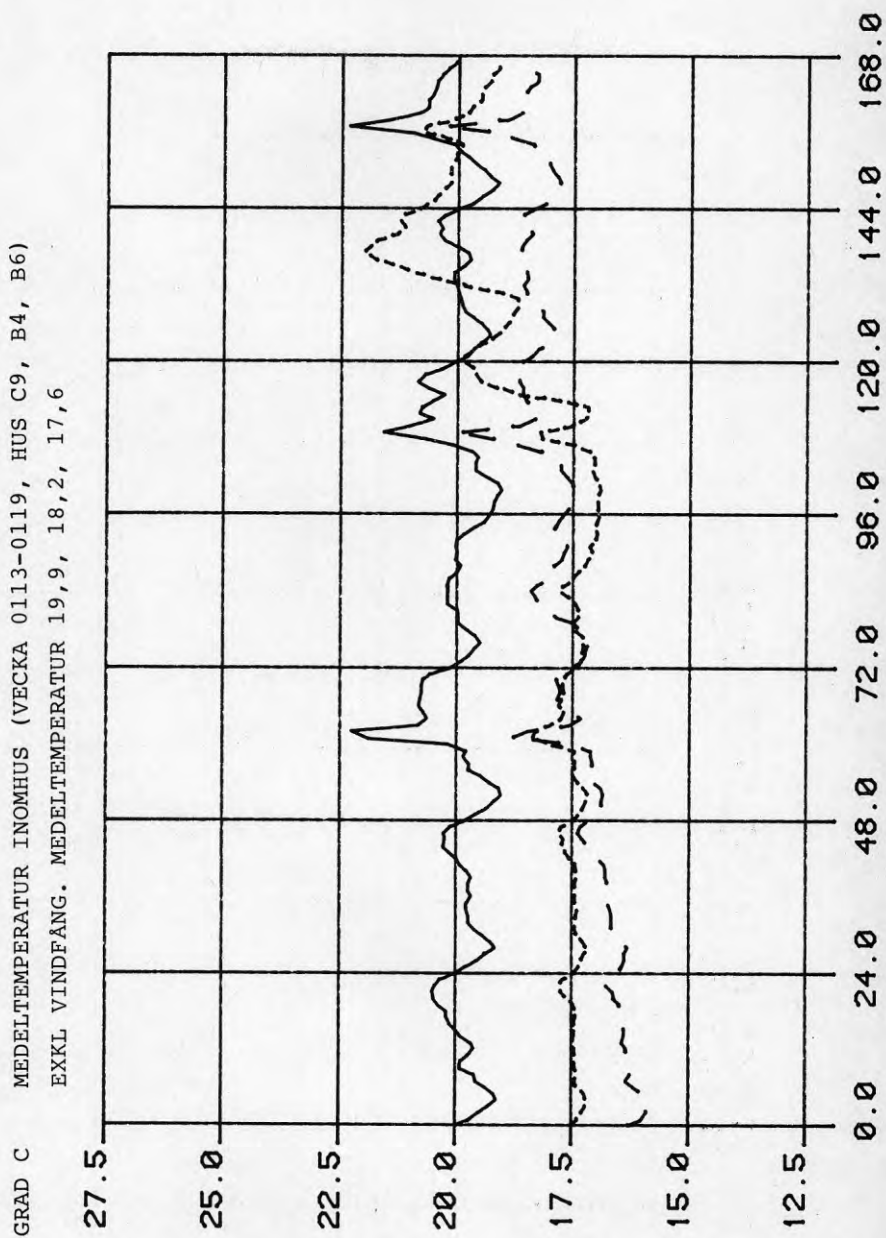
Figur 8:23a



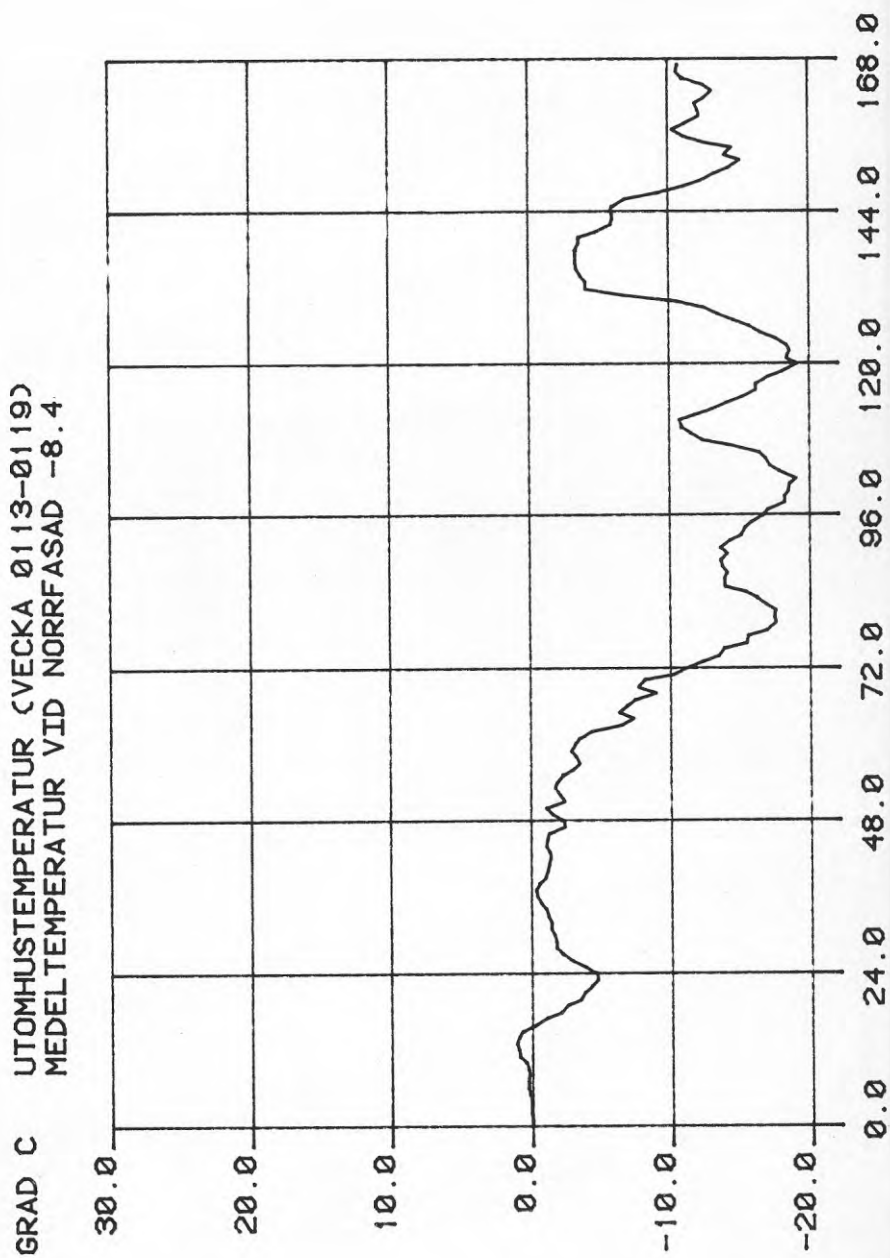
Figur 8:23b



Figur 8:23c

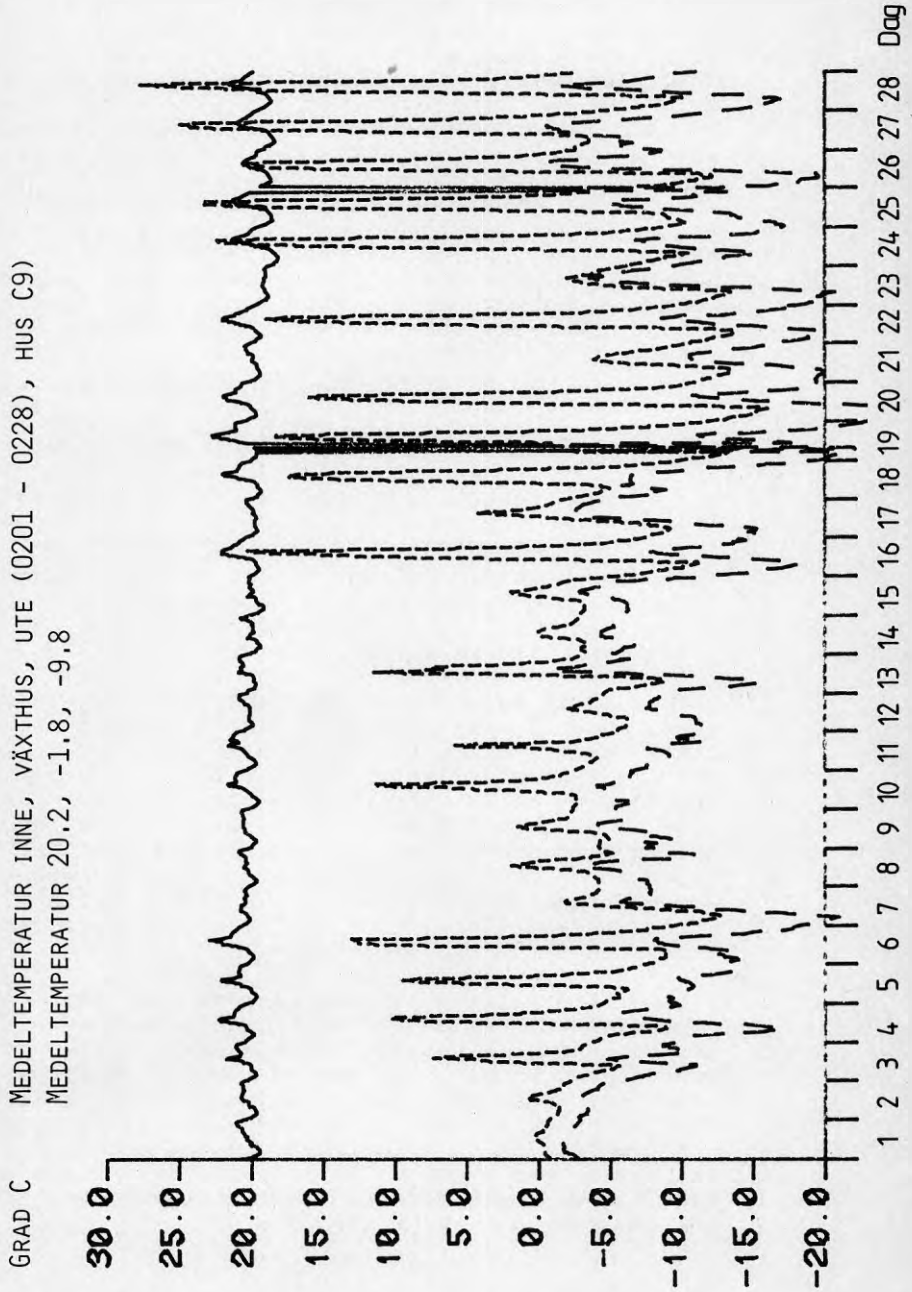


Figur 8:24a



Figur 8:24b





Figur 8:30

**MÄTSYSTEMET**

Mätdata lagrades av en datalogger på kassetband en gång per timme. En gång per vecka byttes banden och skickades till provningsanstalten. Mätdata från banden överfördes till laboratoriets minidator. Varje mätfil om en vecka komprimerades med hjälp av ett speciellt utvecklat datorprogram. Detta program skriver ut ett felmeddelande varje gång det träffar på ett orimligt mätvärde eller ett avbrott. Nya kan därefter läggas in. Om mätinsamlingen i husen av någon anledning ej fungerar, meddelas detta på loggerns display. All komprimerad mätdata finns tillgänglig på fast skivminne. Rådata överfördes på magnetband. Lagringen på magnetband är en ren säkerhetsåtgärd mot bl a datorhaveri. Vid mätningarna har systemens funktioner både vad gäller enskilda komponenter och helheten kunnat studeras. Ett fast mätprogram lagrade temperaturer m m. För utvärdering utnyttjades grafisk utrustning och ett interaktivt standardpaket.

Analog mätning

Det analoga mätsystemet utgjordes av en Accurex datalogger.

Instrålad solenergi mättes direkt med en pyranometer. Mätningarna gjordes med en minuts mellanrum. Dessa värden lagrades liksom alla andra mätvärden som timvärden på kassetband.

Temperaturer mättes med resistansgivare av typ Pt 100 under långtidsmätningarna. I allmänhet har inte speciella krav ställts utan standardgivare har använts. Mätning skedde med en minuts intervall. För givarna användes en gemensam omräkningsfunktion till temperatur. I projektet användes givare med 4-ledarekoppling. De två "extra" ledarna bidrar till att reducera mätfelet som uppkommer på grund av kabelresistansen. Mätinstrumentet sänder vid varje mättillfälle ut en strömpuls med styrkan 100 mA. Samtidigt mäts resistansen hos detektorn.

Vid korttidsmätningarna har temperaturer mätts med termoelement. Vid de här mätningarna har använts termoelement som består av metallerna koppar och konstantan. Dataloggern har en inbyggd referenstemperatur bestående av en metallskiva vars massa är tillräckligt stor för att ge en viss temperaturtröghet. Före varje mätning mäter instrumentet metallplattans temperatur med hjälp av en resistiv givare som innehåller en nickeldetektor. Instrumentets microprocessor använder mätvärdet som referens.

### Digital registrering

För mätning av elenergiförbrukning användes standard-elmätare (se figur 8.3). Elenergiförbrukningen registrerades med 0,1 kWh upplösning. Mätarna avlästes manuellt en gång per vecka.

Energiförbrukningen för rumsuppvärmning har mätts separat för de tre lägenheterna. Detta har gjorts med hetvattenmätare av vinghjulstyp kombinerade med två stycken Pt 100 temperaturgivare. Integreringen av värmemängden har skett med ett integrerande datainsamlingssystem utvecklat vid Statens Provningsanstalt. Veckovisa avläsningar har gjorts.

Varmvattenförbrukningen har mätts med varmvattenmätare av vinghjulstyp och avlästes en gång per vecka.

### Magnetbandsformat

Alla råmätdata finns numera lagrade på 1 600 bpi, magnetband.

Data är lagrade som reella tal i poster om 150 tal. Varje post motsvarar i timmar medelvärden av använda givare. För varje dygn samlas posterna i en fil. Filen innehåller 24 poster med mätdata. Filnamnet innehåller dygn då mätdata är insamlade och en projektkod - KAR. Dessutom är filen märkt som datafil med ändelsen - .DAT. Mätdata från den 5/6 lagras alltså i filen KAR0605.DAT.

All övrig information beträffande vilket mätvärde som hör till en speciell givare och dylikt måste tillföras utvärderingsprogrammen på annat sätt.

### Mätgivare

#### Sammanställning av mätlägenheterna

De tre lägenheterna har samma mätpunkter, med följande undantag:

- Hus B6 har inget glasrum
- Hus B6 och C9 har inga temperaturgivare i marken
- Hus B6 och C9 har inget gavelförråd.

Mät- punkt	Beskriv- ning	Placering	Typ	Insam- lings- period	Uppskat- tad mät- onoggrann- het
T1	Temp	Hall o.v. 1,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T2	Temp	Sovrum o.v. 1,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T3	Temp	Sovrum o.v. 1,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T4	Temp	Vindfång 1,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T5	Temp	Vardagsrum 1,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T6	Temp	Sovrum b.v. 1,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C

T7	Temp	Sovrum o.v. 0,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T8	Temp	Sovrum o.v. 2,1 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T9	Temp	Vardagsrum 0,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T10	Temp	Vardagsrum 2,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T11	Temp	Sovrum b.v. 0,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T12	Temp	Sovrum b.v. 2,1 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T13	Glob temp	Vardagsrum 1,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T14	Temp	Gavelförråd	Pt 100	1 min	±0,3 C
T15	Temp	Glasrum 0,4 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T16	Temp	Glasrum 1,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T17	Temp	Glasrum 2,2 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T18	Temp	Mark 1,0 m, 2,5 m från hus	Pt 100	1 min	±0,3 C
T19	Temp	Mark 0,1 m under sockelisolering	Pt 100	1 min	±0,3 C
T20	Temp	Mark 0,5 m under markisolering (husmitt)	Pt 100	1 min	±0,3 C
T21	Temp	Som T20 men 1,5 m	Pt 100	1 min	±0,3 C
T22	Temp	Som T20 1 m fr sockel	Pt 100	1 min	±0,3 C
T23	Temp	Som T21, 1 mfr sockel	Pt 100	1 min	±0,3 C
V25	Varmvattenförbrukning		Ving-hjuls	Kont	±5%
V26	Kallvattenförbrukning		Ving-hjuls	Kont	±5%
T27	Temp	Framledning	Pt 100	Kont	Diffens
T28	Temp	Returledning	Pt 100	Kont	±0,1 C
V29	Värmevattenförbrukning		Ving-hjuls	Kont	±5%
E:1	Hushållselförbrukning		El-mätare	Kont	±2%

#### Mätpunkter

E30	Solstråning på horisn.planet	Pyranometer	1 min	±5%
E31	Solstråning på vertikalplanet	Pyranometer	1 min	±5%
T32	Temp Ute, nordostfasad	Pt 100	1 min	±0,3 C
V33	Vindhastighet på 10 m höjd	Anemometer	1 min	±0,5 m/s
V34	Vindriktning			

**ENERGIBERÄKNINGSPROGRAMMET STAWAD-SP**Inledning

Programmet har utarbetats vid institutionen för husbyggnadsteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Programmet finns presenterat bl.a. i ett examensarbete av Bengt Ståhl och Kjell Wader. Kjell Wader var anställd vid Husbyggnadsteknik för att bland annat vidareutveckla STAWAD, t o m 1984.

Kort beskrivning av programmet

Programmet är ett datorprogram som kan köras på en minidator. Med hjälp av timvärden på klimatet beräknas en byggnads energiförbrukning för längre tidsperioder, exempelvis ett år. Programmet beräknar med hjälp av analytiska metoder värmetrögheten för en byggnad. De analytiska resultaten kombineras till en resistanskapacitans modell med ett fåtal noder. I beräkningarna används ett tidssteg på en timme. Med finitadifferensmetoden beräknas temperaturer. Datorprogrammet tar hänsyn till solens inverkan och byggnadens dynamik, dvs dess förmåga att kunna lagra värme i de olika byggnadsdelarna. I programmet ingår en solavskärmningsmodell. Hänsyn kan även tas till gratisvärme i form av t ex personvärme. En dygns-, vecko-, månads- och årsprofil för gratisvärmens kan specificeras. Byggnaden betraktassom en zon med sex stycken sidor. Uppvärmningsbehovet och kylningsbehovet för denna zon beräknas. Ventilationen kan varieras enligt en förutbestämd profil. Max- och min innetemperatur specificeras.

## 10. REFERENSER OCH LITTERATUR

- Adamson B, Claesson J, Eftring B., "Bjälklag på jord - grundläggningsdjup. BFR R40:1973
- Adamson B, Backman, H.E., "Glas i hus". Esselte Studium 1975
- Adamson B., "Glas och energi". Glasbranschrådet, broschyr
- Adamson B och Kjellblad K., "Byggnaders energibalans - en handberäkningsmetod. BKL 1978:2 och 1982:3.
- Berg E., "Dimensionerande utetemperatur - val av den externa köldperiodens längd". Institutionen för uppvärmning och ventilationsteknik, KTH, Årsrapport 1982
- Blomsterberg, Å., 1984. "The influence of Climate and Ventilation System on Airtightness Requirements." Proceedings of 5th AIC Conference in Reno, Nevada, USA.
- Brosenius H., "Värmeisolerande fönsterluckor". BFR R121:1979
- Brown G, Isfält E., "Instrålning från sol och himmel under klara dagar". BFR R19:1969
- Brown G, Isfält E., "Solinstrålning och solavskärmning" BFR R19:1974
- Brown G, Partheen K., "Värmelagring och temperatur i väggar och bjälklag vid rumstemperatursväxningar". Statens Provningsanstalt Rapport 80:13
- Carlson, P.-O., Blomsterberg, Å., "LÄTTBYGG 85 - Energi- och resurssnåla småhus med låg boendekostnad", Byggeforskningsrådet, 1988.
- Eek H, Solbräcke B., Sol, tyngd och värme - passivt solhus med tung vägg". BFR T7:1982
- Elmroth, A., Granberg, G., "SPARSAM - Fem energisnåla småhus med glasveranda och värmepump", Byggeforskningsrådet, R47:1987.
- Erat B, Björkholtz D., "Bygg klimatanpassat". Svensk Byggtjänst 1983
- Fredlund, B., "Flerbostadshus med glasverandor, Taberg - Energi- och inneklimatanalys", Byggeforskningsrådet, R106:1987.
- Glaumann M., "Sol i bebyggelseplanering". BFR T37:1976
- Hagman F, Isfält E., "Fönster som energifaktor". BFR R43:1975
- International Energy Agency 1985. "Monitoring and Performance Evaluation: Procedures and Guidelines" (arbetsrapport).
- Isakson P., Kellner J., "En jämförelse mellan en lätt byggnad med aktiv värmelagring och en tung byggnad". Byggeforskningsrådet R105:1984
- Källblad K, Adamson B., "BKL-metoden. Byggnaders energibalans, en handberäkningsmetod". Lunds tekniska högskola, Institutionen för Byggnadskonstruktionslära. Rapport BKL 1982:3.
- Lind J, Persson M, Pettersson S., "Enkla program för beräkning av värmebalans". BFR R73:1981

- Lundin, L., Aiff, O., Blomsterberg, Å., 1982. "Kontinuerliga ventilationsmätningar med spårgas." SP-RAPP 1982:23, Borås.
- Munther K., "Energisnåla småhus". BFR R110:1982
- Peterson F., "Kompendium I:4". Uppvärmning och ventilationsteknik, Kungl Tekn Högskolan.
- Sandberg, M., 1985. "Ventilationseffektivitet - lyckat och mindre lyckat, några praktiska exempel". VVS/Energi, 10/85, Stockholm.
- SBN 80, Svensk Byggnorm. Statens Planverks författningssamling 1980:1
- Statens Planverk, Kommentarer till svensk byggnorm.
- Sherman, M., "Air Infiltration in Buildings," doktorsavhandling, LBL-10712, Lawrence Berkeley Laboratory, U.S.A., 1980.
- SIB (Statens institut för byggnadsforskning), "Prov av tilluftsdon - Fresh 80," 1980.
- Solar Energy Research Institute, 1980. "Program Area Plan: Performance Evaluation of Passive/Hybrid Solar Heating and Cooling Systems." Denver, Colorado, USA.
- Ståhl, B., Wader, K., 1982. "Energiberäkningsprogram STAWAD", Lunds Tekniska Högskola, Lund.
- Taesler R., "Klimatdata för Sverige". BFR 1972
- Wader, K., 1984. "Små och medelstora energiberäkningsprogram". Lunds Tekniska Högskola, Husbyggnadsteknik, Lund.
- Wolgast M., "Det superisolerade huset". Gullfiber AB, 1982
- VVS-handvoken, tabeller och diagram. Förslags AB VVS, Stockholm
- VVS-Special "Solvärme 2:1980". Förslags AB VVS, Stockholm









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810359-3 från  
Statens råd för byggnadsforskning till EFEM arkitektkontor  
i Göteborg samt forskningsanslag 830773-2 till Statens  
Provningsanstalt i Borås.**

**R24: 1989**

**ISBN 91-540-5010-3**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6709024**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
171 88 Solna**

**Cirkapris: 60 kr exkl moms**