



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

R106:1987

**Flerbostadshus med
glasverandor, Taberg**

Energi- och inneklimatanalys

Bertil Fredlund

R
Drall

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Ser

Byggeforskningsrådet

R106:1987

FLERBOSTADSHUS MED GLASVERANDOR, TABERG

Energi- och inneklimatanalys

Bertil Fredlund

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 851090-5 från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lunds tekniska högskola, Lund.

REFERAT

Projektet avser fyra tvåvånings flerbostadshus med därtill hörande garagebyggnad, förråd och kvarterslokal/tvättstuga. I varje bostadshus ingår 8 lägenheter på 4 st 4 rok, 2 st 2 1/2 rok samt 2 st 2 rok. Karakteristiskt förbyggelsen är söderfasaderna med sina glasverandor i anslutning till balkonger och uteplatser.

Bostäderna förvaltas av stiftelsen Tabergshem och uppfördes av ABV Armerad Betong Vägförbättringar AB, Jönköping. Inflyttningen skedde i maj 1981.

I projekteringsarbetet har speciellt stor vikt lagts vid passivt energibesparande åtgärder. Den genomförda fältundersökningen baseras på mätningar i samtliga 32 lägenheter.

En energibalans har ställts upp, med hjälp av BKL-metoden, för en medelhöghälsa under 1982, där indata baserats på genomförda mätningar. Solutnyttjande och specifika förluster har här bestämts genom regressionsanalys. Från den uppställda energibalansen har följande resultat erhållits. Den totalt uppnämnda elförbrukningen är 122 kWh/m²,år och den beräknade 126 kWh/m², år. Beräknad elförbrukning till uppvärmning är 59 kWh/m²,år, resterande elenergi 67 kWh/m²,år åtgår för husvärmning, varmvattenproduktion, fläktar, trapphusbelysning samt viss utebelysning. Till detta kommer elförbrukningen i gemensamhetsanläggning och tvättstuga som uppgår till 18 kWh/m²,år. Samtliga elförbrukningar är baserade på en uppvärmd yta = 765 m²/huslänga.

Den reduktion i transmissionsförluster från lägenheten som erhålls på grund av verandans uppvärmning har beräknats till 4 kWh/m²,år.

Den här blygsamma besparing motiverar inte ensamt valet att förse lägenheterna med glasverandor. Om det dessutom beaktas att verandakonstruktionen och verandaglasat reducerar solinstrålningen i lägenheten minskas inverkan av verandans bidrag i energibalansen med ca hälften, dvs ca 2 kWh/m²,år. Med ett energipris på 0.35 kr/kWh motsvarar detta för fyrrarumlägenheten med ca 100 m² lägenhetsyta en årlig besparing med 77 kr.

Den årliga totala vattenförbrukningen är 112 m³ per år och lägenhet, varav ca 16% utgör tvättstugans vattenförbrukning. Vattenförbrukningen per person är i genomsnitt ca 100 liter per dygn.

En jämförelse mellan beräknad total elförbrukning för en hel huslänga enligt BKL-metoden och DEROB med uppmätt energiförbrukning under kalenderåret 1982 visar att båda metoderna ger en tillfredsställande beskrivning av hur energitågningen varierar under året.

Avslutningsvis konstateras att lägenheterna i Taberg har en god energiekonomi. Detta beror framför allt på hög isoleringsstandard i kombination med direktverkande elvärme som har ett regelsystem som snabbt reagerar på gratisenergitillskott. Verandorna har en underordnad betydelse för lägenheternas energiförbrukning. Vid projekteringsarbetet har verandornas täthet och möjligheterna att utnyttja energitillskott från solstrålning överskattats. Bidraget från kökvarme har underskattats. Dessa felkattningar har dock jämnat ut varandra och projekterad energiförbrukning för uppvärmning stämmer väl överens med den som erhålls ur en uppställd energibalans baserad på mätningarna, ca 60 kWh/m², år. Detta kan jämföras med den energiförbrukning, 93 kWh/m²,år, som erhålls om husen utförs i SEN 80-standard och utan glasverandor.

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

R106:1987

ISBN 91-540-4812-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD

1	INLEDNING	1
2	BESKRIVNING AV DE UNDERSÖKTA BYGGNADERNA	4
2.1	Bostadsområdet och lägenhetsutformning	4
2.2	Teknisk beskrivning av byggnaderna	11
2.3	Teknisk beskrivning av uppvärmningssystemet	13
2.4	Varmvattenproduktion	14
2.5	Ventilationssystem	15
2.6	Verandornas konstruktion	17
3	BESKRIVNING AV TABERGS KLIMAT OCH MODELL FÖR SOLINSTRÅLNING	19
3.1	Lufttemperatur	20
3.2	Vindhastighet	22
3.3	Lufttryck och relativ fuktighet	24
3.4	Solstrålning	25
3.4.1	Kortvägig strålning från klar himmel	28
3.4.2	Kortvägig strålning från molnig himmel	36
3.4.3	Beräkning av solstrålning mot lutande ytor	38
3.4.4	Beräkning av långvägig strålning	40
3.4.5	Beräkning av långvägig strålning vid molnig himmel	43
3.4.6	Jämförelse av uppmätt och beräknad solstrålning	45
4	FÄLTUNDERSÖKNING	48
4.1	Metodbeskrivning	48
4.2	Dagbok och mätperioder	50
4.3	Mätutrustning	54
5	BERÄKNAT ENERGIBEHOV	67
5.1	Transmissionsförluster	67
5.2	Ventilationsförluster	69
5.3	Avloppsförluster	69
5.4	Energibehov beräknat enligt BKL-metoden	70
5.4.1	Indata till BKL-metoden	71
5.4.2	Beräknad energibalans enligt BKL-metoden	73

6	BYGGNADERNAS ENERGIANVÄNDNING - VECKOAVLÄSNINGAR	77
6.1	Indata	77
6.1.1	Uppmätta och beräknade storheter	77
6.1.2	Mätfel	77
6.1.3	Tidssampling och standardisering av mätdata	78
6.2	Uppmätt elförbrukning, innetemperatur och vattenförbrukning	79
6.2.1	Vinter- och sommarperioder	79
6.2.2	Beräknad normalårsförbrukning	83
6.2.3	Områdesgemensam förbrukning	85
6.2.4	Total el- och vattenförbrukning relaterad till bostadshusens storlek	86
6.3	Regressionsanalys av vinterobservationer på lägenhetsnivå	88
6.3.1	Observationsurval och avgränsningar	88
6.3.2	Regressionsanalysens resultat	89
7	REDOVISNING AV MÄTRESULTAT FRÅN FÄLTUNDERSÖKNING	94
7.1	Inomhustemperatur	94
7.1.1	Lägenhetstemperaturer	94
7.1.2	Trapphustemperatur - transmission mellan lägenheter och trapphus	97
7.2	Verandatemperaturer	100
7.3	Energiförbrukning	107
7.4	Luftomsättning	110
7.4.1	Luftväxlingsmätningar	110
7.4.2	Bestämning av ventilationsförluster med hjälp av mätningar och intervjuer	113
7.5	Bovärme	115
7.5.1	Personvärme	115
7.5.2	Bidrag från hushållsel	116
7.5.3	Inverkan av kall- och varmvatten	116
7.5.4	Sammanfattning av bovärme	119
7.6	Energitransport mellan lägenheter	119
7.7	Energitransport mellan veranda och lägenhet	120
7.8	Värmeväxlarens verkningsgrad	123

8	ENERGIBALANS BESTÄMD ENLIGT BKL-METODEN OCH MED INDATA FRÅN FÄLTUNDERSÖKNING	132
8.1	Specifika förluster och solutnyttjande	132
8.2	Energibalans för fyra detaljmätta lägenheter	136
8.3	Energibalans för medellägenhet och medelhuslänga	146
9	SOLSTRÅLNING GENOM FÖNSTER	152
9.1	Jämförelse av transmitterad solstrålning enligt BKL-metoden och transmitterad solstrålning baserad på timvärden	152
9.2	Jämförelse mellan modellfönster och till lägen- heten totalt transmitterad solstrålning enligt BKL-metoden	154
9.3	Förhållandet mellan uppmätt solstrålning och beräknad solstrålning utanför och innaför fönster	157
9.4	Kontroll av solarimetrar och beräkningsmodell	165
10	ENERGIBALANS BESTÄMD ENLIGT BERÄKNINGSPROGRAMMET DEROB	168
10.1	Beräkningsprogrammets uppbyggnad	168
10.2	Energibalans för en väggyta	171
10.3	Energibalans för en volym	174
10.4	Värme- eller kylbehov enligt specificerat termostatbörvärde	177
10.5	Kompletteringar och ändringar i DEROB-programmet	178
10.5.1	Fönsterdata	178
10.5.2	Egna materialdata	179
10.5.3	Inläsning av klimatdata	179
10.5.4	Konvektiva α -värden och markmotstånd	179
10.5.5	Beräkning av strålningsutbyte mellan väggytor	180
10.5.6	Beräkning av diffus solinstrålning	181
10.6	Simulering av modellfönstret enligt DEROB	181
10.7	Lägenhetsmodeller för DEROB-simuleringar	185
10.7.1	Lägenhetsmodell för 4 rok gavel	186
10.7.2	Lägenhetsmodell för 4 rok	189
10.7.3	Lägenhetsmodell för 2 1/2 rok	190
10.7.4	Lägenhetsmodell för 2 rok	192
10.7.5	Modell för trapphuset	193
10.8	Korrigerering av klimatdata	194
10.9	Validering av lägenhetsmodeller	195

10.9.1	Simulering av referenslägenhet, två rum och kök	201
10.9.2	Simulering av bebodd lägenhet, fyra rum och kök	207
10.10	Tidskonstant för lägenhet och veranda	213
10.11	Årssimulering med DEROB	216
10.12	Generalisering av mätdata med hjälp av DEROB	221
11	SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER	223
12	REFERENSER	228
Bilaga A	Värmeövergångskoefficienter och specifika transmissionsförluster	231
Bilaga B	Indata till BKL-metoden	240
Bilaga C	Ventilationsaggregatets inställning, luftomsättningar och specifika ventilationsförluster	249
Bilaga D	Innetemperatur och energiförbrukning i lägenhet C1-C4	252
Bilaga E	Bovärme, beredarförluster och avloppsförluster i lägenhet C1-C4	255
Bilaga F	Indata till BKL-metoden baserade på mätningar	258
Bilaga G	Energibalans enligt BKL-metoden för lägenhet C1-C4	264
Bilaga H	Sammanställning av indata för beskrivning av lägenhetsmodeller enligt DEROB	269

FÖRORD

Föreliggande rapport utgör slutrapport av de undersökningar som utförts rörande flerbostadshus med glasverandor i Smålands Taberg. Projektet har genomförts av mätgruppen vid institutionen för Byggnadskonstruktionslära under ledning av Bertil Fredlund.

Inom projektet har förutom undersökningarna av bostäderna även inkluderats ett tidskrävande utvecklingsarbete rörande simuleringsprogrammet DEROB. Detta arbete har bedrivits av författaren i samarbete med Hasse Kvist, Kurt Källblad och Maria Wall. Maria Wall har dessutom genomfört ett examensarbete med utnyttjande av genomförda undersökningar av bostäderna i Taberg.

Urban Lundh har ansvarat för upphandling och montering av mätutrustning samt tillsammans med Hans Follin och Egon Lange monterat och testat densamma. Egon Lange har dessutom tillsammans med författaren planerat fältmätningarna och bidragit med värdefulla synpunkter vid utvärderingsarbetet.

Thomas Lundgren har studerat de boendes roll för energiförbrukningen genom att analysera de genomförda veckoavläsningarna med statistiska metoder. Resultaten från dessa undersökningar publiceras i en separat rapport. I kap 6 i föreliggande rapport, skrivet av T Lundgren och redigerat av B Fredlund, sammanfattas dock vissa av undersökningarnas resultat.

Som ett led i att ständigt förbättra utvärderingsmetoderna har Bengt Emanuelsson omformat och utökat utvärderingsprogrammets möjligheter vid institutionens HP 1000-dator.

Det mycket omfattande simuleringsarbetet med DEROB-programmet har, under ledning av författaren, genomförts på ett förtjänstfullt sätt av Stefan Gustavsson.

Figurerna har renritats av Hans Follin och Marianne Abrahamsson har tålmodigt och snabbt renskrivit hela rapporten.

Lund i april 1987

Bertil Fredlund

1 INLEDNING

Projektet avser fyra tvåvånings flerbostadshus med därtill hörande garagebyggnad, förråd och kvarterslokal/tvättstuga. Byggnadsutformningen har utförts av professor Bengt Hidemark tillsammans med professor Bo Adamson och Hidemark & Danielsson Arkitektkontor.

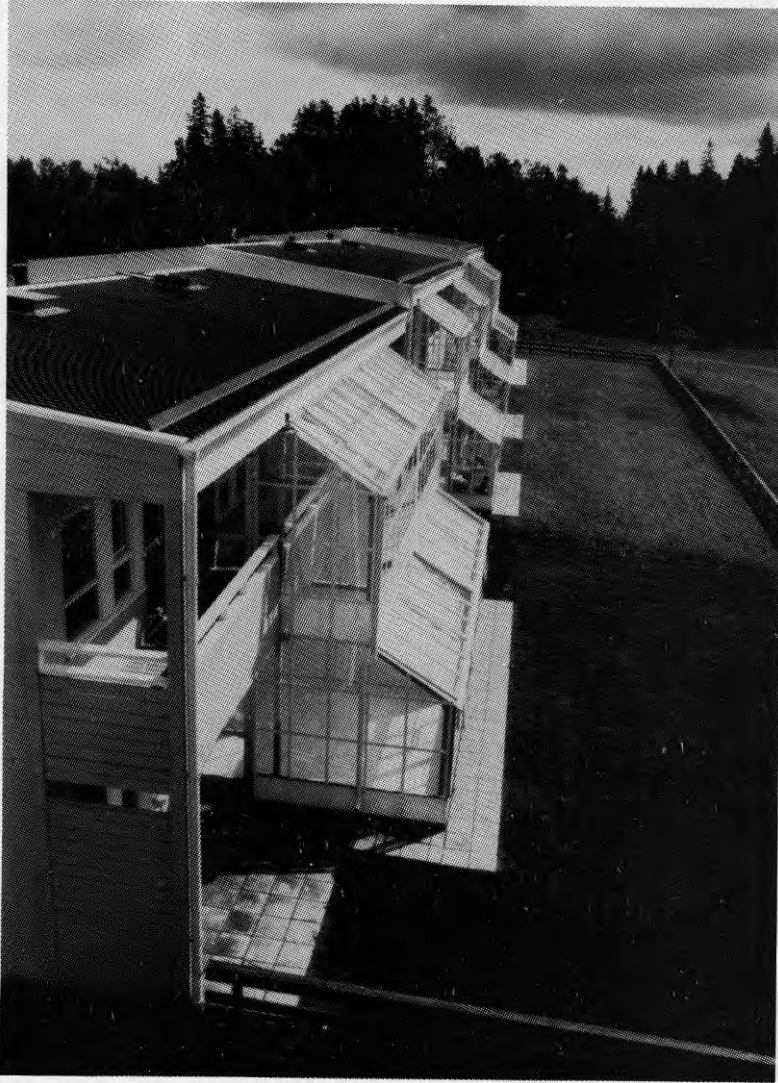


FIG.1.1 Söderfasaden med sina karakteristiska glasverandor.

I varje bostadshus ingår 8 lägenheter fördelade på

- 4 st 4 rum och kök
- 2 st 2 1/2 rum och kök
- 2 st 2 rum och kök

I projekteringsarbetet har speciellt stor vikt lagts vid passiva energibesparande åtgärder. Härvid har av projektörerna följande punkter bedömts som väsentliga

- Bebyggelsen orienteras i syd-nordlig riktning
- Sydligt belägna rum förses med stora värmeupptagande glasytor och rum mot norr ges begränsade fönsteröppningar
- Varje lägenhet förses med en glasveranda som tidigt på våren till sent på hösten "utvidgar" lägenheten och ger den ett väsentligt energitillskott under uppvärmningssäsongen
- Att konstruktionsmässigt utföra byggnaderna som "värmetröga" konstruktioner som utjämnar temperaturdifferenser över dygnet
- Att värmeöverskott från hushåll, personer och sol kan tas tillvara med ett väl fungerande reglersystem för värmesystemet. Därför har ett värmesystem med direktverkande elradiatorer valts
- Mekanisk till- och frånluft med värmeåtervinning
- Extra kraftig isolering i golv, vägg ($0.21 \text{ W/m}^2\text{°C}$) och tak ($0.11 \text{ W/m}^2\text{°C}$)
- Att fönstren avskärmas för besvärande sommarsol men släpper in vintersol

Byggnaderna uppfördes under 1980-81 och var inflyttningsklara i maj 1981.

Målsättningen med projektet är att fastställa betydelsen av de uppräknade faktorerna med avseende på energianvändningen.

Undersökningen baseras på fältmätningar under perioden 1981-1985. I arbetet har svaren till följande delproblem sökts

- energibalansen för husen under mätperioden
- hur temperaturregleringen sker i ett extremt lågenergiprojekt
- glasverandans värmebalans och dess inverkan på lägenheten
- glasverandans nyttjande
- temperaturval och temperaturvanor vid individuell energimätning
- ventilations- och värmeväxlingssystemets funktion

Till grund för bedömning av projektet genomförs detaljerade mätningar timme för timme i 4 lägenheter varav en är obebodd. Dessutom kompletteras med manuella avläsningar veckovis i samtliga 32 lägenheter samt speciella studier av t ex typen ventilationsmätningar under kortare perioder.

Byggnaderna har analyserats med två teoretiska metoder för att bestämma energibalansen. Den första metoden är den vid institutionen för Byggnadskonstruktionslära utvecklade BKL-metoden som utnyttjar klimatdata baserade på månadsmedelvärden. Den andra metoden som testats är simuleringsprogrammet DEROB som kräver klimatdata för varje timme.

2 BESKRIVNING AV DE UNDERSÖKTA BYGGNADERNA

2.1 Bostadsområdet och lägenhetsutformning

Bostadsområdet ligger i direkt anslutning till Tabergs samhälle. Taberg ligger ca 15 km söder om Jönköping. Byggnationen omfattar 4 st bostadshus innehållande 8 st lägenheter fördelade på

4 st	4 rum och kök	106 m ²
2 st	2 1/2 rum och kök	68 m ²
2 st	2 rum och kök	62 m ²

samt ett kvartershus som bland annat innehåller tvättstuga, bastu samt ett allrum med pentry.

Bostadshusen är utformade som tvåvånings flerfamiljshus, där de stora lägenheterna omfattar två plan. I anslutning till entréerna ligger lägenhetsförråd och soprum. Karakteristiskt för bebyggelsen är söderfasaderna med sina glasverandor i anslutning till balkonger och uteplatser.

Bostäderna förvaltas av stiftelsen Tabergshem och byggnaderna är uppförda av ABV Armerad Betong Vägförbättringar AB, Jönköping som generalentreprenad på fastigheterna TAHE 1:4 och 1:40 i Taberg, Jönköpings kommun.

Lägenheterna är förmedlade på vanligt sätt genom Jönköpings kommun, exploateringskontorets bostadsavdelning.

Bostadsområdet illustreras på kartan i FIG.2.1.

Till varje lägenhet hör glasveranda där 2:ornas och 2 1/2:ornas veranda är på 10 m² i ett plan och 4:ornas på 16 m² i två plan.

I FIG.2.2 till och med FIG.2.5 visas lägenhetsplaner och fasader.

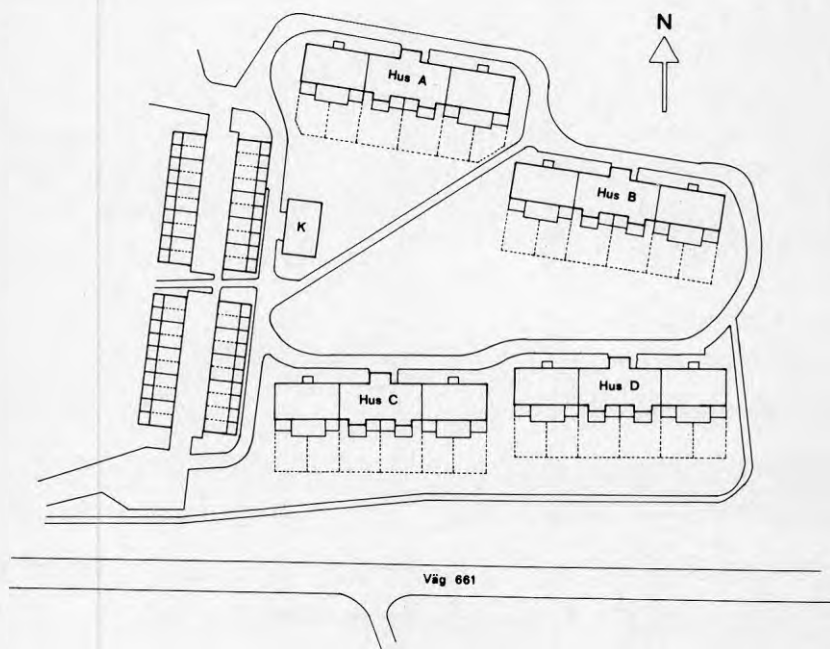
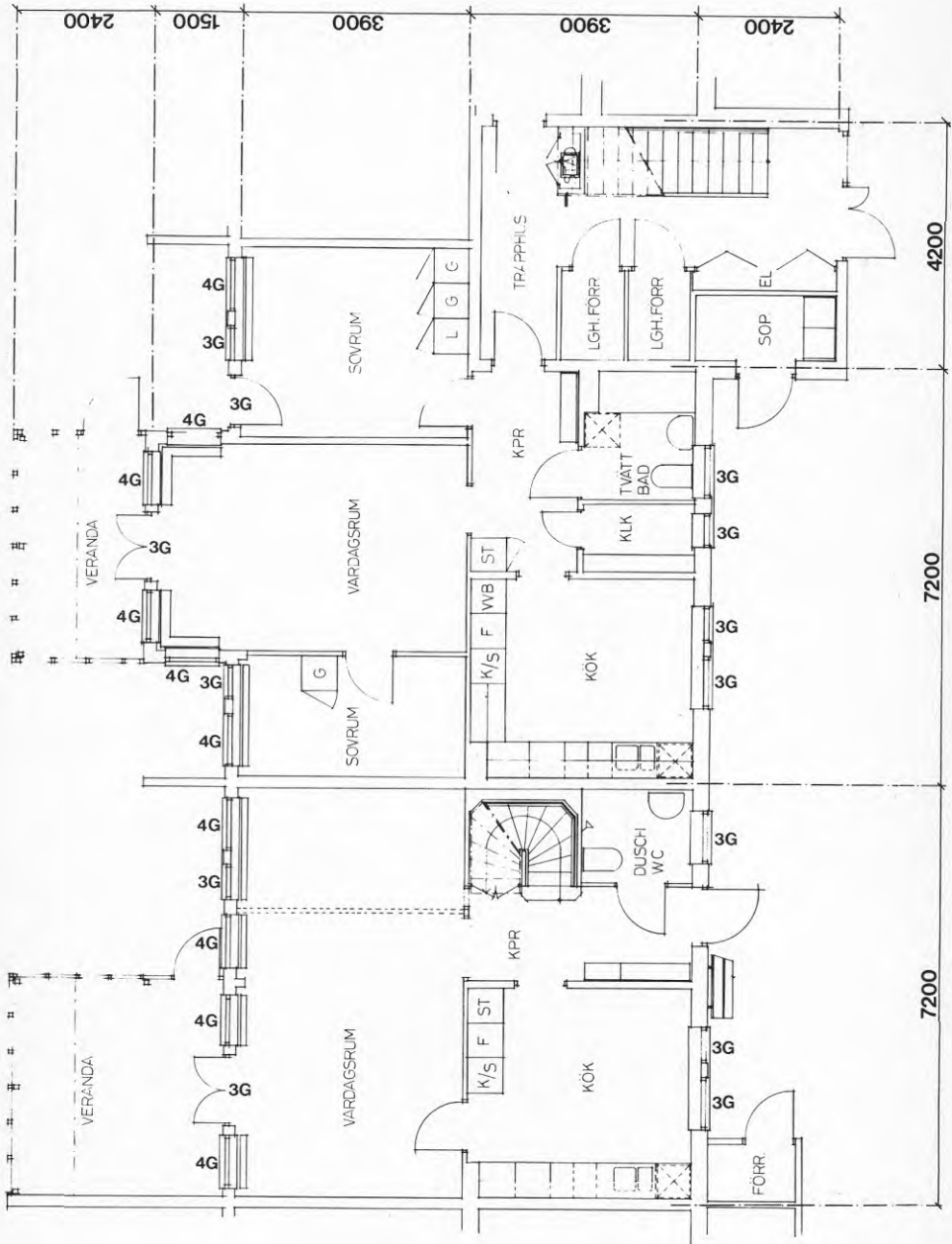
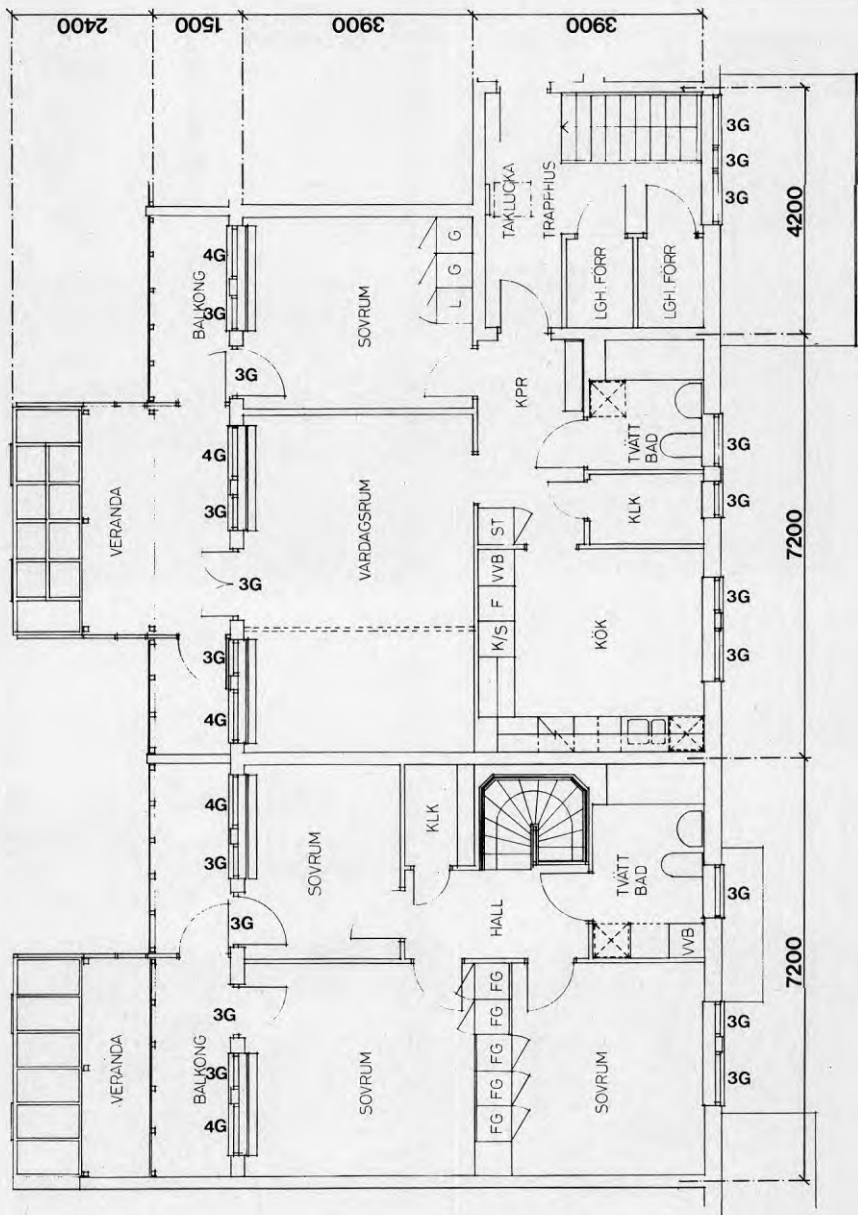


FIG.2.1 Bostadsområdet å fastigheterna TAHE 1:4 och TAHE 1:40



3G = 3 glas isolerruta
 4G = 4 glas isolerruta

FIG.2.2 Del av 4 rok samt 2 1/2 rok i bottenvåning



3G = 3 glas isolerruta
4G = 4 glas isolerruta

FIG.2.3 Del av 4 rok samt 2 rok, 1 tr



FIG.2.4 Gavelfasad mot väster



FIG.2.5 Fasad mot söder

Bebyggelsen ligger omgärdad av tät barrskog. Mellan huslängorna har ett område av den tidigare skogsmarken med en del höga tallar sparats. Husen och omgivningarna illustreras på fotografierna i FIG.2.6a-2.8.

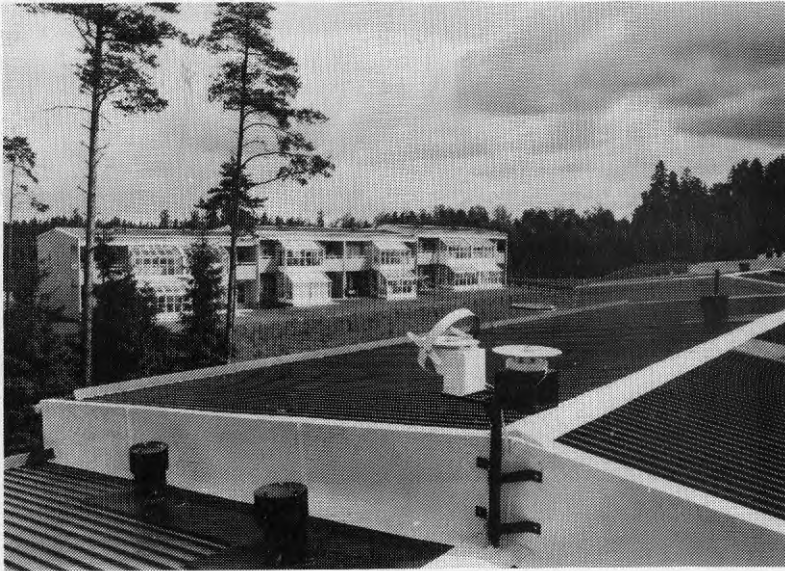


FIG.2.6a



FIG.2.6b



FIG.2.7

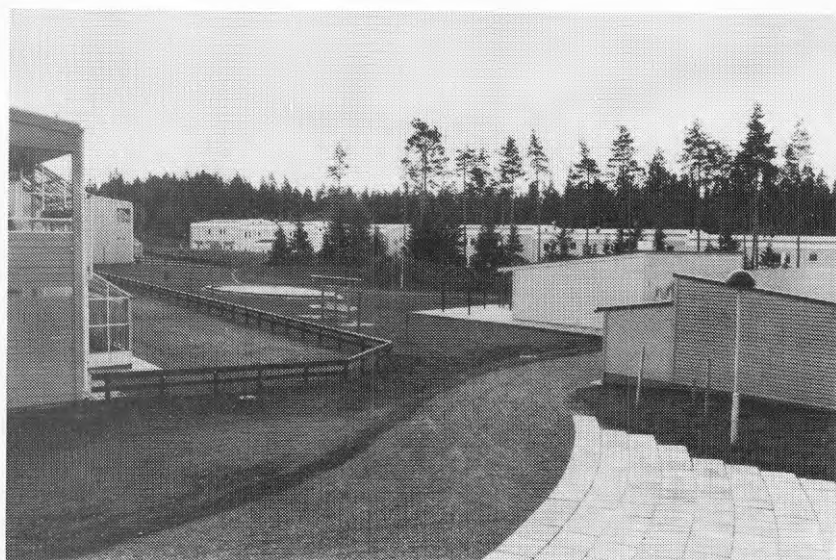


FIG.2.8

2.2 Teknisk beskrivning av byggnaderna

Bottenbjälklaget är ett 160 mm enskikts betonggolv på 120 mm markskiva med underliggande 150 mm ytstabiliserad lättklinker.

Mellanbjälklaget består av 180 mm betong. Där ovan- och undervåning tillhör olika lägenheter är mellanbjälklagets undersida isolerat med 45 mm mineralull och inklätt med 13 mm gipsskiva.

Vindsbjälklaget är uppbyggt av, med huset längsgående, limträbalkar med centrumavståndet 1200 mm. Mellan balkarna isoleras bjälklaget med totalt 350 mm mineralull. Undertaket består av diffusionsspärr, glespanel och 13 mm gipsskiva.

Yttertaket består av trapetskorrugerad plåt på tvärgående takåsar och med underliggande hård träfiberskiva. Träfiberskivan är fäst i den uppstolpade trätakstolens högben.

De södra och norra längsgående ytterväggarna är icke bärande regelkonstruktioner med stående masonitreglar. Innerskiktet är 13 mm gips med underliggande diffusionsspärr och yttersidan är klädd med 9 mm utvändig gips och liggande väggpanel på stående läkt. Norrfasaden har 240 mm mineralull och söderfasaden 170 mm mineralull. Gavelväggarna är bärande. I bottenvåningen består den bärande delen av 140 mm betong och på andra våningen ett regelverk med 200 mm mineralull samt diffusionsspärr och 13 mm gips på insidan. Gavelväggarna är på utsidan dessutom inklädda med två våningar höga stående masonitreglar med mellanliggande 200 mm isolering. Den utvändiga inklädnaden består av 9 mm utvändig gips och liggande väggpanel på stående läkt.

Samtliga tvärgående mellanväggar i bottenvåningen är utförda i betong. Inom lägenheter är dessa 120 mm och för lägenhetsskiljande väggar 140 mm betong plus 45 mm mineralull mellan reglar vilka är inklädda med 13 mm gips. På andra våningen är samtliga bärande väggar utförda som regelverk klädda med gips. För de lägenhetsskiljande väggarna är regelverket utformat som dubbelt 70+70 med 45 mm mineralull samt inklädda med 2 skikt 13 mm gips på vardera sidan.

Trapphusväggarna till de fyra lägenheterna i huskropparnas mitt består av 140 mm betong i båda våningarna och på sidan mot lägenheterna isolerade med 45 mm mineralull.

I FIG.2.9 och 2.10 redovisas två sektioner genom lägenheter och veranda. Sektionen i FIG.2.9 illustrerar ett snitt genom en fyrrumslägenhet i två våningar och sektionen i FIG.2.10 är tagen genom en tvårumslägenhet i bottenplanet respektive en på första våningen.

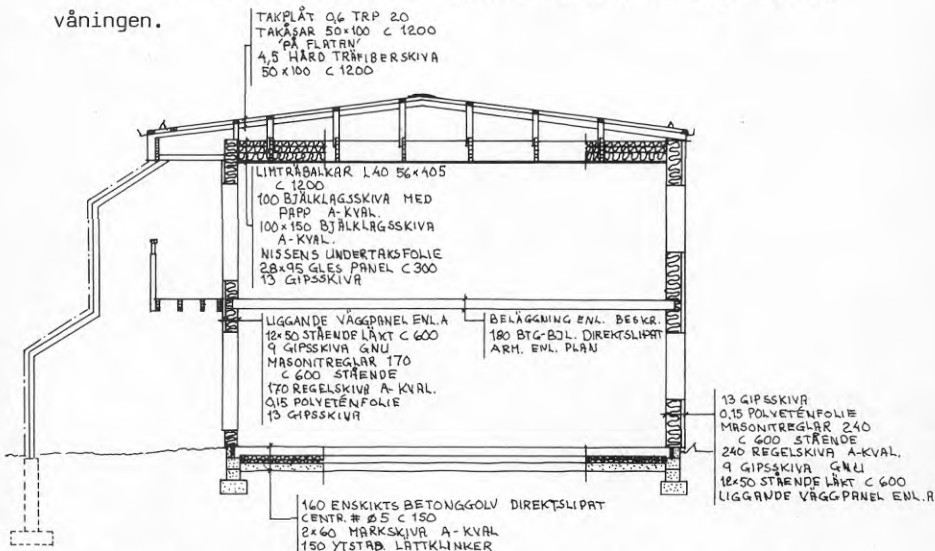


FIG.2.9 Sektion genom fyrrumslägenhet i två plan med veranda

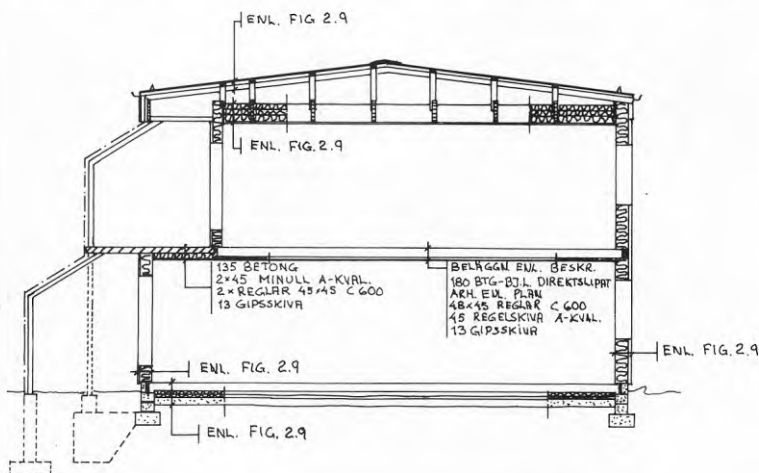


FIG.2.10 Sektion genom tvårumslägenhet i bottenplan resp första våningen med respektive veranda

2.3 Teknisk beskrivning av uppvärmningssystemet

Uppvärmningssystemet består av direktverkande elradiatorer i varje rum. Radiatorerna är av fabrikat SIEMENS med inbyggda radiatortermostater. Till samtliga radiatorer, utom de som är placerade i hall och badrum, är ett temperatursänkingsdon inkopplat. Beroende på hur detta don inkopplas i radiatoren kan en temperatursänkning på 2, 4 eller 6 °C erhållas genom styrning från ett centralt kopplingsur. Temperatursänkningen erhålls genom att donet lokalt uppvärmer radiatorns inbyggda termostat med en konstant effekt av 1 W.

Centralenheten med kopplingsur är av fabrikat ETERMO. Kopplingsuret är försett med ett antal kontakter som kan flyttas för att möjliggöra ett valfritt program för start och stopp av temperatursänkningen. Centralenheten med hjälp av två vippomkopplare inställs för de tre driftsfallen

- radiatoren styrs endast lokalt av radiatortermostaten
- radiatoren styrs av radiatortermostaten, men med en överordnad temperatursänkningseffekt under tider som programmerats på kopplingsuret
- radiatoren styrs av radiatortermostaten, men med en kontinuerlig överordnad temperatursänkningseffekt

TAB.2.1 Förteckning över radiatorernas effekt och typ i olika rum för resp lägenhet. Fabrikat SIEMENS

Rum	2 rok W	2 1/2 rok W	4 rok W	Typ
Kök	1200	1200	1200	CL12-T
Klk	300	300	-	KB3S03-T
Kpr	-	-	300	KB3S03-T
Bad	600	600	-	-
Wc	-	-	600	CL06-T
Vard	1200	600	1200	CL12-T
Vard	1200	600	600	CL06-T
Vard	-	-	600	CL06-T
Sov 1	1200	1200	1200	CL12-T
Sov 2	-	600	1200	CL12-T
Sov 3	-	-	1200	CL12-T
SUMMA	5700	5700	8700	

2.4 Varmvattenproduktion

Varmvattenproduktionen sker individuellt i varje lägenhet med en elektrisk varmvattenberedare. Vattenvärmaren är av fabrikat PARCA NORRAHAMMAR och typ M300 VS. Vattenmagasinet är 276 l och värms indirekt av värmeslingor utefter mantelytan. Värmaren är försedd med effektväljare i två steg, 1500 eller 3000 W. Effektvälet sker manuellt.

Värmetillförseln styrs dels av totalt fyra termostater och dels ett tidur. Tiduret är överordnat och medför att beredaren normalt skall laddas under tiden 22-07 då en lägre eltaxa gäller.

Två termostater känner av varmvattentemperaturen på nivåerna 600 och 900 mm över beredarbotten. Dessa termostater styr energitillförseln under laddningen med nattaxa och är vid leveransen inställda på 80 °C. Om temperaturen på nivån 1240 mm sjunker under 50 °C kopplar en termostat till värmen även under dagtid. Den fjärde termostaten är en säkerhetstermostat och är inställd på 50 °C.

Beredaren är isolerad med 30 mm polyuretanskum.

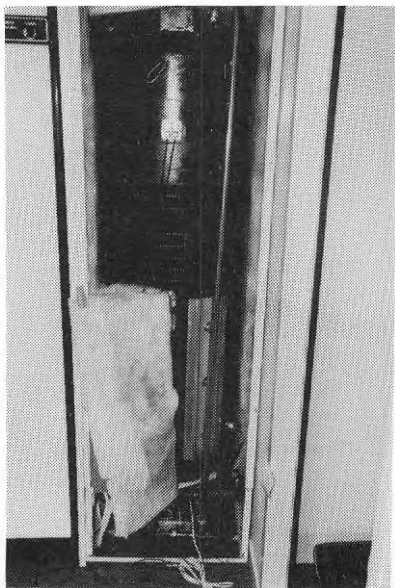


FIG.2.11 Varmvattenberedare, fabrikat Parca Norrahammar

2.5 Ventilationssystem

Ventilationen av bostadsutrymmen sker mekaniskt via till- och frånluftskanaler. Frånluften tas från kök, bad och wc. Ersättningsluften tillförs i boningsrummen. Överströmning från boningsrummen till rum med frånluft sker via slitsar i dörrkarmar.

Ventilationssystemet är kompletterat med värmeåtervinning där energi ur frånluften öveförs till tilluften. Värmeåtervinningen sker i en plattvärmeväxlare. Värmeåtervinningsaggregatet, av fabrikat BACHO system minimaster, är en komplett enhet med fläktar, värmeväxlare, eftervärmare, luftfilter och viss kringutrustning. Aggregatet placeras som ett överskåp över spisen och är sammanbyggt med en spiskåpa. Aggregatet och dess huvudkomponenter illustreras i FIG.2.12.

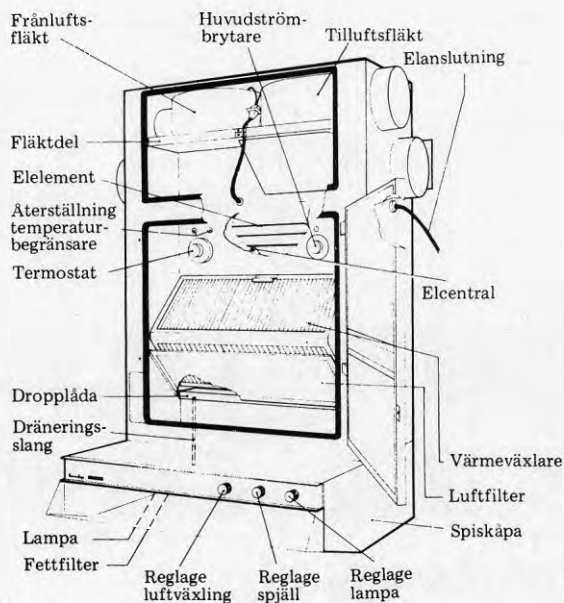


FIG.2.12 BACHO Minimaster värmeåtervinningsaggregat

Aggregatet ansluts till 125 mm spiralfalsade luftkanaler. Kondensavledning sker via en plastslang till diskbänkslådans luktlås. Total märkeffekt för aggregatet är 1170 W varav eftervärmaren uppgår till 1000 W och resterande 170 W hänförs till de två fläktarna.

Skyddsutrustningen till aggregatet består av överbelastningsskydd för fläktmotorer, övertemperaturskydd för eftervärmaren, brandskydd som stannar fläktar och stänger spjäll till spiskåpan samt frostskydd.

Avfrostningsautomatiken träder i funktion då temperaturen i tilluftskanalen är lägre än -5°C . Tilluftsfläkten stängs då av i perioder om 5-6 min varje halvtimme, varvid den varma frånluften tinar isbeläggningen i värmeväxlaren.

Vid låg utetemperatur räcker inte återvunnet värme för att upprätthålla lämplig inblåsningstemperatur. Luften värms då av en eftervärmare som styrs av en termostat i tilluftskanalen. Termostaten kan ställas in på mellan 0 och 40°C för att korrigera inblåsningstemperaturen till godtagen nivå vid låg utetemperatur.

De yttre inställningsmöjligheterna på aggregatet är dels ett vred för reglering av fläkthastighet i tre steg: min, normal och max, dels ett spjäll i två lägen som i stängt läge ger normenlig ventilation i köket och i öppet läge forcerad ventilation, se FIG.2.13.

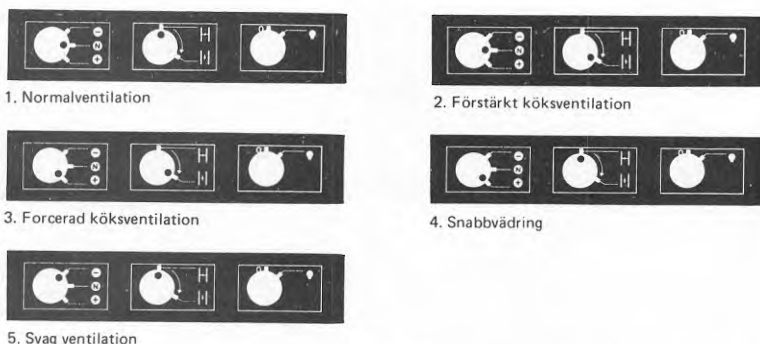


FIG.2.13 Ventilationsaggregatets inställningsmöjligheter på spiskåpan

I aggregatet finns dessutom möjlighet att välja tre olika varvtal för det yttre inställda normalfläktvarvtalet. Denna inställning väljs efter lägenhetens storlek.

Tilluftsdonen är väggplacerade och är av fabrikat BACHO typ GKK. Donen är placerade för bakkantinblåsning ca 100 mm från tak. Donet är rektangulärt och luftfördelningen sker med hjälp av en porös filtermatta bakom en perforerad plåt. Förinställning av projekterade flöden görs med hjälp av lösa perforerade plåtar.

Frånluftsdon är av fabrikat BACHO typ GPD, dvs donen är förinställbara för ett konstant projekterat flöde.

2.6 Verandornas konstruktion

Verandorna har en bärande stomme av förzinkade RHS-profiler, 80x80x5 mm. Väggar och tak består av 4 mm enkelglas monterade i aluminiumprofiler och med utvändiga täcklistor av plast. Glasen är monterade med överlappning som i konventionella växthus. Efter missöden vintern 81-82, med nedfallande snö som krossade glaset i de nedre verandornas tak, utbyttes glaset i dessa till härdat glas. De övre verandornas golv består av 135 mm betong och de undre av gångbanepplattor i sand.

För verandans klimatreglering finns vädringsluckor och solskyddsgardiner. Vädringsluckorna är placerade i tak, ovanför dörr till balkong eller uteplats, i verandans söderfasad dels i glasdelen och dels i bröstningspartiet direkt ovanför golv, FIG.2.14.

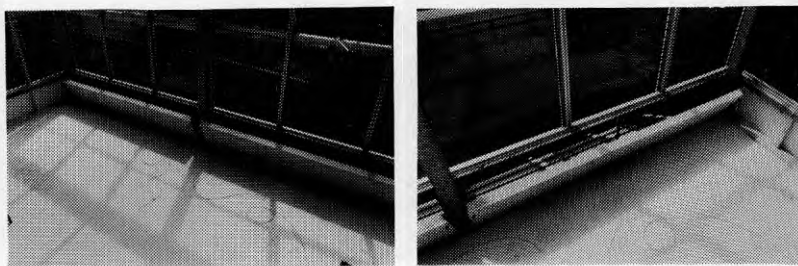


FIG.2.14 Vädringsluckor i trä i söderfasaden utefter verandagolv

Dessutom tillkommer vädringsmöjligheten med dörrarna. Takluckorna manövreras med en kedja som via en axel med ett kedjehjul påverkar kuggstänger till takluckorna, se FIG.2.15.



FIG.2.15 Takluckor i verandorna manövreras med en kedja

Gardinerna kan avskärma det lutande glastaket och söderfasadens glasdel. Gardinerna som är av oblekt bomullstyg manövreras med enkla linor, se FIG.2.16.

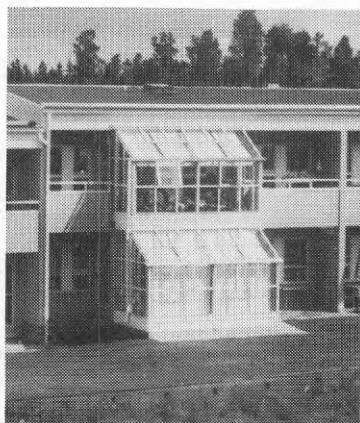
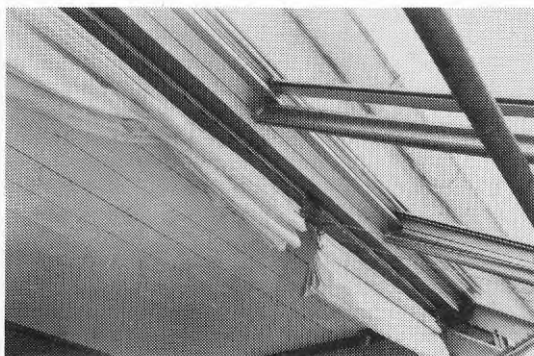


FIG.2.16 Taket och verandornas söderfasad kan avskämmas med bomullsgardiner

3 BESKRIVNING AV TABERGS KLIMAT OCH MODELL FÖR SOLSTRÅLNING

Närmaste klimatstation till Taberg är Jönköpings flygplats. Stationen har nr 7446. Den ligger 226 m över havet på latitud $57^{\circ}45'$, longitud $14^{\circ}05'$.

Taberg är beläget på $57^{\circ}40'$ och ligger 230 m över havet. Avgörande för hur representativa mätningarna vid Jönköpings flygplats är för klimatet kring husen i Taberg är faktorer som eventuell värmeeffekt, om mätplatserna ligger på olika höjd eller på olika avstånd från en sjö.

Enligt rapport (1) gäller för jämförelsen mellan klimatet i Jönköping och Jönköpings flygplats att årsmedeltemperaturen på flygplatsen är $0,7^{\circ}\text{C}$ lägre. Skillnaderna förklaras främst bero på att flygfältet ligger ca 130 m högre än staden, men att närheten till Vättern även har en viss betydelse.

Taberg ligger på i stort sett samma höjd som flygplatsen och något längre avstånd från Vättern. Samhället är glesbebyggt varför någon utpräglad värmeö kring bebyggelsen inte kan bildas. Temperaturerna för flygplatsen antas därför vara representativa för klimatet i Taberg. Det är rimligt att eventuella avvikelser medför att väderstationen överskattar temperaturen något. Vindhastigheten kan på goda grunder anses överskattad eftersom de undersökta byggnaderna ligger väl skyddade i ett sammanhängande skogsparti.

Från SMHI har följande klimatuppgifter inhämtats, baserade på observationer vid Jönköpings flygplats.

Lufttemperatur

Vindhastighet och vindriktning

Lufttryck

Relativ fuktighet

Molnmängd

Solskenstid

Beräknad diffus och direkt solstrålning enl SOLTIMSYN-modellen

Observationerna, lufttemperatur t o m solskenstid, är utförda var

3:e timme med början kl 01 varje dygn. Solstrålning enligt SOL-TIMSYN-modellen erhålls för varje timme.

3.1 Lufttemperatur

I TAB.3.1 redovisas temperaturdata från Jönköpings flygplats för den senaste normalperioden 1951-1980 enligt (1). Dessutom anges medeltemperaturen kl 07, 13 och 19 samt under dagen kl 08-18 för perioden 1931-1960 enligt (2).

TAB.3.1 Normaltemperatur 1951-1980 vid Jönköpings flygplats samt medeltemperaturen kl 07, 13, 19 och under dagen kl 08-18, 1931-1960 i Jönköping

Månad	Normaltemp, °C	Medeltemperatur, °C, kl			
		07	13	19	08-18
Jan	-3.8	-3.1	-1.3	-2.6	-2.1
Febr	-4.3	-4.1	-0.8	-2.7	-1.8
Mars	-1.3	-2.7	2.5	0.1	1.3
April	3.5	2.9	7.6	5.8	6.7
Maj	9.1	8.5	12.6	11.4	11.7
Juni	13.8	13.4	17.2	15.9	16.3
Juli	15.0	15.6	19.5	18.2	18.6
Aug	14.1	14.2	18.8	16.8	17.9
Sept	10.4	9.9	14.9	11.8	19.8
Okt	6.3	5.5	9.5	6.5	11.6
Nov	1.6	2.4	4.2	2.7	3.4
Dec	-1.5	-0.1	1.1	0.1	0.6
Året	5.3				

En översiktlig bild av temperaturens variation över dygnet och året vid Jönköpings flygplats presenteras i FIG.3.1. Temperaturerna utgör medelvärden för perioden 1955-1977. Uppgifterna är hämtade ur rapport (3).

Av FIG.3.1 framgår tydligt att dygnets lägsta temperatur vintertid inträffar strax innan soluppgång och maxtemperaturen vid 14-tiden. Under sommartid uppnås de lägsta temperaturerna något efter soluppgång och de maximala värdena ca kl 15.

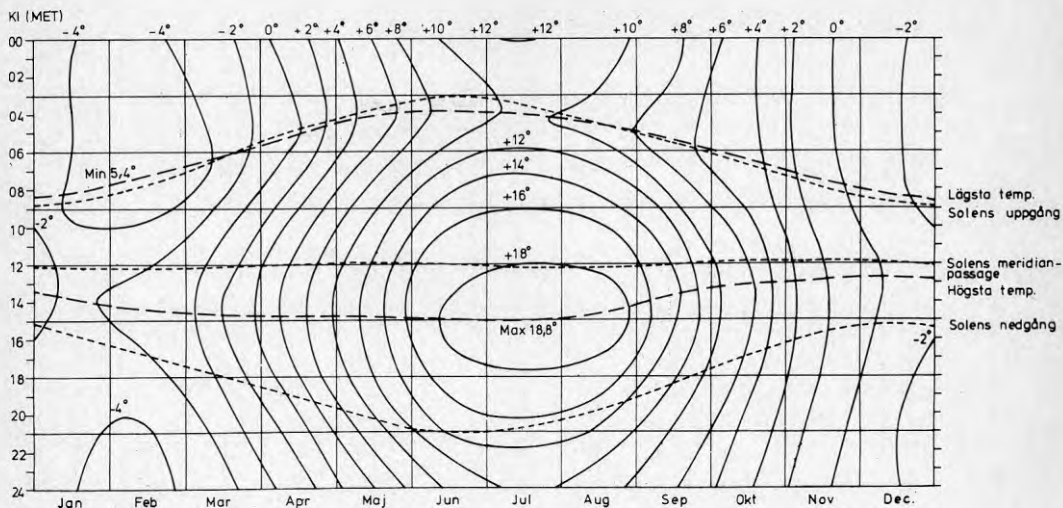


FIG.3.1 Temperaturens dagliga och årliga variation vid Jönköpings flygplats 1955-1977 enligt (3).

I FIG.3.2 jämförs de av institutionen uppmätta utetemperaturerna i Taberg med observationerna vid Jönköpings flygplats. Det framgår att en god korrelation finns mellan de båda observationerna.

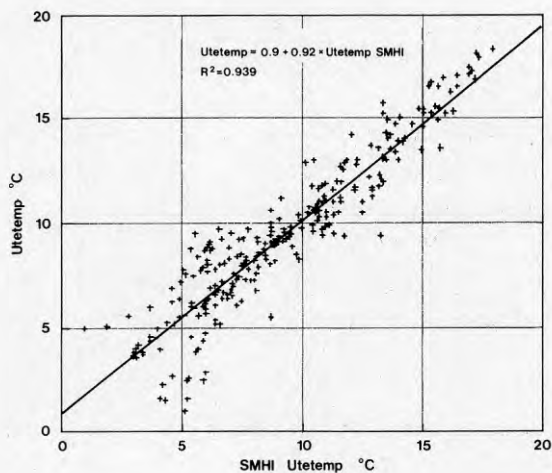


FIG.3.2 Jämförelse av utetemperaturer i Taberg med temperaturobservationer vid Jönköpings flygplats.

3.2 Vindhastighet och vindriktning

Enligt (3) är medianvärdet ett bättre mått på centralvärde än det aritmetiska medelvärdet eftersom frekvensfördelningarna av vindhastigheten är kraftigt snedfördelade. Det aritmetiska medelvärdet som redovisas i FIG.3.3 ligger något högre än medianvärdet.

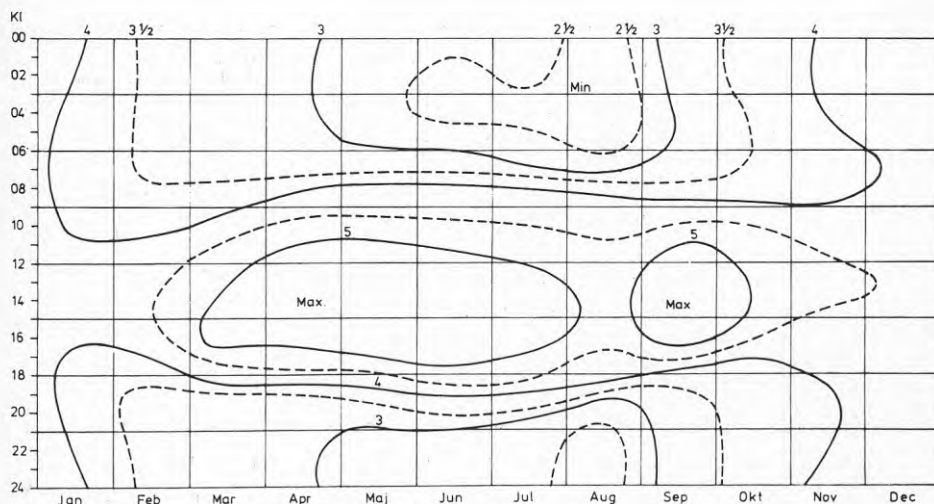


FIG.3.3 Vindhastighetens dagliga och årliga variation vid Jönköpings flygplats 1955-1977 enligt (3).

Av FIG.3.3 framgår att det finns två maxima. Ett maximum inträffar i april och ett i september. Tidpunkten för de två maxima under dygnet infaller omkring kl 14.

I TAB.3.2 redovisas en sammanställning av medelvindhastigheten månadsvis för Jönköpings flygplats.

TAB.3.2 Medelvindhastighet i m/s för månader och året, 1955-1977 enligt (3)

Månad	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	År
Vindhast m/s	4.0	3.7	4.0	4.0	3.9	3.9	3.8	3.4	3.9	4.0	4.1	4.3	3.9

I FIG.3.4 jämförs uppmätta vindhastigheter i Taberg med Jönköpings flygplats. Härvid framgår att Taberg ligger mer skyddat för vindpåverkan.

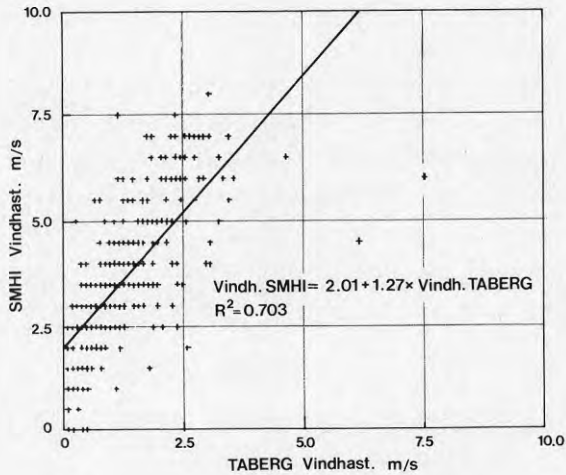


FIG.3.4 Jämförelse av vindhastighet i Taberg med observationer vid Jönköpings flygplats.

Vindriktningarna för ett år är dominerande i syd och sydväst samt i norr. Den procentuella frekvensen av olika vindriktningar enligt (2) för ett år anges i TAB.3.3.

TAB.3.3 Procentuell årlig frekvens av olika vindriktningar i Jönköping, 1931-1960 enligt (2)

Vindriktning	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Lugnt
Frekvens %	17.0	8.3	5.2	6.9	25.6	20.1	4.8	6.8	5.4

Under vintern är vindriktningen omkring 50% syd till sydvästlig. Sommartid ökar andelen nord och nordöstliga vindar från ca 20% till maximalt drygt 40%.

I (3) uppges att de stålkors som används till vindmätarna vid de militära flygplatserna ge en överskattning av vindhastigheten med 10-15%. För SMHI:s stationer uppges överskattningen till 5% vilket alltså gäller för Jönköpings flygplats.

3.3 Lufttryck och relativ fuktighet

Lufttryck och relativ fuktighet ingår som indata till ett av de i denna rapport använda simuleringsprogrammen om inte erforderliga solinstrålningsdata finns tillgängliga. Informationen används för att beräkna transmissionsfaktorn för solstrålningen.

I TAB.3.4 ges variationen i relativ fuktighet över ett år som månadsmedelvärden vid Jönköpings flygplats enligt (3)

TAB.3.4 Månadsmedelvärden av relativ fuktighet vid Jönköpings flygplats enligt (3)

Månad	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
RF %	84	85	76	70	65	61	67	71	77	83	88	86

I FIG.3.5 illustreras luftfuktighetens dagliga och årliga variation uttryckt som skillnad mellan lufttemperatur och daggpunkts-temperatur vid Jönköpings flygplats enligt (3). För omräkning till relativ fuktighet kan följande samband användas

$$\log U = 2 - 2948.9643 \frac{T - T_D}{T T_D} - 5.028 \log \left(\frac{T_D}{T} \right) \quad (3.1)$$

där

U = relativ fuktighet, %

T = lufttemperatur, K

T_D = daggpunkttemperatur, K

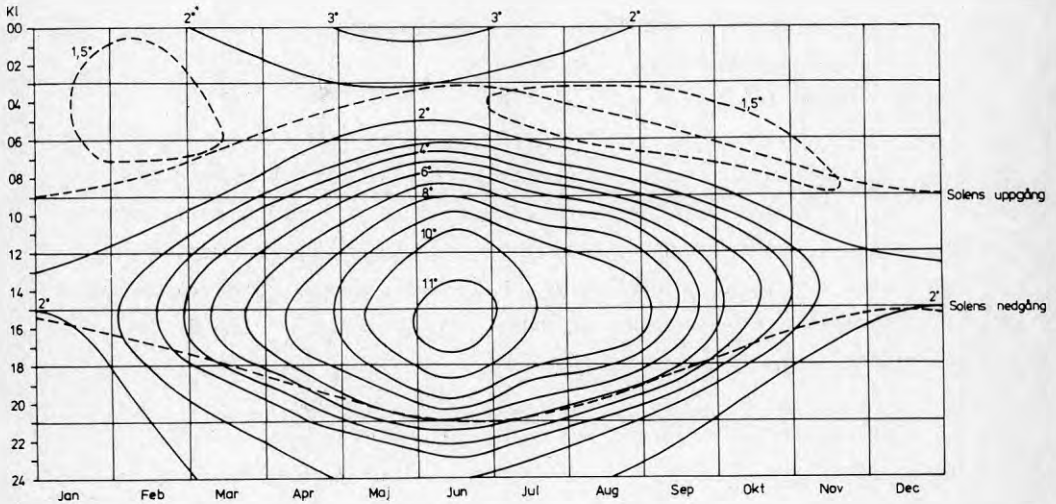


FIG.3.5 Luftfuktighetens dagliga och årliga variation uttryckt som skillnad mellan lufttemperatur och daggpunktstemperatur vid Jönköpings flygplats enligt (3).

3.4 Solstrålning

Vid en fullständig behandling av solstrålningens inverkan på byggnader betraktas byggnadsdelarnas ytor ingående i ett termodynamiskt system med atmosfären, marken och eventuellt näraliggande byggnader.

Den solstrålning som infaller vinkelrätt mot strålningsriktningen utanför atmosfären är ca 2 Ly/min, den s k solarkonstanten (1 Ly = 41868 J/m²). Uppgifterna på solarkonstanten varierar med olika författare. I (4) sammanställs uppgifter från ett antal referenser där konstanten varierar mellan 1.979 och 2.02 Ly. I (5) anges 429.2 Btu/ft²h vilket motsvarar 1.94 Ly. Uppgifterna på solarkonstanten varierar inom intervallet 1353-1395 W/m².

Under ett år gäller följande approximativa summa för den strålning som jorden mottager från solen (2), (6)

Infallande strålning vid atmosfärens gräns	100%
Reflektion och spridning mot rymden	30%
Absorption i atmosfären	17%
Spridd strålning mot jordytan	22%
Direkt strålning mot jordytan	31%

Solstrålningen reduceras genom olika mekanismer på vägen genom atmosfären. Strålning med våglängder < 0.3 m absorberas helt av ozon och syre. Vidare sker kraftig absorption i vissa våglängdsband i vattenånga och koldioxid på låga nivåer i atmosfären. Den absorberade strålningen omformas till värme och ger upphov till långvågig strålning.

Den direkta strålningen reduceras genom diffusion i luften speciellt i det kortvågiga området och orsakas av molekyler som är betydligt mindre än strålningens våglängd.

Större partiklar har en diffusionseffekt som är lika i hela solspektrum och ger därmed upphov till en vitaktig färg på himlen.

Vid låga solhöjder blir vägen genom atmosfären längre och en större andel kortvågig strålning diffuseras och den direkta strålningen blir rödaktig.

Integrerat över hela våglängdsområdet så är den direkta solstrålningen vid markytan omkring 65% av den utanför atmosfären vid klart väder, dvs ca 900 W/m^2 vinkelrätt mot strålningsriktningen.

Den diffusa himmelstrålningen vid klart väder är i storleksordningen 100 W/m^2 . Detta värde är emellertid mycket approximativt och varierar kraftigt med hur klart vädret är, och vägen genom atmosfären.

Summan av direkt solstrålning och diffus strålning från himlen kallas global strålning. Vid molniga förhållanden är strålningsförhållandena vid markytan komplicerade både för den direkta och

diffusa strålningen. Moln har i allmänhet hög reflektionsförmåga och en låg absorption för solstrålning. Då himlen är helt täckt av moln, är strålningen övervägande diffus. Globalstrålningen uppgår då endast till 20-25% av strålningen vid klart väder. Delvis molntäckt himmel kan medföra förhöjd direkt solstrålning genom reflektion mot molnens sidor.

Våglängdsområdet för den solstrålning som når jordytan ligger mellan 0.3-2.5 μm , dvs en kortvågig strålning. Dess maximum ligger vid ca 0.5 μm . Av den solstrålning som når markytan, absorberas en del och värmer luften huvudsakligen konvektivt och resterande reflekteras. Reflektionen beror starkt på markbeskaffenheten. För t ex vegetationstäckta ytor ligger reflektionen (albedo) mellan 5 och 30%. För asfaltytor är reflektionen 5-10%, mörk jord 5-15%, torr ljus sand 25-45%, gammal snö 40-70% och nyfallen snö 75-95%.

Jordytan utsänder långvågig strålning i våglängdsområdet 4-50 μm . Maximum ligger omkring 10 μm . Denna långvågiga strålning absorberas främst av atmosfärens vattenånga samt koldioxid och medför att luften värms och därmed utsänder långvågig strålning. Netto-utstrålningen från markytan blir skillnaden mellan från marken emitterad strålning och motstrålningen från atmosfären.

Summan av den globala strålningen och den reflekterade strålningen från mark och andra delar av omgivningen kallas för total strålningen. Samtliga dessa strålningsutbyten är kortvågiga. Då hela den termodynamiska samverkan mellan en byggnads yta och atmosfären skall studeras måste även den långvågiga strålningen från atmosfären, marken och omgivande ytor inkluderas.

I FIG.3.6 redovisas energiflödena vid en byggnadsyta. Flödena består av en konvektiv del

$$h_c(T_a - T_s)$$

där

h_c = en värmeövergångskoefficient

T_a = lufttemperaturen

T_s = ytans temperatur

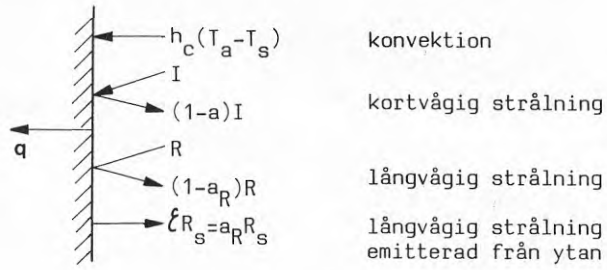


FIG.3.6 Energiflöden vid en byggnadsyta utsatt för solstrålning

Av den kortvågiga strålningen I absorberas andelen aI och resterande reflekteras. Motsvarande gäller för den långvågiga strålningen att en andel $a_R R$ absorberas och resterande $(1-a_R)R$ reflekteras. Slutligen emitterar ytan den långvågiga strålningen ϵR_s .

Genom att uppställa en värmebalans för ytan erhålls följande samband

$$q = h_c(T_a - T_s) + aI + \epsilon R - \epsilon R_s \quad (3.1)$$

För att beräkna energiflödet vid en yta enligt (3.1) måste den kort- och långvågiga strålningen beskrivas analytiskt.

3.4.1 Kortvågig strålning från klar himmel

Den direkta solstrålningen på en yta beror av hur ytan är orienterad i förhållande till solen.

I FIG.3.7 redovisas de vinklar som behövs för att beskriva den direkta solstrålningen mot en yta.

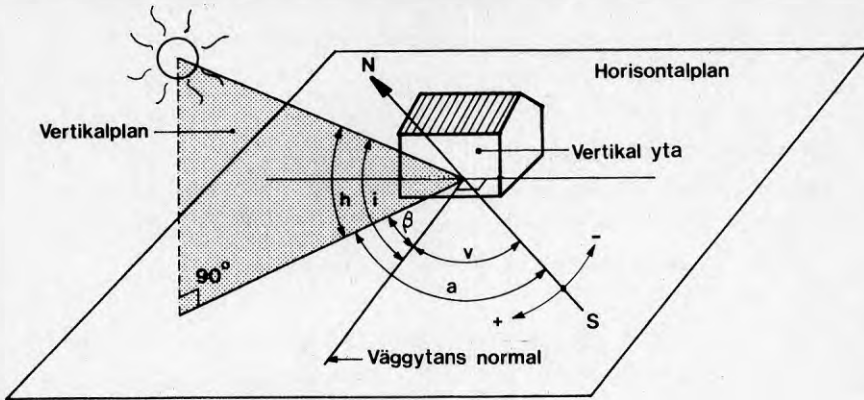


FIG.3.7 Definition av vinklar vid solbelyst yta

Solhöjd och solazimut beräknas enligt ekvationerna

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad (3.2)$$

$$\sin a = \cos \delta \sin t / \cos h \quad (3.3)$$

där

φ = ortens latitud

δ = solens deklination, dvs vinkeln mellan solstrålningens riktning och ett plan genom ekvatorn

t = timvinkeln, dvs vinkeln mellan ortens meridian vid aktuell tid och kl 1200 (sann soltid) (0° kl 1200, $+15^\circ$ kl 1300, -15° kl 1100, 30° kl 1400 osv)

Då solhöjd och azimut skall beräknas med ekvationerna (3.2) och (3.3) med utgångspunkt från svensk borgerlig tid måste timvinkeln korrigeras enligt ekv (3.4)

$$t = 15 \left(K - \frac{k_m}{60} - 12 \right) (^\circ) \quad (3.4)$$

där

K = klockslaget (borgerlig tid)

k_m = korrektion i minuter enligt TAB.3.5

Korrigeringen skall göras dels med hänsyn till läge i förhållande till Sveriges tidsmeridian (15° öster om observatoriet i Greenwich, England) och dels med hänsyn till tidsekvationen. Tidsekvationen anger skillnaden mellan sann soltid och medelsoltid och varierar under året på grund av att jordens bana runt solen är ellipsformad och att denna bana inte ligger i ekvatorsplanet. I TAB.3.5 ges korrektionen i minuter för beräkning av svensk normalt看 ur sann soltid för Jönköping (7).

TAB.3.5 Korrektion i minuter för beräkning av svensk normalt看 ur sann soltid vid olika tider på året i Jönköping

Datum	Minut	Datum	Minut	Datum	Minut	Datum	Minut
1 jan	+6	1 apr	+7	1 juli	+7	1 okt	-7
15 jan	+12	15 apr	+3	15 juli	+9	15 okt	-11
1 febr	+17	1 maj	0	1 aug	+9	1 nov	-13
15 febr	+17	15 maj	-1	15 aug	+7	15 nov	-12
1 mars	+15	1 juni	+1	1 sept	+3	1 dec	-8
15 mars	+12	15 juni	+3	15 sept	-2	15 dec	-2
Medelvärde +3							

Värden på solens deklination återfinns för varje dag i den svenska almanackan (8) och varierar mellan $-23^{\circ}27'$ (vintersolståndet) och $23^{\circ}27'$ (sommarsolståndet). Vid vår- och höstdagjämning är deklinationen 0° .

Med de i FIG.3.7 definierade vinklarna kan solstrålningens intensitet tecknas för en godtyckligt orienterad yta enligt

$$I = I_{DN} \cos i \quad (3.5)$$

där

$$I_{DN} = \text{strålningens intensitet i strålningsriktningen}$$

$$i = \text{vinkel mellan ytans normal och strålningsriktning}$$

Om vinkeln mellan ytans normal och horisontalplanet betecknas γ

och horisontalvinkeln mellan ytans normal och strålningsriktningen betecknas β erhålls

$$\cos i = \sin h \sin \gamma + \cos h \cos \beta \cos \gamma \quad (3.6)$$

Solstrålningen mottagen vid jordytan är en funktion av den strålning som mottas vid atmosfärens övre begränsning samt spridning och absorption i atmosfären.

Svårigheterna ligger i att ta fram en exakt lösning speciellt för problemet med upprepad spridning av strålningen. De mest exakta modellerna kräver kostsamma datorberäkningar och är därför ej praktiskt användbara. Ett antal approximativa lösningar med varierande grad empiriska samband har därför utvecklats. Davies (9) klassificerar modellerna i fem grupper där fyra är fysikaliskt baserade och den femte är helt empirisk.

- 1 Modeller baserade på klar himmel
- 2 Modeller baserade på molnlager
- 3 Modeller baserade på total molnmängd
- 4 Modeller baserade på relativ solskenstid
- 5 Modeller av typ Liu och Jordan

I (9) gör även Bener en översikt av olika metoder för beräkning av solstrålning mot ytor vid jordytan.

I den vid SMHI utvecklade SOLTIMSYN-modellen (10), (11) utgår beräkningarna från solstrålningens spektrala fördelning utanför atmosfären.

Vid passage genom atmosfären minskar strålningsintensiteten i de olika våglängdsområdena genom molekylär spridning och absorption enligt

$$i(\lambda) = i_0(\lambda) e^{-(\alpha_r + \alpha_d)m} \quad (3.7)$$

där

$i(\lambda)$ = strålningsintensitet för våglängden λ

λ = våglängd

m = den optiska luftmassan

α_r = absorptionskoefficient för molekylär spridning

α_d = absorptionskoefficient för partikelspridning

Koefficienten α_r beskriver den s k Rayleigh spridningen och beror av våglängden enligt

$$\alpha_r = \lambda^{-4} \cdot 0.00816 \quad (3.8)$$

Absorptionskoefficienten α_d är en funktion av våglängd samt varierar kraftigt med atmosfärens grumlighet

$$\alpha_d = \lambda^{-1.3} \cdot \beta \quad (3.9)$$

där

β = turbiditet eller grumlighetskoefficient enligt TAB.3.6

TAB.3.6 Turbiditet enligt (11) och (12)

Månad	J	F	M	A	M	J
	0.040	0.040	0.050	0.060	0.070	0.070
Månad	J	A	S	O	N	D
	0.065	0.060	0.055	0.050	0.040	0.040

Den optiska våglängden är en funktion av solhöjden h och kan enligt (11) och (13) approximeras enligt

$$m = \frac{1}{\sin h} \quad \text{då } h > 10^\circ \quad (3.10)$$

$$m = 1.22 \left(\frac{1.0144}{\sin(h-1.44)} - 0.49 \right) \quad \text{då } h \leq 10^\circ \quad (3.11)$$

Med absorptionskoefficienter enligt ekv (3.8) och (3.9) och turbiditet enligt TAB.3.6 samt den optiska luftmassan, bestämd av

ekv (3.10) eller (3.11), beräknas strålningsintensiteten vid jordytan enligt ekv (3.7) för en godtycklig våglängd. Genom att integrera (3.7) över aktuellt våglängdsområde, 0.2-10 μm , samt korrigera för jordbanans variation över året erhålls den direkt infallande strålningsintensiteten i normalriktningen

$$I'_{DN} = \int_{\lambda=0.29}^{\lambda=10} (i(\lambda) d\lambda) \quad (3.12)$$

Denna strålningsintensitet skall dessutom korrigeras med korrek-tionsfaktorn k som tar hänsyn till jordbanans excentrisitet kring solen. Korrektionsfaktorn enligt (5) redovisas i TAB.3.7.

TAB.3.7 Korrektionsfaktor k för strålningsintensitetens beroende av jordbanans excentrisitet kring solen den första i varje månad (5).

Månad	J	F	M	A	M	J
k	1.0335	1.0288	1.0173	1.0009	0.9841	0.9714
Månad	J	A	S	O	N	D
k	0.9666	0.9709	0.9828	0.9995	1.0164	1.0288

Integralen (3.12) löses numeriskt. I (11) uppdelas våglängdsområ-det 0.29-10 μm i 62 intervall. Det summerade strålningsbidraget beräknas för varje timme under året. Strålningsintensiteten i våglängdsområdet 0.115-50 μm uppdelat på 78 bandvidder redovisas i TAB.3.8 efter (14), (15).

Den enligt ekv (3.12) beräknade strålningsintensiteten reduceras pga absorption i vattenånga vid passage genom atmosfären. Absorp-tionen F är en funktion enligt (13)

$$F = wm \quad (3.13)$$

där

w = mängden utfällbart vatten (kg/m^2)

m = optiska luftmassan enl ekv (3.10) eller (3.11)

TAB.3.8 Solstrålningens spektrala fördelning utanför jord-atmosfären efter (14) och (15).

λ = våglängd, μm

$i_o(\lambda)$ = medelvärde av den spektrala strålningen i ett intervall centrerat kring λ , $\text{W}/\text{m}^2, \text{nm}$

$D_o(\lambda)$ = procentuell andel i förhållande till solar-konstanten ($1370 \text{ W}/\text{m}^2$) och med våglängden mindre än λ .

λ	$i_o(\lambda)$	$D_o(\lambda)$	λ	$i_o(\lambda)$	$D_o(\lambda)$	λ	$i_o(\lambda)$	$D_o(\lambda)$
0.115	7×10^{-6}	1×10^{-4}	0.43	1.660	12.47	0.9	0.902	63.37
0.14	3×10^{-5}	5×10^{-4}	0.44	1.833	13.73	1.0	0.757	69.49
0.16	2.3×10^{-4}	6×10^{-4}	0.45	2.031	15.14	1.2	0.491	78.40
0.18	0.00127	1.6×10^{-3}	0.46	2.092	16.65	1.4	0.341	84.33
0.20	0.0108	8.1×10^{-3}	0.47	2.059	18.17	1.6	0.248	88.61
0.22	0.0582	0.05	0.48	2.100	19.68	1.8	0.161	91.59
0.23	0.0675	0.10	0.49	1.975	21.15	2.0	0.104	93.49
0.24	0.0638	0.14	0.50	1.966	22.60	2.2	0.080	94.83
0.25	0.0718	0.19	0.51	1.906	24.01	2.4	0.063	95.86
0.26	0.132	0.27	0.52	1.856	25.38	2.6	0.049	96.67
0.27	0.235	0.41	0.53	1.865	26.74	2.8	0.039	97.31
0.28	0.225	0.56	0.54	1.805	28.08	3.0	0.031	97.83
0.29	0.488	0.81	0.55	1.747	29.38	3.2	0.0229	98.22
0.30	0.520	1.21	0.56	1.716	30.65	3.4	0.0168	98.50
0.31	0.698	1.66	0.57	1.734	31.91	3.6	0.0137	98.72
0.32	0.840	2.22	0.58	1.737	33.18	3.8	0.0112	98.91
0.33	1.072	2.93	0.59	1.721	34.44	4.0	0.0096	99.06
0.34	1.087	3.72	0.60	1.687	35.68	4.5	0.0060	99.34
0.35	1.107	4.52	0.62	1.622	38.10	5.0	0.0038	99.51
0.36	1.081	5.32	0.64	1.563	40.42	6.0	0.0018	99.72
0.37	1.190	6.15	0.66	1.505	42.66	7.0	0.0010	99.82
0.38	1.134	7.00	0.68	1.445	44.81	8.0	6.0×10^{-4}	99.88
0.39	1.112	7.82	0.70	1.386	46.88	10.0	2.5×10^{-4}	99.94
0.40	1.447	8.73	0.72	1.331	48.86	15.0	4.9×10^{-5}	99.98
0.41	1.773	9.92	0.75	1.251	51.69	20.0	1.5×10^{-5}	99.99
0.42	1.770	11.22	0.80	1.123	56.02	50.0	4×10^{-7}	100.00

I (13) redovisas hur mängden utfällbart vatten beräknas med radiosonddata. I denna referens redovisas även ett förenklat sätt att på empirisk väg bestämma absorptionen enligt Fowle, där den utfällbara vattenmängden representeras av ångtrycket vid jordytan. Följande uttryck anges

$$F = 70 + 2.8 e m \quad (3.14)$$

där

e = ångtrycket vid jordytan (mbar)

Absorptionen enligt (3.14) refererar till jordens medelavstånd

från solen.

Normalstrålningen korrigerad för aktuellt avstånd mellan jorden och solen samt med hänsyn till absorptionen i vattenånga erhålls ur

$$I_{DN} = k(I'_{DN} - F) \quad (3.15)$$

där

k = korrektionsfaktor enligt TAB.3.7.

Med kännedom om normalstrålningen kan den diffusa och globala strålningen på ett horisontalplan beräknas.

Den diffusa komponenten relateras vanligen till den i atmosfären absorberade strålningen enligt

$$I_{dH} = \mathcal{K}(I_0 - I_{DN}) \sin h \quad (3.16)$$

där

\mathcal{K} = konstant mellan 0.30 och 0.35

I_0 = solarkonstanten

I (7) hänvisas till mätningar utförda vid KTH där en utvärdering gav $\mathcal{K}=0.31$ och $I_0=1410$ med en korrelationskoefficient $r=0.74$.

Taesler (11) approximerar den diffusa strålningen i proportion till den globala strålningen

$$I_{dH} = \eta I_H \quad (3.17)$$

Koefficienten η har bestämts genom anpassning till de mätningar av solstrålning som utfördes av Lunelund åren 1927-1933 och som bearbetats och redovisas i tabell II:1 (7). Sambandet kan skrivas som en funktion av solhöjden

$$\eta = \frac{1}{1+8(\sin h)^{0.7}} \quad (3.18)$$

Av geometriska samband och ekv (3.5) och (3.6) följer att den

direkta solstrålningen mot en horisontell yta blir

$$I_{DH} = I_{DN} \sin h \quad (3.19)$$

Den globala strålningen mot en horisontell yta är summan av den diffusa och den direkta delen

$$I_H = I_{dH} + I_{DH} \quad (3.20)$$

Med utnyttjande av (3.18), (3.19) och (3.20) erhålls den globala och diffusa strålningen som

$$I_H = \frac{1}{1-\tau} I_{DN} \sin h \quad (3.21)$$

och

$$I_{dH} = \frac{\tau}{1-\tau} I_{DN} \sin h \quad (3.22)$$

3.4.2 Kortvågig strålning från molnig himmel

I SOLTIMSYP-modellen (11) beräknas solstrålningen vid molnig himmel med hjälp av de synoptiska data som erhålls vid meteorologiska observationer.

Med information om molnigheten i åttandedelar samt molntyp och molnmängd för de olika typerna beräknas ett resulterande albedo för molnen enligt

$$A_C = \frac{N_l A_l + N_m A_m + N_h A_h}{8} \quad (3.23)$$

där

N_l = mängden låga moln stratus stratocumulus

N_m = mängden mellanhöga moln

N_h = mängden höga moln

A_l = 0.75, albedo för låga moln

A_m = 0.45, albedo för medelhöga moln

A_h = 0.40, albedo för höga moln

Enligt (13) kan globalstrålningen under molnig väderlek beräknas under förutsättning att himlen täcks av ett homogent molnskikt samt att ingen absorption äger rum i eller under molnen. Vidare förutsätts himlen vara molnfri ovanför molntäcket.

Av den globalstrålning som infaller mot molnens översida reflekteras andelen $A_C I_H$. Resterande del $(1-A_C)I_H$ passerar molnen och når jordytan. Mellan molnbasen och jordytan uppkommer en upprepad reflektion. Den totala nedåtriktade strålningen motsvarar globalstrålningen vid jordytan. Summan är en oändlig geometrisk serie och kan skrivas som

$$I_{H,C} = I_H \frac{1-A_C}{1-A_G A_C} \quad (3.24)$$

där

$I_{H,C}$ = globalstrålning vid molnig himmel

A_C = molnens resulterande albedo

A_G = markens albedo

I (11) har värdena för markens albedo valts till 0.25 vid barmark och 0.8 för dagar med snötäcke.

Den direkta solstrålningen reduceras i proportion till molnmängden i åttandedelar. Med ekv (3.19) fås

$$I_{DH,C} = I_{DN} \left(1 - \frac{N}{8}\right) \sin h \quad (3.25)$$

där

N = molnmängd i åttandedelar

Med hjälp av ekv (3.20) tecknas den diffusa komponenten som skillnaden mellan den globala och direkta strålningsintensiteten

$$I_{dH,C} = I_{H,C} - I_{DH,C} \quad (3.26)$$

3.4.3 Beräkning av solstrålning mot lutande ytor

Den direkta solstrålningen mot en lutande yta vid molnmängden N beräknas i analogi med ekv (3.25) och med ekv (3.5) och (3.6) till

$$I_{Di,C} = I_{DN} \left(1 - \frac{N}{8}\right) \cos i \quad (3.27)$$

För den diffusa strålningen mot lutande ytor anges i (9) ett flertal metoder. I SOLTIMSYM-modellen behandlas den diffusa strålningen enligt de av Hay (16), Valko (17) redovisade. Metoden inkluderar dels ett approximativt sätt att ta hänsyn till att himlen lyser olika starkt i olika riktningar, dels ett uttryck för den diffusa reflektionen från marken.

Hay antar att medeltransmissionsfaktorn hos atmosfären för solstrålning normaliserad till den optiska våglängden $m=1$ är ett mått på himmelstrålningens anisotropi.

$$q = \left(\frac{I_{DN}}{I_0}\right)^{1/m} \quad (3.28)$$

där

q = transmissionsfaktor

Om även inverkan av molnmängd inkluderas modifieras ekv (3.28), i analogi med ekv (3.25), till

$$q_C = \left(\frac{I_{DN}(1 - N/8)}{I_0}\right) \quad (3.29)$$

Den diffusa solstrålningen i riktning mot solen behandlas geometriskt på samma sätt som den direkta solstrålningen och bakgrundsstrålningen antas vara helt diffus. Med hjälp av ekv (3.29) kan den diffusa solstrålningen i riktning mot solen skrivas

$$I_{dN,C} = q_C I_{dH,C} \quad (3.30)$$

där

$$I_{dN,C} = \text{diffus solstrålning i riktning mot solen}$$

Den resterande diffusa strålningen är bakgrundsstrålningen enligt

$$I_{dB,C} = I_{dH,C} - q_C I_{dN,C} \sin h \quad (3.31)$$

Den diffusa strålningen mot en yta med godtycklig lutning kan nu tecknas som en summa av bidragen från diffus strålning i riktning mot solen, bakgrundsstrålning och markreflekterad strålning.

$$I_{di,C} = I_{dH,C} q_C \cos i + I_{dB,C} \frac{1 + \cos \alpha}{2} + A_G I_{H,C} \frac{1 - \cos \alpha}{2} \quad (3.32)$$

* Korrektion för delvis avskärmd horisont resp markyta.
Se t ex Brown (7) sid 97-101

där

$$\alpha = \text{ytans lutning mot horisontalplanet } (\alpha = 90 - \gamma)$$

I SOLTIMSYN-modellen har efter jämförelse med mätningar ytterligare korrektioner införts för att förbättra modellen (11). Dessa förbättringar innebär att ekv (3.25) för den direkta solstrålningen, vid förekomst av cirrusmoln tillsammans med enbart cumulus-moln, modifieras till

$$I_{dH,C} = \left(1 + \frac{N^{2.9}}{100}\right) I_{dN} \left(1 - \frac{N}{8}\right) \sin h \quad (3.33)$$

dvs den beräknade direkta solstrålningen horisontellt blir, enligt ekv (3.33), maximalt upp till drygt 40% större vid helt mulen himmel än motsvarande beräkning genomförd med ekv (3.25).

Jämförelserna visar vidare att en systematisk inverkan av sikten erhålls för den direkta och globala solstrålningen. För dessa avvikelser har korrektionens termer införts.

Den globala strålningen beräknas som summan av den direkta och diffusa enligt ekv (3.27) och (3.32) och korrigeras enligt

$$I_{i,C}^V = (I_{Di,C} + I_{di,C}) (1 - \exp(-v^{0.25}) + 0.05) \quad (3.34)$$

och för den direkta strålningen

$$I_{Di,C}^V = I_{Di,C} \frac{I_{nv}}{I_{nv_0}} \quad (3.35)$$

där

v = sikten i km

v_0 = normaliserad sikt = 50 km

Den korrigerade diffusa komponenten erhålls i analogi med ekv (3.26)

$$I_{di,C}^V = I_{i,C}^V - I_{Di,C}^V \quad (3.36)$$

Ekv (3.34)-(3.36) gäller för en yta med godtycklig lutning i .

3.4.4 Beräkning av långvågig strålning

I föregående avsnitt anges hur den kortvågiga strålningen kan beräknas analytiskt för godtyckligt orienterade ytor vid klart väder och för varierande molnmängd. Ett fullständigt termodynamiskt system bestående av atmosfären och ytor vid jordytan inkluderar även den långvågiga strålningen mellan atmosfären, jordytan och övriga omgivande ytor.

Vid beräkning av värmeflöden mellan utvändiga byggnadsytor och omgivning används ofta begreppet ekvivalent utetemperatur eller s_k sol-air-temperatur (18), (19). Den ekvivalenta utetemperatur definieras som den utetemperatur som ger samma värme flöde vid randen då materialytan är skuggad som då materialytan är solbelyst och i kontakt med verklig utetemperatur och följer av ekvationen

$$q = (T_{SA} - T_S)h \quad (3.37)$$

där

q = nettovärmefflöde till materialytan

T_{SA} = sol-air-temperatur

h = värmeövergångstal

Genom att kombinera ekv (3.1) och (3.37) och eliminera q erhålls sol-air-temperaturen

$$T_{SA} = 1/h(aI + \epsilon R - \epsilon R_G + h_c(T_A - T_S)) + T_S \quad (3.38)$$

I (18), (19) utvecklas detta begrepp vidare för klara och molniga förhållanden samt för vertikala och horisontella ytor bl a med hjälp av empiriska samband erhållna ur mätningar från Brown (1958).

I det följande beräknas det långvågiga strålningsutbytet vid byggnadsytor direkt utan att använda begreppet sol-air-temperatur enligt ekv (3.38).

Den långvågiga strålningen som träffar en byggnadsyta härrör dels från mark och omgivande ytor dels från atmosfärisk strålning. I analogi med ekv (3.32) tecknas summan av bidragen från mark och atmosfär som

$$R = R_A \frac{1 + \cos \alpha}{2} + R_G \frac{1 - \cos \alpha}{2} \quad (3.39)$$

där

R_A = atmosfärisk långvågig strålning

R_G = långvågig strålning från mark

Den av jordytan emitterade värmestrålningen bestäms av jordytans temperatur och dess emissivitet samt reflekterad atmosfärisk långvågig strålning

$$R_G = \epsilon_G \sigma T_G^4 + (1 - \epsilon_g) R_A \quad (3.40)$$

där

$$\begin{aligned}\xi_G &= \text{markens emissionstal} \\ \sigma &= \text{Stefan-Boltzmanns konstant} \\ T_G &= \text{marktemperatur}\end{aligned}$$

Emissiviteten för jordytan är enligt (13) nära = 1 och dessutom avgörs dess värde av hålrumsverkan orsakad av vegetationen, skrovliga ytor, etc. Med hänsyn till noggrannheten i bestämningen av den teoretiska strålningen kan markens emissionstal approximeras som $\xi_G=1$.

Den atmosfäriska strålningen beräknas över empiriska samband där ingångsdata är meteorologiska observationer vid jordytan. Den atmosfäriska strålningen härrör vid klar himmel från två komponenter, vattenånga och koldioxid. Vattenångans emissionsband är mycket kraftiga och den atmosfäriska strålningen kommer att i hög grad bestämmas av temperaturen i de lägre skikten av atmosfären samt luftens halt av vattenånga. Koldioxiden har ett kraftigt emissionsband som är av betydelse och strålningen i detta våglängdsintervall motsvaras approximativt av den som erhålls från en absolut svart kropp.

Den atmosfäriska strålningen ges i t ex (13) av uttrycket

$$R_A = f(e) \sigma T_a^4 \quad (3.41)$$

där

$$\begin{aligned}f(e) &= \text{en funktion som beror av fuktigheten i atmosfären} \\ T_a &= \text{lufttemperaturen i s k burhöjd}\end{aligned}$$

I genomsnitt varierar ångtrycket i atmosfären på ett karakteristiskt sätt med höjden över jordytan. Härigenom är det möjligt att låta ångtrycket e i lägre skikt representera atmosfärens fuktighetsprofil. Bidraget från koldioxiden representeras av en konstant som ingår i funktionen $f(e)$.

I litteraturen förekommer olika uttryck för funktionen $f(e)$. I referens (18) har följande samband enligt Brunt (20) använts

$$R_A = (0.55 + 0.065 \sqrt{e}) \sigma T_a^4 \quad (3.42)$$

där

e = ångtryck i s k burhöjd i mbar

Ekv (3.42) gäller endast för molnfri himmel och genomsnittsförhållanden för temperaturens och fuktighetens variation med höjden över marknivån. Sambandet gäller således ej vid t ex kraftig markinversion eller kraftig höjdinversion nära jordytan (13).

3.4.5 Beräkning av långvågig strålning vid molnig himmel

Vid molntäckt himmel förändras den atmosfäriska strålningen eftersom molnbasen emitterar värmestrålning. Molnbasen kan betraktas som en absolut svart kropp (13). På samma sätt som för strålning vid molnfri himmel påverkas strålningen av atmosfärens vattenånga och koldioxid.

För en mulen himmel har Ångström och Asklöf (1920), se (13), uppställt ett samband mellan den långvågiga strålningen vid klart väder och mulen himmel enligt

$$(R_{\text{eff}})_{\text{mulen}} = R_G - (R_A)_{\text{mulen}} = \lambda R_{\text{eff}} \quad (3.43)$$

där

$(R_{\text{eff}})_{\text{mulen}}$ = effektiv värmestrålning från mark vid helt mulen himmel

$(R_A)_{\text{mulen}}$ = atmosfärisk värmestrålning vid helt mulen himmel

λ = koefficient som beror av molnhöjd

R_{eff} = effektiv värmestrålning från mark vid klart väder

Koefficienten λ framgår av TAB.3.9.

TAB.3.9 Andel effektiv värmestrålning λ vid molnig himmel i förhållande till klar himmel vid varierande molnhöjd, (13), Ångström och Asklöf (1920).

Molnhöjd	Låga moln	Medelhöga moln	Höga moln
	1.5 km	3.0 km	7.0 km
	0.14	0.25	0.80

Med beaktande av att den effektiva värmeutstrålningen från mark kan skrivas

$$R_{\text{eff}} = R_G - R_A \quad (3.44)$$

kan den långvågiga strålningen från atmosfären vid helt mulet väder tecknas med hjälp av ekv (3.43) enligt

$$(R_A)_{\text{mulet}} = (1-\lambda)R_G + \lambda R_A \quad (3.45)$$

Med antagande om att den långvågiga strålningen från atmosfären vid brutet molntäcke är proportionell mot molnmängden N erhålls

$$R_{A,c} = \frac{N}{8} ((1-\lambda)R_G + \lambda R_A) + (1 - \frac{N}{8})R_A \quad (3.46)$$

där

$$R_{A,c} = \text{långvågig strålning från atmosfären vid molnmängd } N$$

Den totala långvågiga strålningen som träffar en godtyckligt orienterad byggnadsyta beräknas därefter med hjälp av ekv (3.39) varvid R_A utbyts mot $R_{A,c}$ för att beakta molnighet

$$R = R_{A,c} \frac{1+\cos\alpha}{2} + R_G \frac{1-\cos\alpha}{2} \quad (3.47)$$

Om även hänsyn tas till markreflektionen modifieras ekvationerna (3.45)-(3.47). Den atmosfäriska strålningen vid mulet väder skall

korrigeras med korrektionstermen

$$\omega = \frac{1}{1 - (1 - \epsilon_g)(1 - \lambda)} \quad (3.48)$$

I ekvationen inkluderas även den markreflekterade atmosfärsstrålningen i termen R_G . Den emitterade strålningen från marken vid brutet molntäcke och med hänsyn till markreflekterad atmosfärsstrålning definieras enligt

$$R_{G,C} = \epsilon_g \sigma T_g^4 + (1 - \epsilon_g) R_{A,C} \quad (3.49)$$

3.4.6 Jämförelse av uppmätt och beräknad solstrålning

I FIG.3.8 och 3.9 jämförs den i Taberg uppmätta solstrålningen med den av SMHI beräknade solstrålningen enligt SOLTIMSYN-modellen med indata från Jönköpings flygplats. Av FIG.3.8 framgår det att för den beräknade globalstrålningen erhålls en god överensstämmelse även om det för enstaka timmar kan finnas relativt stora skillnader. Även för den diffusa strålningen enligt FIG.3.9 erhålls en acceptabel noggrannhet. Dock tycks SOLTIMSYN-modellen genomgående ge en något högre diffus strålning.

Om det beaktas att mätningen av den diffusa solstrålningen medelst skuggring medför att en del av himmelsstrålningen avskärmas blir dock sambanden mellan beräknad och uppmätt diffus solstrålning bättre. I TAB.3.10 sammanställs inverkan av skuggringens avskärmning som den faktor varmed den uppmätta diffusa strålningen skall multipliceras under årets månader.

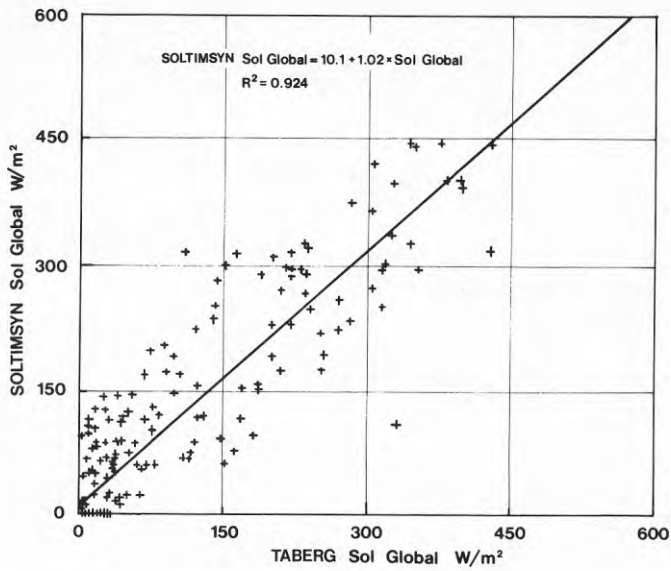


FIG.3.8 Sambandet mellan enligt SOLTIMSYN-modellen beräknad och i Taberg uppmätt global solstrålning

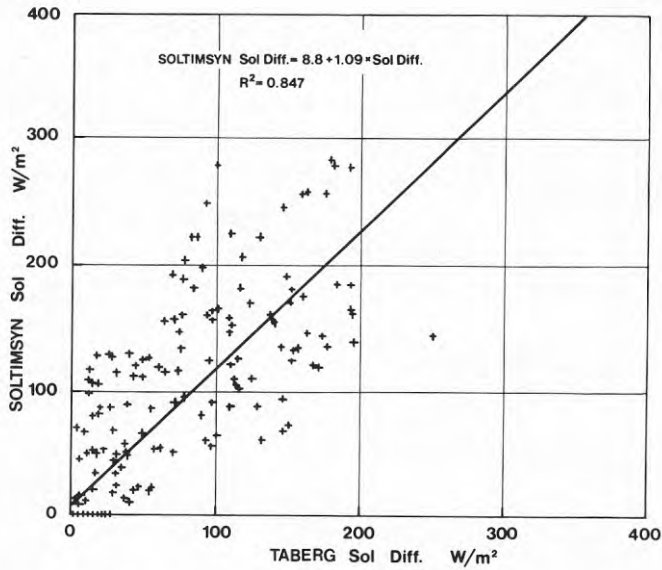


FIG.3.9 Sambandet mellan enligt SOLTIMSYN-modellen beräknad och i Taberg uppmätt diffus solstrålning

TAB.3.10 Faktor för beräkning av verklig diffus solstrålning då mätning av den diffusa strålningen sker med skuggring.

Månad	Faktor
Januari	1.06
Februari	1.08
Mars	1.11
April	1.15
Maj	1.19
Juni	1.21
Juli	1.21
Augusti	1.20
September	1.17
Oktober	1.13
November	1.09
December	1.07

4 FÄLTUNDERSÖKNING

I detta avsnitt redogörs fältundersökningens uppläggning. Beskrivningen omfattar undersökningsmetodik, mätperioder samt använd mätutrustning. Undersökningens resultat redovisas i kapitel 6 och 7.

4.1 Metodbeskrivning

Som tidigare nämnts är målsättningen med projektet att fastställa betydelsen av den valda byggnadsutformningen med avseende på energianvändningen.

Mätresultaten från fältundersökningen ger ej direkt svar på betydelsen av olika inverkanse faktorer utan dessa måste utläsas genom utvärdering i någon fysikaliskt baserad modell. Mätningarna skall därför i första hand ses som ett sätt att införskaffa lämpliga indata till simuleringarna samt att ge något referensfall (lägenhet) mot vilka beräkningarna kan testas.

Endast i vissa fall har inverkan av åtgärder studerats direkt i fältundersökningen genom att införa förändringar i drift eller byggnadsutformning, så kallade on-off-experiment.

Det för projektet mest uppmärksammade tillskottet i byggnadsutformningen är givetvis glasverandorna. Undersökningen av deras inverkan på energiförbrukningen i lägenheterna har därför studerats speciellt i on-off-experiment där glasningen till verandan tagits bort under ca ett halvt år.

Mätningarna kan, efter omfattning, grovt indelas enligt

- A Automatiska mätningar varje timme som via telefonnätet överförs till institutionens utvärderingsdator i Lund. Dessa mätningar genomförs i 4 lägenheter, varav en tjänar som obebodd referenslägenhet, och omfattar följande

- uteklimat: temperatur, total och diffus solstrålning samt vindhastighet
- temperaturer: i rum och veranda, luftkanaler och varmvatten
- total tappvattenförbrukning
- tappvarmvattenförbrukning
- elenergi för uppvärmning
- elenergi för varmvattenberedning
- elenergi för ventilation
- total elenergi (restpost: hushållsel)

B Manuella veckoavläsningar

I samtliga 32 lägenheter omfattar mätningarna:

- total tappvattenförbrukning
- total elenergi uppdelat på dag och natt
- lägenhetens veckomedeltemperatur

Samt för de fyra specialmätta lägenheterna:

- elenergi för uppvärmning
- elenergi för varmvattenberedning
- elenergi för ventilation

Dessutom avläses

- total vattenförbrukning inom området
- gemensam elförbrukning

C Kompletterande mätningar av följande typ

- temperaturer i avloppsvatten
- luftfördelning mellan tilluftsdon
- infiltration och ventilation i lgh
- infiltrationsmätningar på veranda
- energi och temperaturmätningar av varmvattenberedare
- temperatur- och flödesmätning av värmeväxlaraggregat

4.2 Dagbok och mätperioder

De automatiska timmätningarna omfattar i sin helhet perioden 810615-830514. Med avläsning av ca 130 kanaler motsvarar detta drygt 2 miljoner mätvärden. De manuella avläsningarna av 160 mätare har utförts i 130 veckor under perioden 811020-840627, dvs drygt 22 tusen avläsningar har skett.

De manuella avläsningarna är i stort sett helt felfria och hela datamaterialet kan därför användas i utvärderingsarbetet.

För de automatiska mätningarna gäller att endast en begränsad andel av mätvärdena av en eller annan anledning kan utnyttjas för utvärderingen. Bland annat har dataöverföringen över telefonnätet under vissa perioder fungerat otillfredsställande, datorn i Lund har stannat vid t ex oväder samt mätstationen totalförstörts på grund av åsknedslag.

Nedan beskrivs i kronologisk ordning händelser under projekttiden som har betydelse för utvärderingsarbetet.

80.04.16

Planeringen av mätverksamheten startas med besök på byggnadskontoret i Jönköping. Vid besöket diskuteras erforderlig tilläggsentreprenad för mätverksamheten tillsammans med företrädare för byggnadskontoret och berörda konsulter.

80.05.

Byggnadsarbetena påbörjas i Taberg.

80.05.28

Upprättande av underlag för tilläggsentreprenad till LTH's energimätningar.

80.09.24

Revidering av underlag för tilläggsentreprenad till LTH's energimätningar.

81.02.03

Dokumentation av byggnadsarbeten genom fotografering.

81.03.25

Besiktning av tilläggsentreprenaden för energimätningar.

81.04.07

Institutionen ansöker om projektanslag för energimätningar och utvärdering av byggnaderna.

81.04.13

Montering av mätutrustning för medeltemperaturmätning i hus A och B påbörjas.

81.04.27

Byggeforskningsrådet beviljar projektansökan. Detta innebär att 630 tusen kronor inom institutionens basanslag får användas till Tabergsprojektet.

81.05.01

Inflyttning sker i hus A och B.

81.05.11

Monteringsarbetet av mätutrustning fortsätter i hus C och D.

81.05.15

Inflyttning sker i hus C och D.

81.06.15

De första automatiska mätningarna startas. Endast kanal 11-31 är inkopplade.

81.07.14 - 81.09.16

Mätinstallationerna kompletteras successivt i referenslägenheten och tillhörande veranda. Bl a monteras temperaturgivare på olika djup i verandabjälklaget och i bjälklaget i vardagsrummet samt väggkonstruktioner. Solarimetrar för diffus och global strålning samt global strålning på verandagolv med tillhörande integratorer ansluts den sista dagen i rubricerade period. Problem med de

automatiska dataöverföringarna från mätstart medför att modemmet byts ut.

Kanal 11-76 och 121-124, med undantag för 47, 48, 59 och 60, är från och med nu inkopplade.

81.09.17 - 81.10.19

Under denna period justeras radiatortermostaterna in i referenslägenheterna till lämplig nivå.

81.10.20 - 81.10.22

Medeltemperaturmätare för lägenheter ansluts till räkneverken som används för veckoavläsningarna. Funktionstest av temperaturmätare och kallvattenmätare. De första kompletta veckoavläsningarna startas. I lägenhet C1 mäts luftväxlingar med spårgas. Ytterligare mätgivare för de automatiska mätningarna ansluts.

Kanal 11-82 och 121-140, med undantag för kanal 48, är från och med nu inkopplade.

81.11.17 - 81.11.19

Luftväxlingsmätningar i lägenhet C4 samt på verandan tillhörande samma lägenhet. Komplettering av mätinstallationen med avseende på registrering av fönsteröppning.

Kanal 11-87 och 121-140 är inkopplade.

81.11.30

Snö från de övre verandornas glastak faller ner på de undre verandornas glastak. Glasen krossas i verandorna hörande till lägenheterna A5, B5 och D5.

82.02.09 - 82.03.09

Mätningarna kompletteras med mätning av tilluft- och frånluftmängd i lägenhet C1. Utrustning för registrering av fönsteröppning samt solarimeterintegrator monteras ned för reparation.

Kanal 11-82 och 124-140 är inkopplade under denna period.

82.03.10-82.03.17

Mätutrustning för registrering av fönsteröppning och solarimeterintegrator åter inkopplade efter reparation. Registrering av vindhastighet saknas. Problem med mätstationen.

Kanal 11-87, 121-123 och 125-140 är inkopplade.

82.03.18 - 82.04.24

Återinkoppling av vindmätningen. Mätstationen är reparerad. Under perioden 03.23 - 03.25 utförs intensivmätningar och luftomsättningsmätningar på verandor till lägenheterna C4 och C5 samt luftomsättningsmätningar i lägenheterna C1 och C4. Verandan till lägenhet C4 tätas omsorgsfullt med tejp.

Kanal 11-87, 101-110 och 121-140 är fr o m 03.22 inkopplade.

82.04.25 - 82.06.15

På verandan till lägenhet C4 genomförs ett experiment med ökad värmelagringskapacitet. Värmelagret består av glaubersaltförpackningar typ Heat Pac, se t ex (21), placerade i ett magasin med tillhörande automatik och fläktar.

82.06.16 - 82.06.18

Tätningen med tejp på verandan till lägenhet C4 borttagen och glaubersaltet avlägsnat. Värmen i lägenhet C4 stängs av helt.

82.06.19 - 82.08.25

Mätinsamlingssystemet är totalförstört på grund av åsknedslag och de automatiska mätningarna står helt stilla.

82.08.26 - 82.11.28

De två första dagarna i perioden utförs intensivmätningar av avloppstemperaturer med ett mobilt mätsystem och ett nytt mätinsamlingssystem för de automatiska mätningarna installeras.

82.10.07 sätts värmen åter på i lägenhet C4.

82.11.29 - 82.12.05

Nattsänkningen i lägenhet C4 är nu bortkopplad och nya luftväxlingsmätningar genomförs i lägenhet C4 under de tre första dagarna i perioden. Mätutrustningen är från och med nu kompletterad med solstrålningsmätningar på verandor och vardagsrum i lägenheterna C4 och C6.

Kanal 11-92, 101-110 och 121-152 är fr o m nu inkopplade.

82.12.06 - 83.05.17

Glaset till verandan tillhörande lägenhet C4 är nedmonterat under denna period. Under dagarna 12.08-12.10 utförs luftväxlingsmät-

ningar på verandan till lägenhet C6. Dessutom utfördes intensivmätningar av avloppstemperaturer och radiatortermostaters temperatur i lägenhet C4. Energimätare inkopplades på kylskåp och frys i lägenheterna C1, C3, C6 och C7. Ett kabelbrott till solarimeter i lägenhet C6 avhjälpes 12:e december och givare för tilluftsflöde, kanal 81 och 91, i lägenhet C1 demonteras för reparation. Den 14:e mars fungerar mätningen av tilluftsflödet åter. Samma dag flyttas mätningen av kyl och frys från lägenhet C1 till C4 och givarna, kanal 103 och 108, flyttas ned till verandagolvet lägenhet C1. Mätningen av långvågig strålning modifieras.

83.05.18 - 83.05.20

De automatiska mätningarna avslutas med intensivmätningar av avloppstemperaturer varefter mätgivare och mätinsamlingssystem demonteras.

83.05.21 - 84.06.27

De manuella veckoavläsningarna fortsätter i samma utsträckning som tidigare under denna period. 84.06.27 är samtliga mätningar avslutade.

4.3 Mätutrustning

I TAB.4.1 - TAB.4.6 redovisas en fullständig mätpunktsförteckning för de automatiska mätningarna. Till varje givartyp ges nedan en utförligare beskrivning.

Givartyp 1: Temperatur

Samtliga temperaturer uppmättes med termoelement typ koppar-konstantan, P24T, vilka uppfyller normen enligt ASTM E230-72, dvs mellan -52°C och $+93^{\circ}\text{C}$ är felet mindre än $\pm 0.84\text{ K}$. I en och samma leveransserie är felet mindre än $\pm 0.1\text{ K}$. Det sannolika felet uppskattas till $\pm 0.4\text{ K}$. För temperaturmätningen i avloppet uppskattas det sannolika felet till $\pm 1.0\text{ K}$ på grund av svårighet att applicera givarna.

Givartyp 2: Strypfläns i ventilationskanal

Strypflänsar av fabrikat AB Svenska Fläktfabriken typ EHBA-012-01 har använts. Felet anges av tillverkaren till +/-5%. Någon kontroll av uppgivet fel har ej utförts.

Givartyp 3: Magnetkontakt

Magnetkontakter med inbyggda mikrobrytare fabrikat Svensk Energi-ekonomi AB.

Givartyp 4: Mikromanometer

Tryckdifferenser över strypflänsarna (givartyp 2) uppmättes med mikromanometer fabrikat Furness Controls Ltd typ Low Pressure Transducer FCO 40 med mätområdet 0-10 mm H₂O. Det sannolika felet i tryckgivaren uppskattas med hjälp av tillverkarens uppgifter understiga +/-1%. Det sannolika felet i flödesbestämningen uppskattas med hjälp av kvadratisk summering av felen hörande till felet i temperaturbestämning, mätfläns och tryckgivare. Vid flödet 150 m³/h understiger felet +/-4.5 m³/h.

Givartyp 5: kWh-mätare

Elenergi mäts med kilowattimmätare fabrikat ERMI typ VKN 2212 resp ERMI typ VKP 2211 med pulsutgång och slavräkneverk. Mätarna har upplösningen 0.1 kWh/puls resp 1 kWh/puls. Mätarna är av klass 2.0, dvs en maximal felvisning +/-2% inom mätområdet 0.5-40 A. Startvärdet är 0.4% av mäteffekten, dvs 26 W.

Givartyp 6: Vinghjulsmätare

Mätning av totalvatten- och varmvattenförbrukning mäts med vinghjulsmätare fabrikat IDO typ EW 075 TR-FA 3m³ respektive fabrikat Hydrometer typ 433. Båda typerna är försedda med pulsutgång. Den förstnämnda typen kopplades både till slavräkneverk och mätstation och har upplösningen 10 l/puls. Den andra typen av mätare används i samtliga lägenheter utom C1-C4 och är ansluten till slavräkneverk. Upplösningen är 100 l/puls. Felvisningen för mätarna vid gränsflödet 140 l/h respektive 250 l/h uppges från

tillverkarna till +/-2%.

Givartyp 7: Pyrometer

Mätning av yttemperatur på fönstrets innerglas i vardagsrummet i lgh C4 har utförts med en optisk pyrometer fabrikat Barnes modell 12-8591. Pyrometern mäter medeltemperaturen över en yta som motsvarar rymdvinkeln 12° . Filtret till instrumentet var borttaget så att strålning i våglängdsområdet 0.5-35 μm registrerades. Uppgifter om mätnoggrannhet saknas.

Givartyp 8: Pyrgeometer

Instrumenten är av fabrikat Eppley modell Pir. Instrumentet registrerar strålning i våglängdsområdet ca 4-50 μm . Temperaturberoendet är +/-2% mellan -20 till 40 $^{\circ}\text{C}$ och linjäriteten +/-10 % mellan 0 till 700 W/m^2 . Cosinusberoendet uppges avvika mindre än 5%. Det sannolika felet i mätningarna uppskattas till +/-3%.

Givartyp 9: Skålkorsanemometer

Vindgivaren är av fabrikat Wilh. Lambrecht typ 1467. Upplösningen är 1 puls/180 m vindväg och startvärdet uppgår till 1.3 m/s. Felvisningen kan enligt (3) ge en överskattning av vindhastigheten med 10-15%. Felet är störst vid byig vind. Från leverantören uppges felet till +/-2% av fullt utslag 50 m/s.

Givartyp 10: Pyranometer

Solstrålning mäts med pyranometrar fabrikat Kipp & Zonen typ CM5. Från tillverkaren uppges följande data: våglängdsområde 0.3 till 2.5 μm , temperaturberoende 0.15% per $^{\circ}\text{C}$ och linjäritet 1% över hela mätområdet. Enligt (22) är fel på 5-10% inte ovanliga om inte instrumenten kalibreras speciellt för mätsituationen. Det sannolika felet uppskattas till +/-5%.

Givartyp 11: Termohygrograf

Utrustningen är av fabrikat Lambrecht typ 252. Instrumentet kalibrerades före användning i en klimatkammare. Som referens

användes en psykrometer. Felet i luftfuktighetsbestämningen på verandan uppskattas till +/-1% RF vid nykalibrerad mätare. Efter hand driver utrustningen och felet ökar till maximalt +/-4% RF.

Givartyp 12: Medeltemperaturmätning - veckovis

Utrustningen består av en elektronikenhet s k TI-mätare med en givare av NTC-motstånd (termistor). Elektronikenhetens utsignal är en frekvens i storleksordningen 1-10 Hz och är proportionell mot termistorns temperatur. Varje enhet har utrustats med en display för temperaturindikering. Displayen består av lysdioder med en "vandrande punkt" och är graderad i intervallet 18.5-26 °C med 0,5 °C intervall. TI-mätarnas spänningsförsörjning och avläsning på räkneverk sker centralt i varje trapphus. Impulsräkneverkens markeringar mellan två avläsningstillfällen är ett direkt mått på temperaturmedelvärdet under mätperioden enligt

$$T = C_1 \frac{M}{\Delta t} + C_2$$

där

T = medeltemperaturen

C₁ och C₂ = två för utrustningen karakteristiska konstanter

M = antal markeringar mellan två på varandra följande avläsningar

Δt = tiden i timmar mellan avläsningar

Mätområdet för inomhusgivarna är +16 till +26 °C med en maximal felvisning av +/-0.2 °C för veckomedelvärdet.

I förrådet till lägenhet C4 placerades det automatiska mätsystemet, en s k remotestation. Remotestationen består av en scanner, digitalvoltmeter, nollreferensbad samt en microprocessor. Via telefonnätet beordras mätstationen från centraldatorn att successivt mäta och sända mätvärdena från samtliga inkopplade kanaler till Lund. Mätsystemets voltmeter har en spänningsupplösning av 2 μV vilket innebär för termoelementmätning 0.05 K. Felet i mätsystemet uttryckt i temperatur uppgår totalt till +/-0.2 K. Det totala felet i t ex termoelementmätningen blir då efter kvadra-

tisk addition av felen i mätsystem och givare 0.45 K. Som ett mått på det totala felet i resp mätstorhet kan angivet fel för använda givare approximativt användas eftersom felet i mätstationen är litet.

TAB.4.1 Mätpunktsförteckning för lägenhet C1.

Givartyp nr 1 = Cu/Kn,	noggrannhet +/-0.4 °C
2 = Strypfläns,	noggrannhet +/-4 m ³ /h
3 = Magnetkontakt,	noggrannhet +/-1 s
4 = Mikromanometer,	noggrannhet <+/-1%
5 = kWh-mätare,	noggrannhet +/-2%
6 = Vinghjulsmätare,	noggrannhet +/-5%

Mätstorhet	Sort	Givartyp nr	Givarplacering	Kanalnr
Lufttemp veranda	°C	1	övre våning veranda	13
Lufttemp veranda	°C	1	nedre våning veranda	14
Lufttemp lgh	°C	1	hall övre våning	15
Lufttemp lgh	°C	1	hall nedre våning	16
Lufttemp tilluft	°C	1	tilluftskanal	17
Lufttemp frånluft	°C	1	frånluftskanal	18
Lufttemp ute	°C	1	före värmväxlare	76
Lufttemp avluft	°C	1	efter värmväxlare	77
Tryckdiff tilluft	mm H ₂ O	4	tilluftskanal	91
Tryckdiff frånluft	mm H ₂ O	4	frånluftskanal	92
Tilluftsflöde	m ³ /h ²	2	tilluftskanal	81
Frånluftsflöde	m ³ /h	2	frånluftskanal	82
Öppningstid fönster	h	3	fönster karm/båge	83
Elenergi	kWh	5	elvärme	125
Elenergi	kWh	5	ventilation	129
Elenergi	kWh	5	varmvattenberedning	133
Elenergi	kWh	5	totalel	137
Vattenförbrukning	m ³	6	kallvatten	141
Vattenförbrukning	m ³	6	varmvatten	145
Varmvattentemp	°C	1	efter blandningsventil	19

TAB.4.2 Mätpunktsförteckning för lägenhet C2.

Givartyp nr 1 = Cu/Kn, noggrannhet +/-0.4 °C
 3 = Magnetkontakt, noggrannhet +/-1 s
 5 = kWh-mätare, noggrannhet +/-2%
 6 = Vinghjulsmätare, noggrannhet +/-5%

Mätstorhet	Sort	Givartyp nr	Givarplacering	Kanalnr
Lufttemp veranda	°C	1	övre våning veranda	20
Lufttemp veranda	°C	1	nedre våning veranda	21
Lufttemp lgh	°C	1	hall övre våning	22
Lufttemp lgh	°C	1	hall nedre våning	23
Lufttemp tilluft	°C	1	tilluftskanal	24
Lufttemp frånluft	°C	1	frånluftskanal	25
Öppningstid fönster	h	3	fönster karm/båge	84
Elenergi	kWh	5	elvärm	126
Elenergi	kWh	5	ventilation	130
Elenergi	kWh	5	varmvattenberedning	134
Elenergi	kWh	5	totalel	138
Vattenförbrukning	m ³	6	kallvatten	142
Vattenförbrukning	m ³	6	varmvatten	146
Varmvattentemp	°C	1	efter blandningsventil	26

TAB.4.3 Mätpunktsförteckning för lägenhet C3.

Givartyp nr 1 = Cu/Kn, noggrannhet +/-0.4 °C
 3 = Magnetkontakt, noggrannhet +/-1 s
 5 = kWh-mätare, noggrannhet +/-2%
 6 = Vinghjulsmätare, noggrannhet +/-5%

Mätstorhet	Sort	Givartyp nr	Givarplacering	Kanalnr
Lufttemp veranda	°C	1		27
Lufttemp lgh	°C	1	hall	28
Lufttemp tilluft	°C	1	tilluftskanal	29
Lufttemp frånluft	°C	1	frånluftskanal	30
Öppningstid fönster	h	3	fönster karm/båge	85
Elenergi	kWh	5	elvärme	127
Elenergi	kWh	5	ventilation	131
Elenergi	kWh	5	varmvattenberedning	135
Elenergi	kWh	5	total	139
Vattenförbrukning	m ³	6	kallvatten	143
Vattenförbrukning	m ³	6	varmvatten	147
Varmvattentemp	°C	1	efter blandningsventil	31

TAB.4.4a Mätpunktsförteckning för veranda till referenslägenhet C4.
 Givartyp nr 1 = Cu/Kn, noggrannhet +/-0.4 °C
 10 = Pyranometer, noggrannhet +/-5%
 11 = Termohygrograf, noggrannhet +/-3% RF

Mätstorhet	Sort	Givartyp nr	Givarplacering	Kanalnr
Lufttemp veranda	°C	1		32
Lufttemp veranda	°C	1	strålningsskyddad	33
Lufttemp veranda	°C	1	1200 mm över golv	103
Lufttemp veranda	°C	1	1800 mm över golv	104
Taktemp veranda	°C	1	materialyta	34
Taktemp veranda	°C	1	100 mm upp från underkant	35
Golvtemp veranda	°C	1	14 mm från övre yta	37
Golvtemp veranda	°C	1	övre yttemperatur	38
Golvtemp veranda	°C	1	14 mm från övre yta	39
Golvtemp veranda	°C	1	42 mm från övre yta	40
Golvtemp veranda	°C	1	70 mm från övre yta	41
Golvtemp veranda	°C	1	97 mm från övre yta	42
Golvtemp veranda	°C	1	14 mm från övre yta	43
Golvtemp veranda	°C	1	yttemp 300 mm från fasad	100
Golvtemp veranda	°C	1	yttemp mitt på golvet	101
Golvtemp veranda	°C	1	yttemp 300 mm från bjälklagets ytterkant	102
Väggtemp veranda	°C	1	yttemperatur	44
Väggtemp veranda	°C	1	mitt i vägg	45
Väggtemp veranda	°C	1	yttemperatur	46
Väggtemp veranda	°C	1	15 mm in från utsida vägg	36
Väggtemp veranda	°C	1	248 mm från utsida	47
Solstrålning veranda	W/m ²	10	golv horisontellt	123
Luftfuktighet veranda		11	strax ovanför golv	-

TAB.4.4b Mätpunktsförteckning för referenslägenhet C4.

Givartyp nr 1 = Cu/Kn,	noggrannhet +/-0.4 °C
3 = Magnetkontakt,	noggrannhet +/-1 s
5 = kWh-mätare,	noggrannhet +/-2%
6 = Vinghjulsmätare,	noggrannhet +/-5%
7 = Strålningsmätare,	noggrannhet +/-2%
8 = Pyrgeometer,	noggrannhet +/-3%
10 = Pyranometer,	noggrannhet +/-5%

Mätstorhet	Sort	Givartyp nr	Givarplacering	Kanalnr
Lufttemp lgh	°C	1	vardagsrum	49
Lufttemp lgh	°C	1	vardagsrum strålnings- skyddad	50
Golvtemp lgh	°C	1	vardagsrum	
			25 mm från övre yta	51
Golvtemp lgh	°C	1	vardagsrum	
			25 mm från övre yta	52
Golvtemp lgh	°C	1	vardagsrum	
			57 mm från övre yta	53
Golvtemp lgh	°C	1	vardagsrum	
			90 mm från övre yta	54
Golvtemp lgh	°C	1	vardagsrum	
			25 mm från övre yta	55
Taktemp lgh	°C	1	vardagsrum yttemp	56
Taktemp lgh	°C	1	vardagsrum 100 mm från underkant tak	57
Fönstertemp lgh	°C	1	vardagsrum	78
Termostattemp lgh	°C	1	vardagsrum radiator	79
Solstrålning genom fönster	W/m ²	10	innanför vardagsrums- fönster, vertikalt	151
Solstrålning mot fönster	W/m ²	10	utanför vardagsrums- fönster, vertikalt	150
Långvågig strålning	W/m ²	7	innanför vardagsrums- fönster, vertikalt	88
Långvågig strålning	W/m ²	8	utanför vardagsrums- fönster	90
Lufttemp lgh	°C	1	1880 mm över golv	65
Väggtemp lgh	°C	1	kök, inre yttemp	58
Väggtemp lgh	°C	1	kök, 248 mm från utsida	59
Väggtemp lgh	°C	1	kök, 120 mm från utsida	60
Väggtemp lgh	°C	1	kök, 15 mm från utsida	61
Lufttemp lgh	°C	1	hall, 1650 mm över golv	68
Lufttemp lgh	°C	1	sovrum	75
Väggtemp lgh	°C	1	sovrum yttemp	75
Termostattemp	°C	1	radiator i sovrum	48
Lufttemp tilluft	°C	1	tilluftskanal	71
Lufttemp frånluft	°C	1	frånluftskanal	72
Lufttemp ute	°C	1	före värmväxlare	70
Lufttemp avluft	°C	1	efter värmväxlare	73
Lufttemp	°C	1	vindsutrymme	69

TAB.4.4b (forts)

Givartyp nr 1 = Cu/Kn,	noggrannhet +/-0.4 °C
3 = Magnetkontakt,	noggrannhet +/-1 s
5 = kWh-mätare,	noggrannhet +/-2%
6 = Vinghjulsmätare,	noggrannhet +/-5%
7 = Strålningsmätare,	noggrannhet +/-2%
8 = Pyrgeometer,	noggrannhet +/-3%
10 = Pyranometer,	noggrannhet +/-5%

Mätstorhet	Sort	Givartyp nr	Givarplacering	Kanalnr
Varmvattentemp	°C	1	varmvattenberedare	
			350 mm över tankbotten	62
Varmvattentemp	°C	1	varmvattenberedare	
			700 mm över tankbotten	63
Varmvattentemp	°C	1	varmvattenberedare	
			1240 mm över tankbotten	64
Varmvattentemp	°C	1	efter blandningsventil	67
Kallvattentemp	°C	1	inkommande kallvatten	66
Öppningstid fönster	h	3	fönster karm/båge	86
Elenergi	kWh	5	elvärme	128
Elenergi	kWh	5	ventilation	132
Elenergi	kWh	5	varmvatten	136
Elenergi	kWh	5	totalt	140
Vattenförbrukning	m ³	6	kallvatten	144
Vattenförbrukning	m ³	6	varmvatten	148

TAB.4.5 Mätpunktsförteckning för veranda till lägenhet C6.
 Givartyp nr 1 = Cu/Kn, noggrannhet +/-0.4 °C
 8 = Pyrgeometer, noggrannhet +/-3%
 10 = Pyranometer, noggrannhet +/-5%

Mätstorhet	Sort	Givartyp nr	Givarplacering	Kanalnr
Lufttemp veranda	°C	1	1200 mm över golv	108
Lufttemp veranda	°C	1	1800 mm över golv	109
Golvtemp veranda	°C	1	yttemp 300 mm från fasad	105
Golvtemp veranda	°C	1	yttemp golvet mitt	106
Golvtemp veranda	°C	1	yttemp 300 mm från bjälklagets kant	107
Solstrålning genom fönster	W/m ²	10	innanför vardagsrums-fönster, vertikalt	152
Solstrålning mot fönster	W/m ²	10	utanför vardagsrums-fönster, vertikalt	149
Långvågig strålning	W/m ²	8	utanför vardagsrums-fönster, vertikalt	89

TAB.4.6 Mätpunktsförteckning för övriga mätpunkter.

Givartyp nr 1 = Cu/Kn,	noggrannhet +/-0.4 °C
1* = Cu/Kn,	noggrannhet +/-1.0 °C
9 = Skålkorsanemometer,	noggrannhet +10% till 15%
10 = Pyranometer,	noggrannhet +/-5%

Mätstorhet	Sort	Givartyp nr	Givarplacering	Kanalnr
Lufttemperatur	°C	1	mättrum, förråd	11
Lufttemperatur	°C	1	norrfasad	12
Globalstrålning	W/m ²	10	horisontellt på hustak	121
Diffus strålning	W/m ²	10	horisontellt på hustak	122
Vindhastighet	m/s	9	mast på hustak	124
Avloppstemperatur	°C	1*	vattengång i nedstigningsbrunn mellan hus C och D	110
Avloppstemperatur	°C	1*	VG+5 mm i nedstigningsbrunn mellan hus C och D	111
Avloppstemperatur	°C	1*	vattengång i nedstigningsbrunn mellan hus C och garage	112

5 BERÄKNAT ENERGIBEHOV

5.1 Transmissionsförluster

Teoretiska värmegenomgångskoefficienter har beräknats för ingående byggnadsdelar. Till grund för beräkningarna ligger konstruktionsritningar upprättade av K-konsult 790615. Beräkningarna har genomförts enligt Svensk Byggnorm 1980 (23) och kommentarer till Svensk Byggnorm, Energihushållning mm (24). I Bilaga A, TAB.A1, redovisas beräkningarna för respektive byggnadsdel.

I Bilaga A, TAB.A2-A6, sammanfattas transmissionsförlustberäkningarna för varje lägenhetstyp och trapphuset. De totala transmissionsförlusterna för en huslänga, dvs två lägenheter av varje typ plus ett trapphus sammanfattas i tabell A7. Av sammanställningen framgår även uppvärmda volymer.

Den eventuella inverkan som glasverandan har på transmissionsförlusterna har i denna redovisning försumrats.

I bilaga A redovisas också transmissionsberäkningar för glasverandor hörande till lägenheterna. Resultaten framgår av TAB.A8.

De i Bilaga A beräknade specifika transmissionsförlusterna för lägenheter, trapphus och en hel huslänga sammanställs i TAB.5.1 nedan. Transmissionsförlusterna har uppdelats så att andelen förluster genom fönster framgår.

En sammanställning av verandornas beräknade specifika förluster mot ute framgår av TAB.5.2. I tabellen redovisas även transmissionsandelen mellan lägenheter och glasveranda. Denna andel är ett mått på möjligheten att tillvarata energi från verandan vid en given verandatemperatur. Den kan även ställs i relation till verandans förluster under nattetid eller mulna perioder och ger då en energibalans vid stationära förhållanden varur verandatemperaturen enkelt kan lösas.

TAB.5.1 Beräknade specifika förluster för lägenheter, trapphus och huslänga.

Lokal	Trans- mission genom fönster	Trans- mission övrigt	Trans- mission totalt	Venti- lation	Totala specifika förluster
	W/°C	W/°C	W/°C		W/°C
4 rok gaveligh	41.5	34.1	75.6	41.8	117.4
4 rok mellanigh	40.1	27.8	67.9	42.4	110.3
2.5 rok	30.8	21.4	52.2	25.9	78.1
2 rok	26.4	11.9	38.3	24.0	62.3
Trapphus	3.4	24.3	27.6	23.9	51.5
Huslänga	281.0	214.6	495.6	292.1	787.7

TAB.5.2 Beräknade specifika förluster för lägenheternas glasverandor

Veranda	Transmission veranda-ute	Ventilation veranda-ute	Totala specifika förluster veranda-ute	Transmission lgh-veranda
	W/°C	W/°C	W/°C	W/°C
4 rok	232.1	61.4	293.5	18.4
4 rok mellanigh	232.1	61.4	293.5	18.4
2.5 rok	137.1	24.1	161.2	9.7
2 rok	141.0	25.8	166.8	9.8
Huslänga	1484.6	345.4	1830.0	112.6

5.2 Ventilationsförluster

Ventilationsförlusterna i lägenheterna beräknas med förutsättningarna att infiltration inklusive vädring motsvarar 0.2 h^{-1} och ventilationen 0.5 h^{-1} . Energiinnehållet i frånluften återvinns genom värmeväxling till tilluften. Verkningsgraden för värmeväxlaren antas till 50%. I trapphusen finns ingen värmeåtervinning och ventilationsförlusterna beräknas med antagande om en total ventilation av 0.7 h^{-1} . I TAB.5.1 redovisas beräknade ventilationsförluster för lägenheter, trapphus och en hel huslänga tillsammans med transmissionsförlusterna och totala specifika förluster.

Verandorna är byggda i växthusteknik. Detta innebär bl a att inglasningen är utförd med överlappande glas och blir därmed relativt otät. Även anslutningar till bostadsbyggnaden är utförd med stora luftspringor. Ett stort antal vädringsluckor i verandan medför ytterligare otätheter. De stora otätheterna medför också att luftomsättningen i verandan sannolikt kommer att variera betydligt som funktion av vindhastighet och vindriktning. I sammanställningen i TAB.5.2 har antagits att luftomsättningen i verandan vid stängda ventilationsluckor och dörrar uppgår i genomsnitt till 3.0 h^{-1} .

5.3 Avloppsförluster

För att bedöma husets totala förluster måste även förlusterna genom avloppet uppskattas. Några riktlinjer för hur dessa skall bedömas finns inte. I litteraturen finns vissa temperaturmätningar redovisade. Möjligheterna att ur dessa dra några generella slutsatser om förlusternas storlek är dock svårt eftersom även information om aktuella flöden behövs. Ett vanligt sätt att uppskatta förlusterna är antagandet att energin i allt varmvatten går förlorad som avloppsförluster. Antagandet är i övrigt eftersom varmvattnet hinner svalna till viss del inom huset. Överskattningen kompenseras dock av att kallvattnet inom huset till viss del uppvärms i ledningssystemet mm innan det töms ut i avloppet.

I BKL-metoden (se avsnitt 5.4) antas att ingen del av varmvattnet tillgodogörs huset och att det totala vattenflödet medför en förlust på 3600 Wh/dygn för småhus och lägenheter.

5.4 Energibehov beräknat enligt BKL-metoden

De enligt ovan redovisade specifika förlusterna erhålls genom elementära beräkningar av byggnadsdelars värmegenomgångskoefficienter och ytor samt rimliga antaganden om lägenheternas luftomsättning. Dessa beräkningar och uppskattningar är relativt säkra. Däremot är det svårare att utifrån dessa uppgifter uppskatta total energiförbrukning och andel härav som tillförs huset via uppvärmningssystemet. För detta ändamål har beräkningsmetoder utvecklats för att uppskatta, framför allt, den "gratisenergi" som erhålls från solinstrålning. Ett exempel på en sådan metod är den så kallade BKL-metoden (25).

Modellen baseras på följande antaganden

- 1 Solstrålningen uppdelas i diffus himmelstrålning och riktad strålning
- 2 Solstrålningens variation inom varje månad approximeras till varaktighetsdiagram. Varaktighetsdiagrammet förenklas till strålningsdata för två eller tre dagar
- 3 Förhållandet mellan solstrålning mot horisontell yta och motsvarande instrålning genom olika glaskombinationer och med varierande avskärmning beräknas för diffus och riktad strålning
- 4 De enligt 3 beräknade strålningsförhållandena antas konstanta för respektive månad
- 5 Boendevärme antas konstant för respektive månad
- 6 Byggnadens ventilation antas konstant för respektive månad

7 Byggnadens värmekapacitet försummas

8 Tillsatsvärmen termostatregleras (idealt) efter
innetemperaturen

Erforderliga indata i beräkningsmodellen är uppgifter som ingående byggnadsdelars värmeövergångskoefficienter och ytor, byggnadsvolym och luftomsättning, fönsterytor och fönsterorientering, avskärmning av fönster, boendevärme, uppgift om reducering av solstrålning samt klimatdata.

För vissa typer av ovan uppräknade indata är valet av numeriska värden svårare än för andra. Sålunda är t ex reducering av solstrålning på grund av användning av gardiner eller annan solavskärmning svår att förutse. Dessutom förekommer svårigheter att uppskatta hur mycket av tillgänglig solinstrålning som utnyttjas för uppvärmning till önskad innetemperatur. Härvid kan förutsättningen 8 (enligt ovan) diskuteras. Rimligheten med förutsättningen om idealt reglerande värmesystem varierar naturligtvis med vilken typ av uppvärmning som utnyttjas. Även andra former av gratisenergi kan vara svår att uppskatta. Till exempel är det på projekteringsstadiet svårt att förutse antalet boende och familjens sammansättning. Dessa faktorer påverkar antagande om tillgängligt boendevärme, hushållsel och vattenförbrukning.

5.4.1 Indata till BKL-metoden

Beräkningarna har skett med programmet BKLMETODEN version 85:1, (26), på en sperry 1100/81 vid Lunds Datacentral.

Med hjälp av SOLTIMSYN-modellen, (se avsnitt 3.4 där även modellen jämförs med uppmätt solstrålning), har SMHI genererat uppgifter om global och diffus solstrålning med upplösningen 1 timme under kalenderåren 1981-1984. Vissa korrigeringar för saknade eller orimliga värden har genomförts. Därefter har dygnssummor för global och diffus solstrålning samt dygnsmedeltemperatur beräknats. Dygnsvärdena utnyttjas därefter för att med hjälp av programmet BKL-METHOD-CLIMA (se (25)), beräkna förenklade klimatdata till BKL-metoden. I Bilaga B, TAB B1-B4 redovisas förenklade klimatdata för åren 1981, 1982, 1983 och 1984.

I BKL-metoden anropas önskat klimat genom att ange ort. För närvarande finns följande valmöjligheter

Ort	Klimat	Latitud	Longitud
1	Malmö 1971 (SMHI)	55°36'	13°04'
2	Stockholm 1971 (BKL-korr)	59°20'	18°02'
3	Umeå 1971 (SMHI)	63°49'	20°04'
4	Stockholm 1971 (SMHI)	59°20'	18°20'
5	Köpenhamn (Danskt referens- år, Värnlöse)	55°41'	12°34'
6	Denver (IEA Passive Solar Data)	39°0'	xx°0'
7	Geneve (IEA Passive Solar Data)	46°12'	46°18'
8	Jönköpings flpl 1981 (SMHI)	57°45'	14°05'
9	Jönköpings flpl 1982 (SMHI)	"-	"-
10	Jönköpings flpl 1983 (SMHI)	"-	"-
11	Jönköpings flpl 1984 (SMHI)	"-	"-

Beräkningen av energibehovet enligt BKL-metoden har genomförts med uppdelning på lägenhetsnivå, dvs beräkningarna har genomförts separat för 4 rok gavel, 4 rok, 2.5 rok, 2 rok samt trapphus. Följande antaganden har gjorts

- Ingen värmetransport mellan lägenheter eller lägenheter och trapphus
- Samtliga innetemperaturer har under hela året satts till 20 °C
- Ventilationen i lägenheter uppgår till 0.5 h⁻¹ och infiltrationen till 0.2 h⁻¹ under hela året
- Värmeväxlarens verkningsgrad uppgår till 50%
- Trapphusventilationen är 0.5 h⁻¹ och infiltrationen 0.2 h⁻¹
- Trapphusen har ingen värmewäxling
- Bovärmen antas konstant över hela året och uppgår till 7 kWh/dag i 2 rok och 2.5 rok. I 4 rok antas bovärmen till 9.2 kWh/dag och i trapphusen 0 kWh/dag
- Solfaktorn har i beräkningarna varierats från 0.00 till och med 1.00 i steg om 0.25

Vid beräkning av bovärme har de anvisningar som anges i BKL-metoden (25) följts. Detta innebär att personvärmen i genomsnitt uppgår till 1200 Wh/dag och person. En 2-rumslägenhet och en 4-rumslägenhet uppges bebos av 3 respektive 4 personer. Hushållselen för lägenheten anges i (25) till 7000 Wh/dag (2555 kWh/år) och för enfamiljshus till 8000 Wh/dag (2920 kWh/år). I denna tillämpning antas hushållselen för 2 respektive 2.5 rum och kök uppgå till den som anges för lägenheter. Hushållselen för 4 rok approximeras med den som gäller för enfamiljshus. Nettoförlusterna på grund av det totala vattenflödet genom huset antas medföra en förlust på 3600 Wh/dygn för samtliga lägenheter.

Samtliga indata enligt ovan inklusive den geometriska beskrivningen och fysikaliska data för byggnadsdelar sammanfattas i Bilaga B, TAB.B5-B9.

5.4.2 Beräknad energibalans enligt BKL-metoden

Med indata enligt avsnitt 5.4.3 har nedanstående energibalanser beräknats.

I TAB.5.3 sammanställs årsenergibalansen för respektive lägenhet, trapphus och huslänga. Redovisningen gäller för kaldenderåret 1982 och med en reduktion av tillgänglig solstrålning till 50% (solfaktor=0.5). Ingående balansposter är transmissions- och ventilationsförluster, nyttig bovärme, nyttig solvärme samt radiatorenergi. I tabellen redovisas även posterna hushållsel och varmvattenenergi, vilka tillsammans med radiatorrel utgör hushållens totala elenergiförbrukning.

TAB.5.3 Årlig energibalans för lägenheter, trapphus och huslänga enligt BKL-metoden gällande kalenderåret 1982. Solfaktor =0.5.

Lokal	Transm. och vent. förluster kWh	Nyttig bo- värme kWh	Nyttig sol- värme kWh	Radia- tor- energi kWh	Hus- hålls el kWh	Varm- vatten kWh	Total el kWh	Radiator energi per m ² kWh/m ²	Total- el per m ² kWh/m ²
4rok gavel	14688	3334	2055	9299	2920	3000	15219	82.4	137.4
4rok	13841	3317	1865	8659	2920	3000	14579	76.0	129.8
2.5rok	9824	2512	1405	5907	2555	3000	11462	84.8	165.3
2rok	7856	2477	1220	4159	2555	3000	9714	64.3	95.9
Trapphus	6364	0	192	6172	0	0	6172	149.8	149.9
Huslänga	98782	23280	13282	62220	21900	24000	108120	81.3	141.3

Om energi för tillsatsvärme respektive totalel under kalenderåret ges index 100, erhålls energianvändningen för åren 1981, 1983 samt 1984 med hjälp av i TAB.5.4 redovisade index.

TAB.5.4 Energiförbrukningsindex för kalenderåren 1981-1984 baserade på energibalansberäkningar enligt BKL-metoden.

År	1981	1982	1983	1984
Totalel	106	100	98	99
Radiatorrel	110	100	96	99

Inverkan av solutnyttjandet vid varierande solfaktor mellan 0.0 och 1.0 i steg om 0.25 redovisas för totalel och radiatorrel i TAB.5.5. I tabellen har solfaktorn 0.50 givits index 100, dvs solfaktor som gäller för redovisningen av årsenergibalansen i TAB.5.3.

TAB.5.5 Energiförbrukningsindex för kalenderåret 1982 vid varierande solfaktor

Solfaktor	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
Totalel	112	106	100	95	90
Radiatorrel	121	110	100	91	82

Energiförbrukningsindex som funktion av solfaktorn under 1982 gäller med god approximation även för de övriga kalenderåren 1981, 1983 och 1984. Felet i index vid tillämpning på de övriga åren är max +/-1%.

I TAB.5.6 sammanställs energibalansen månadsvis för en huslänga för kalenderåret 1982 med solfaktorn = 0.5. Motsvarande energibalans illustreras även i FIG.5.1.

TAB.5.6 Energibalansen månadsvis för en huslänga beräknad enligt BKL-metoden för kalenderåret 1982. Solfaktor = 0.5

Månad	Transm. och vent. förluster kWh	Nyttig bo- värme kWh	Nyttig sol- värme kWh	Radia- tor- energi kWh	Hus- hålls el kWh	Varm- vatten kWh	Total el kWh	Radiator energi per m ² kWh/m ²	Total- el per m ² kWh/m ²
jan	16259	2008	987	13264	1860	2030	17162	17.3	22.4
feb	13078	1816	1171	10091	1680	1842	13613	13.2	17.8
mar	10965	2008	1665	7292	1860	2038	11190	9.5	14.6
apr	9062	1944	1683	5435	1800	1973	9208	7.1	12.1
maj	6559	2008	1534	3017	1860	2038	6915	3.9	9.0
jun	4336	1944	1567	1025	1800	1973	4798	1.4	6.3
jul	1753	1640	32	81	1860	2038	3979	0.1	5.2
aug	2747	2008	585	154	1860	2038	4052	0.2	5.3
sep	4936	1944	1608	1384	1000	1973	5157	1.8	6.7
okt	7540	2008	877	4655	1860	2038	8553	6.1	11.2
nov	9318	1944	1019	6355	1800	1973	10128	8.3	13.2
dec	12029	2008	554	9467	1860	2038	13365	12.4	17.5
Året	98782	23280	13282	62220	21900	24000	108120	81.3	141.3

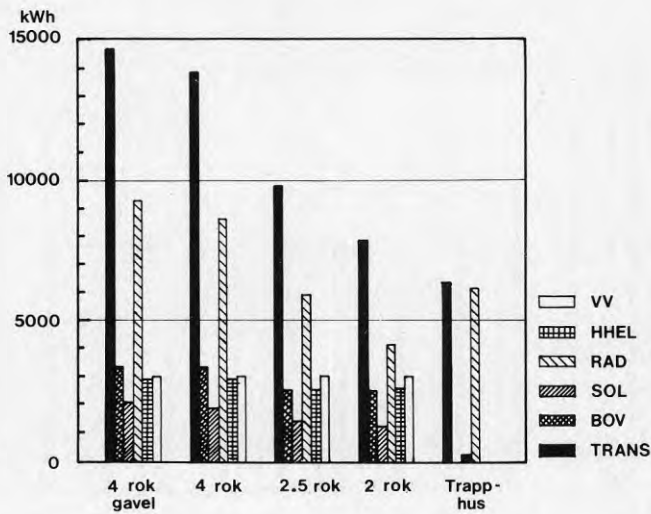


FIG.5.1 Årlig energibalans för lägenheter och trapphus enligt BKL-metoden för kalenderåret 1982. Solfaktor = 0.5.

Av sammanställningen framgår bl a att nyttig solvärme utgör en relativt liten andel jämfört med totalelfförbrukningen, endast 12%. Jämfört med energiposter som nyttig bovärme, hushållsel och varmvattenenergi är nyttig solvärme drygt hälften av dessa.

Av den årliga energin för uppvärmning fördelar sig ca 50% på årets tre första månader och 65% på den första halvan av året. Den årliga uppvärmningsenergin per uppvärmd byggnadsyta beräknas till 81 kWh/m^2 och motsvarande totalenergi blir 141 kWh/m^2 . Den beräknade energiåtgången ligger över den för 1982 uppmätta energiförbrukningen i de fyra huslängorna. Uppmätt energiförbrukning, beroende på hus, var $111\text{--}135 \text{ kWh/m}^2$. Orsakerna till detta diskuteras i avsnitt 8 där även en förfinad beräkning enligt BKL-metoden genomförs med utnyttjande av mätdata för projektet.

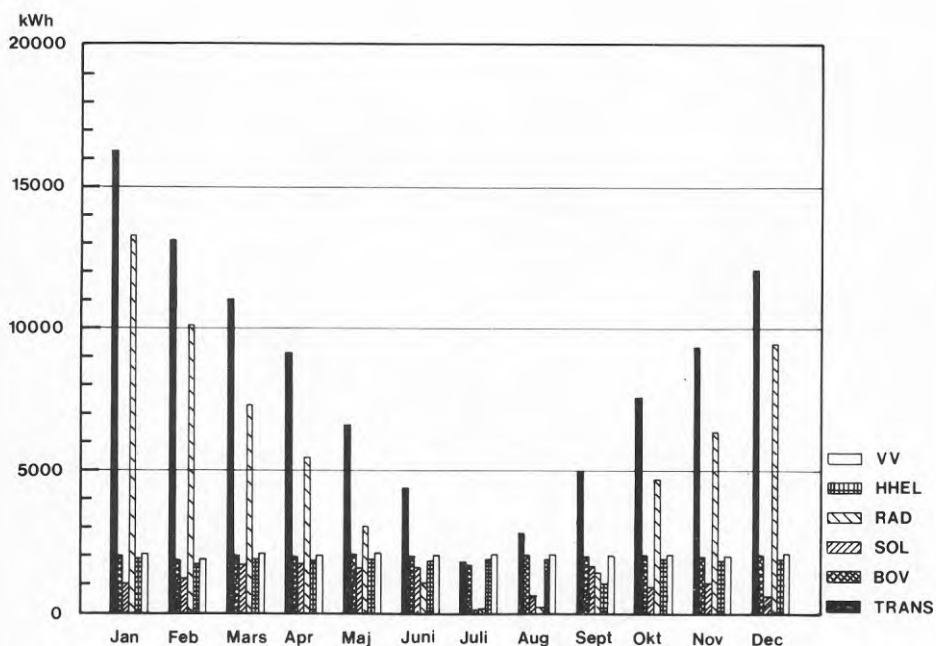


FIG.5.2 Energibalansen månadsvis för en huslänga beräknad enligt BKL-metoden för kalenderåret 1982. Solfaktor = 0.5.

6 SAMMANSTÄLLNING OCH STATISTISK ANALYS AV VECKOAVLÄSNINGAR

6.1 Indata

6.1.1 Uppmätta och beräknade storheter

Det enskilda bostadshusets totala elförbrukning utgörs av summan av de ingående lägenheternas och trapphusets dag- och natt-elförbrukning. Bostadshusets vattenförbrukning är summan av lägenheternas. Inomhustemperaturen är beräknad som ett viktat medelvärde av lägenheternas registrerade inomhustemperaturer. Vikterna har givits av lägenheternas beräknade specifika transmissions- och ventilationsförluster.

Medeltemperaturen utomhus mellan avläsningstillfällena grundas på SMHI:s registreringar av dygnsmedelvärden vid den närbelägna Jönköpings flygplats. I de statistiska analyserna av byggnadernas elanvändning har soldata enligt SOLTIMSYN-modellen utnyttjats.

6.1.2 Mätfel

Samtliga elmätare har gått kontinuerligt under hela mätperioden utom i ett av de fyra bostadshusens trapphus (hus C) där dag- och nattelmätaren varit ur funktion under större delen av mätperioden på grund av fel i omkopplaren för dag- och nattel.

Lägenheternas vattenmätare har fungerat utan synbarliga fel, så när som på en, som mestadels stått stilla under hela mätperioden (lägenhetsmätare i hus B).

Den nedre gränsen för lägenheternas temperaturmätare har angetts till ca 15 °C. I de fall inomhustemperaturen i en lägenhet sjunkit under 10 °C har temperaturmätarna - på grund av sin konstruktion - inte följt med. Registreringen har då stannat vid 10 °C. Detta har kunnat observeras i lägenheter som stått ouppvärmda (outhyrda) under vintern. När så skett har medelvärdesbestämningen av bostadshusets inomhustemperatur sannolikt något överskattat den verkliga inomhustemperaturen. Felet i medelvärdet för en uppvärmningssäsong torde som mest dock endast vara någon tiondels grad. Trapphusens lufttemperaturer har inte registrerats, vilket också tillför bestämningen av bostadshusens inomhus-

temperatur en viss osäkerhet. Trapphusets andel av byggnadens beräknade totala specifika transmissions- och ventilationsförluster är dock endast ca 6%.

Veckoavläsningarna av mätarställningarna i Tabergsområdet har som regel skett på förmiddagarna, oftast omkring klockan 10. Eftersom SMHI:s temperaturangivelser avser dygn mellan klockan 00-24 förekommer en viss tidsförskjutning mellan de båda observationerna. Tidsförskjutningen har dock ingen betydelse för bestämningen av utetemperaturens medelvärde för en längre serie avläsningsintervall. Det har däremot eventuella systematiska skillnader i utetemperatur mellan observationsplatserna. Frågan om validitet vid användning av SMHI:s klimatdata för Jönköpings flygplats som mått på klimatet i Taberg behandlas utförligare i kapitel 3.

6.1.3 Tidssampling och standardisering av mätdata

Den mätperiod för vilken här redovisas startade den 20 oktober 1981 och avslutades den 27 juni 1984, dvs en total mätperiod på närmare 3 år. För att underlätta redovisningen har mätperioden uppdelats på vinter- och sommarperioder.

Uppdelningen är gjord så att sommarperioderna 1 och 2 liksom vinterperioderna 2 och 3 är lika långa. Växlingsdatum är första dagarna i oktober samt i mitten av maj. Exakt datum framgår av TAB.6.1. Kombinationer av dessa vinter- och sommarperioder bildar således helår. Första vinterperioden (vinter 1) liksom sista sommarperioden (sommar 3) är inte kompletta i detta avseende.

Mätdata som ingår i de senare statistiska analyserna baseras på standardiserade värden. Uppmätta värden är omräknade för ett standardiserat mätintervall (observationsperiod) på 1 h.

TAB.6.1 redovisar dels antalet mätintervall, dels antalet kalenderveckor för respektive vinter- och sommarperiod. Det är endast under vinter 3 som antalet mätintervall och antalet veckor inte överensstämmer. Under vinter 3 kom mätintervallet vid två tillfällen att utsträckas till två veckor och vid ett tillfälle till tre veckor. Vid de statistiska analyserna har dessa standardiserade observationer dubblerats respektive tredubblats. Det totala

antalet standardiserade observationer (140) överensstämmer alltså med det totala antalet kalenderveckor för mätperioden i sin helhet.

TAB.6.1 Tidssampling och standardisering av observationsperioder.

Period	Datumgräns	Antal avläsnings- intervall	Antal stand. observ.	Antal timmar
Vinter 1	81-10-20	30	30	5005
Sommar 1	82-05-17	20	20	3358
Vinter 2	82-10-04	32	32	5376
Sommar 2	83-05-16	20	20	3359
Vinter 3	83-10-03	27	32	5406
Sommar 3	84-05-15 84-06-27	6	6	1029

6.2 Uppmätt elförbrukning, innetemperatur och vattenförbrukning

6.2.1 Vinter- och sommarperioder

TAB.6.2 redovisar total elförbrukning, medeltemperatur inomhus, vattenförbrukning samt andel nattel fördelat på hus och vinterperiod. Sammanställningen ger data även för "medelhuset" under "medelvinterperioden". TAB.6.3 redovisar motsvarande uppgifter för sommarperioderna. I tabellerna är uppgifterna ej korrigerade för de kända mätfel som anges i avsnitt 6.1.2. För definition av sommar- respektive vinterperiod, se avsnitt 6.1.3.

TAB.6.2 Vinterperioder. Registrerad elförbrukning, medeltemperatur inomhus, vattenförbrukning samt andel nattel (kl 22-07) för hus A, B, C och D

Period	Hus	Elför- brukn kWh	Andel nattel	Medeltemp inne °C	Vatten- förbrukn m ³
<u>Vinter 1: 811020-820517</u> Periodlängd: 5005 h Medeltemp ute: -1.35 °C Soltimmar: 21.9 h/vecka	Hus A	74215	0.407	20.71	381.3
	Hus B	73210	0.455	21.15	505.0
	Hus C	80838	0.447	21.07	487.6
	Hus D	79624	0.448	21.0	493.9
	"Medelhus"	76672	0.440	20.98	467.0
<u>Vinter 2: 821004-830516</u> Periodlängd: 5376 h Medeltemp ute: -2.26 °C Soltimmar: 15.4 h/vecka	Hus A	63308	0.469	20.74	350.4
	Hus B	69298	0.465	21.37	527.5
	Hus C	71915	0.454	21.42	614.5
	Hus D	68774	0.466	20.94	460.2
	"Medelhus"	68324	0.463	21.11	488.2
<u>Vinter 3: 831003-840515</u> Periodlängd: 5406 h Medeltemp ute: +0.83 °C Soltimmar: 21.1 h/vecka	Hus A	66398	0.426	20.72	370.6
	Hus B	63323	0.431	19.90	373.0
	Hus C	64958	0.441	19.79	377.3
	Hus D	70963	0.410	20.76	460.4
	"Medelhus"	66411	0.427	20.29	395.3
<u>"Medelvinterperiod"</u> Periodlängd: 5262 h Medeltemp ute: +0.63 °C Soltimmar: 19.4 h/vecka	Hus A	67974	0.435	20.73	367.4
	Hus B	68610	0.450	20.80	468.5
	Hus C	72750	0.447	20.75	493.1
	Hus D	73121	0.441	20.90	471.5
	"Medelhus"	70569	0.443	20.80	450.1

TAB.6.3 Sommarperioder. Registrerad elförbrukning, medeltemperatur inomhus, vattenförbrukning samt andel nattel (kl 22-07) för hus A, B, C och D

Period	Hus	Elförbrukn kWh	Andel nattel	Medeltemp inne °C	Vattenförbrukn m ³
<u>Sommar 1: 820517-821004</u> Periodlängd: 3358 h Medeltemp ute: 13.8 °C Soltimmar: 54.7 h/vecka	Hus A	15349	0.603	22.65	196.2
	Hus B	18792	0.594	23.06	346.1
	Hus C	21888	0.576	23.26	407.2
	Hus D	20169	0.602	23.24	300.6
	"Medelhus"	19050	0.593	23.05	312.5
<u>Sommar 2: 830516-831003</u> Periodlängd: 3359 h Medeltemp ute: 13.5 °C Soltimmar: 48.2 h/vecka	Hus A	15164	0.589	22.79	195.1
	Hus B	17821	0.595	22.73	271.8
	Hus C	15139	0.593	22.03	253.8
	Hus D	17702	0.590	22.83	274.2
	"Medelhus"	16457	0.592	22.60	248.7
<u>Sommar 3: 840515-840627</u> Periodlängd: 1029 h Medeltemp ute: 12.9 °C Soltimmar: 39.1 h/vecka	Hus A	4323	0.636	21.98	64.9
	Hus B	5026	0.575	21.88	66.9
	Hus C	4316	0.597	20.63	52.2
	Hus D	5125	0.603	22.03	89.8
	"Medelhus"	4697	0.602	21.63	68.4
<u>"Medelsommarperiod"</u> Periodlängd: 2582 h Medeltemp ute: 13.6 °C Soltimmar: 49.7 h/vecka	Hus A	11612	0.601	22.63	152.1
	Hus B	13880	0.592	22.76	228.3
	Hus C	13781	0.585	22.38	237.7
	Hus D	14332	0.597	22.90	221.5
	"Medelhus"	13401	0.593	22.66	209.9

Den del av bostadshusens totala elförbrukning som registrerats i trapphusen redovisas i TAB.6.4. Trapphuselen avser uppvärmning, belysning och frånluftsfläkt i trapphus samt ytterbelysning för radhuslägenheter och trapphus.

TAB.6.4 Registrerad elförbrukning i trapphus under mätperioden uppdelat på vinter- och sommarperiod enligt TAB.6.2 och 6.3.

Period	Hus				"medel- hus"	"medel- hus" ¹⁾
	A	B	C	D		
Vinter 1	4102	4155	1824 ²⁾	2850	3233	3702
Vinter 2	4150	4057	-	2618	2704	3605
Vinter 3	4367	4540	1129 ²⁾	3005	3260	3971
"Medel- vinter"	4207	4247	984 ²⁾	2824	3065	3761
Sommar 1	894	920	-	826	660	880
Sommar 2	1077	1520	-	854	863	1150
Sommar 3	250	431	165	188	259	290
"Medel- sommar"	740	957	55 ²⁾	623	594	773

1) Endast för hus A, B och D

2) Ej fullständig period

Som tidigare nämnts i avsnitt 6.1.2 har elmätningen i trapphus C varit ur funktion under större delen av mätperioden, vilket också framgår av värdena i TAB.6.5. Av det skälet har trapphusens medelförbrukning beräknats endast för hus A, B och D.

6.2.2 Beräknad normalårsförbrukning

När man anger en byggnads årsförbrukning av energi som mått på "energistatus" eller liknande som grund för jämförelser, vill man gärna att förbrukningsuppgiften är normaliserad, dvs justerad för effekter av förhållanden som är att betrakta som "onormala" i statistisk eller annan mening. Oftast nöjer man sig med att "klimatjustera" uppmätta förbrukningar, dvs uppmätt förbrukning omräknas enligt en viss modell till det klimat som statistiskt sett är normalt för orten. Men normalisering kan naturligtvis även avse inre driftsförhållanden som t ex inomhustemperatur, vattenförbrukning, ventilation mm. För de undersökta byggnaderna skulle man kunna tänka sig att justera t ex för att en och annan lägenhet tidvis stått uppvärmd eller för att vattenförbrukningen genomsnittligt varit klart lägre än vad som är att betrakta som normalt för jämförbara bostadshus. Men detta är aspekter på inre driftsförhållanden som här inte beaktas vid omräkningen av uppmätta förbrukningar till normalårsförbrukning för byggnaderna.

TAB.6.5 ger en grund för jämförelse av skillnader i utomhustemperatur och solighet mellan mätperioden i sin helhet och SMHI:s statistik för åren 1962-80. Därvid har SMHI:s normalår delats upp i en vinterperiod och en sommarperiod med datumgränser som sammanfaller med de som här använts för vinter 2 och 3 samt sommar 1 och 2. På liknande sätt har den totala mätperioden delats upp i en "medelvinterperiod" och en "medelsommarperiod". Dessa är bägge något kortare än normalårets vinter- respektive sommarperiod, vilket framgår av tabellen. Sammantaget är mätperiodens "medelår" endast 7844 h jämfört med normalårets 8760 h.

Tabellen ger vid handen att överensstämmelsen mellan mätperiod och normalår är i det närmaste exakt när det gäller vinter- och sommarperiodernas medeltemperatur och solskenstid. Den viktiga skillnaden är emellertid att mätperiodens medelvinterperiod och medelsommarperiod bägge är något kortare än normalårets. Vid omräkning av uppmätt förbrukning under mätperioden till normalårsförbrukning måste man således beakta skillnaderna i periodlängd. Men det är också den enda faktor för vilken en korrigerings måste göras.

TAB.6.5 Antal timmar, utetemperatur och solighet för mätperiod samt SMHI:s statistik för normalår 1962-1980 uppdelat på sommar- och vinterperiod.

Period	Antal timmar		Medeltemp °C		Soltimmar/vecka	
	Mät- period	Normalår	Mät- period	Normalår	Mät- period	Normalår
Vinter	5262	5400	0.6	0.5	19.4	18.1
Sommar	2582	3360	13.6	12.9	49.7	53.6
År	7844	8760	4.9	5.9	29.4	31.7

Som framgår av TAB.6.6 har det genomsnittliga bostadshusets normaliserade årsförbrukning av el beräknats till 89854 kWh/år och av vatten till 735 m³/år. Med ledning av TAB.6.4 kan storleken av det fel i registreringen av det genomsnittliga bostadshusets elförbrukning som uppstått till följd av att trapphusmätaren i hus C varit ur funktion större delen av mätperioden uppskattas. Ansätts elförbrukningen i trapphus C till medelförbrukningen i övriga trapphus kan mätfelet uppskattas till ca 710 kWh/år,hus för vintermedelperioden och till ca 180 kWh/år,hus för somarmedelperioden. Mätfelet normaliserat till årsförbrukning blir ca 985 kWh/år,hus. Det innebär att det genomsnittliga bostadshusets verkliga elförbrukning under ett normalår kan anges till 90840 kWh/år,hus

TAB.6.6 Uppmätt och normaliserad el- och vattenförbrukning per hus uppdelat på vinter- och sommarperiod.

Period	Uppmätt			Normaliserad		
	Antal tim	Elförbr kWh/hus	Vatten m ³ /hus	Antal tim	Elförbr kWh/hus	Vatten m ³ /hus
Vinter	5262	70569	450	5400	72415	462
Sommar	2582	13401	210	3360	17439	273
År	7844	83970	660	8760	89854	735

Beaktas att en av de 32 lägenhetsmätarna för vatten mestadels stått stilla (ensamboende pensionär i 2 rok), kan den verkliga vattenförbrukningen uppskattas till ca 750 m³/år, hus.

6.2.3 Områdesgemensam förbrukning

Under mätperioden har den områdesgemensamma elförbrukningen också registrerats. Områdesgemensam el avser kvarterershusets elförsörjning (tvättstuga, bastu och samlingslokal) och viss ytterbelysning (garage, förråd mm). Elförbrukningen för bostadshusens yttre entrébelysning registreras av trapphusens elmätare och ingår således i bostadshusens elförbrukning. Huvudmätarens registrering av områdets totala vattenförbrukning redovisas i TAB.6.7. Total vattenförbrukning avser bostadshusens och tvättstugans vattenförbrukning.

TAB.6.7 Uppmätt och normaliserad områdesgemensam årsförbrukning av el samt total vattenförbrukning i området (huvudmätare) uppdelat på vinter- och sommarperiod.

Period	Uppmätt			Normaliserad		
	Antal tim	Elförbr kWh	Vatten m ³	Antal tim	Elförbr kWh	Vatten m ³
Vinter	5218	37978	2167	5400	39303	2242
Sommar	2582	11729	1031	3360	15264	1342
År	7800	49707	3198	8760	54567	3584

I TAB.6.7 är den angivna medelvinterperioden (5218 h) något kortare än den medelvinterperiod som beräknats för bostadshuset (5262 h). Orsaken är att mätningen av områdesgemensam förbrukning kom att starta först en vecka senare. Tabellen visar också att den normaliserade årsförbrukningen av områdesgemensam el kan beräknas till ca 54600 kWh/år eller 13640 kWh/år, hus och området totala vattenförbrukning för bostäder och tvättstuga till ca 3600 m³/år.

6.2.4 Total el- och vattenförbrukning relaterad till bostadshusens storlek

I TAB.6.8 är elförbrukningen relaterad till olika mått på byggnadernas storlek som grund för jämförelse med annan energistatistik.

Med bruttoarea (BTA) menas area av våningsplan som begränsas av ytterväggarnas utsidor. Bruttoarean motsvarar begreppsmässigt närmast den gamla termen våningsyta.

Med bruksarea (BRA) menas area av nyttjandeenheter (lägenheter) och gemensamma delar (trapphus) i en byggnad, begränsad av omslutande väggars insidor. Bruksarean kan delas upp i primär (p) och sekundär (s) bruksarea; till sekundär bruksarea hänförs vägg mot angränsande lägenheter. I primär bruksarea för bostadshus inräknas inte lägenhetsskiljande väggar och ej heller förråd i anslutning till bostad med dörr endast mot trapphus. Primär bruksarea för bostäder motsvarar närmast de gamla termerna bostadsyta och lägenhetsyta. Skillnaderna härrör sig främst till mätreglerna rörande innerväggar.

TAB.6.8 Total elförbrukning i området uppdelat på bostadshus och övrigt samt relaterat till byggnadernas storlek. Normaliserad årsförbrukning, kWh/år, korrigerat för mätfel.
 $BTA=820 \text{ m}^3/\text{hus}$, $BRA=742 \text{ m}^2/\text{hus}$, $BRA(p)=700 \text{ m}^2/\text{hus}$

	kWh/år, hus	kWh/år m^2 BTA	kWh/år m^2 BRA	kWh/år m^2 BRA(p)
Bostadshus	90840	110.8	122.4	129.8
Övrigt	13640	16.6	18.4	19.5
Totalt	104480	127.4	140.8	149.3

Av TAB.6.8 framgår att specifik elförbrukning totalt kan beräknas till ca $150 \text{ kWh}/\text{år}, \text{m}^2$ primär bruksarea varav $130 \text{ kWh}/\text{år}, \text{m}^2$ utgör bostadshusens förbrukning och $20 \text{ kWh}/\text{år}, \text{m}^2$ utgör övrig elförbrukning (13%).

TAB.6.9 Total vattenförbrukning i området uppdelat på bostadshus och tvättstuga. Normaliserad årsförbrukning, korrigerad för mätfel.

	m ³ /år, hus	m ³ /år, lgh	liter/dygn, person
Bostadshus	750	94	83
Övrigt	146	18	16
Totalt	896	112	99

Årlig total vattenförbrukning är 112 m³ per år och lägenhet, varav ca 16% utgör tvättstugans vattenförbrukning. Vattenförbrukningen per person beräknas till ca 100 liter per dygn. Beräkningen baseras på en uppskattning av boendetätheten till ca 3.1 personer/lgh för mätperioden i sin helhet; skattningen grundas på intervjuer med hushållen under första och andra mätåret.

Vattenförbrukningen i området kan jämföras med de uppgifter om medelförbrukning i bostadshus som Värmemätningens utredningen (Ds Bo 1983:4) har samlat in och ställt samman. Värmemätningens utredningen anger normalförbrukningen i flerbostadshus till 200 liter/person, dygn och i småhus till 150 liter/person, dygn. Värdena inkluderar gemensam förbrukning i tvättstugor mm. Det lägre värdet för småhus beror främst på att vattenförbrukningen i stor utsträckning debiteras individuellt i småhus. Dessutom är den genomsnittliga hushållsstorleken avsevärt större i småhus. Ju fler personer i hushållet som delar på hushållsgemensam förbrukning, desto lägre förbrukning per person.

Med tanke på att vattenförbrukningen i lägenheterna debiteras individuellt (i tvättstugan är vattenförbrukningen avgiftsfri) och att boendetätheten är av en storlek som är normal för småhus, är det mest relevant att jämföra vattenförbrukningen i Tabergsområdet med småhus i allmänhet. Det kan konstateras att 100 liter/person och dygn som den specifika vattenförbrukningen beräknats till i området är påtagligt lägre än vad som är att betrakta som normalförbrukning.

6.3 Regressionsanalys av vinterobservationer på lägenhetsnivå

I detta avsnitt redovisas regressionsberäkningar avseende eleffektens stegvisa samband med temperaturdifferensen inne-ute, solstrålning, vattenförbrukning och innetemperatur. Beräkningarna avser mätdata på lägenhetsnivå för var och en av de fyra undersökta lägenhetstyperna. Varje lägenhet representeras av 8 lägenheter (två från vardera bostadshus). Lägenhetstyperna betecknas

- Typ 1 = radhuslägenheter (4 rok) i gavelläge
- Typ 2 = radhuslägenheter (4 rok) i "inbäddat" läge
- Typ 3 = trapphuslägenheter (2 1/2 rok) i bottenplan
- Typ 4 = trapphuslägenheter (2 rok) i ovanplan

6.3.1 Observationsurval och avgränsningar

Den totala mätperioden har delats upp i vinter- och sommarperioder. Övergången har bestämts av utetemperaturen. Sommarperioden startar då veckomedeltemperaturen ute första gången är högre än 10 °C och upphör då den första gången är lägre än 10 °C.

Under den första av de tre undersökta vinterperioderna var det extremt kallt under en decembrvecka och en januarivecka. Den registrerade medeltemperaturen ute var då -14.7 °C respektive -15.0 °C. Dessa två observationsperioder är inte representativa för normala driftsförhållanden. Många ställde då tillfälligtvis om grundventilationen från normalläge till minläge. Eftersom dessa två extremt kalla observationsperioder har en förhållandevis stor inverkan på den linjära regressionsanpassningen mellan eleffekt och temperatur, har de avgränsats från de undersökta observationsurvalen.

De regressionsberäkningar som här redovisas omfattar 92 observationsperioder (standardiserade veckoavläsningar) hämtade från tre på varandra följande vinterperioder.

Observationer i lägenheter med vattenförbrukning <500 liter/vecka har avgränsats från de undersökta observationsurvalen. Detta för att endast få med observationer i (helt eller delvis) bebodda lägenheter.

I de fall elvärmen varit fränkopplad i en obobodd lägenhet har lägenhetstemperaturen sjunkit markant vid låga utetemperaturer med följd att värmetransporten från angränsande lägenheter kan ha varit av en storlek som inte kan betraktas som försumbar, även om lägenhetsskiljande bjälklag och väggar är försedda med viss extra tilläggsisolering. För att få en viss kontroll på denna störning (= värmeutbytet mellan angränsande lägenheter) har observationer i lägenheter som gränsar till uppvärmd lägenhet avgränsats. Maximalt tillåtna skillnader i medelveckotemperatur inomhus är 3 °C mellan angränsande lägenheter. Inverkan av eventuellt värmeutbyte mellan angränsande lägenheter torde därför vara försumbar. De lägenheter som ingår i det undersökta observationsurvalet för respektive lägenhetstyp kan således betraktas som autonoma enheter vad gäller deras elförbrukning.

Observera att den variation i elförbrukning, inomhustemperatur och vattenförbrukning som undersöks är en variation dels mellan typiska lägenheter, dels över tid, dvs mellan observationstillfällena. Variationen i utetemperatur och solinstrålning är endast en variation mellan observationstillfällena.

6.3.2 Regressionsanalysens resultat

Följande regressionsekvationer har beräknats

$$TEL = b_0 + b_1 \text{ TEMP} \quad (6.1)$$

$$TEL = b_0 + b_1 \text{ TEMP} + b_2 \text{ SOL} \quad (6.2)$$

$$TEL = b_0 + b_1 \text{ TEMP} + b_2 \text{ SOL} + b_3 \text{ KV} \quad (6.3)$$

$$TEL = b_0 + b_1 \text{ TEMP} + b_2 \text{ SOL} + b_3 \text{ KV} + b_4 \text{ INNE} \quad (6.4)$$

där

TEL = elförbrukningens medeleffekt, Wh/h

TEMP = medeltemperaturskillnad inne-ute, °C

SOL = solinstrålningens medeleffekt, Wh/h, genom ett "modellfönster", se avsnitt 8.1

KV = vattenförbrukningens medelflöde, l/h

INNE = medeltemperatur inomhus, °C

TAB.6.10 Eleffekt som funktion av temperaturdifferens inne-ute (TEMP), solighet (SOL), vattenförbrukning (KV) och innetemperatur (INNE). Stegvis multipel regression enligt ekv (6.1)-(6.4).

Lgh-	Ekv	Beräknad regressionsekvation
typ		
1	6.1	TEL= -472 + 126 TEMP
	6.2	TEL= -259 + 124 TEMP - 5.50 SOL
	6.3	TEL= -704 + 117 TEMP - 5.58 S=L + 41.8 KV
	6.4	TEL=-2238 + 114 TEMP - 5.79 SOL + 21.0 KV + 91.4 INNE
2	6.1	TEL= -291 + 112 TEMP
	6.2	TEL= - 64 + 109 TEMP - 5.70 SOL
	6.3	TEL= -376 + 102 TEMP - 5.58 SOL + 29.5 KV
	6.4	TEL=-1992 + 101 TEMP - 5.60 SOL + 21.4 KV + 83.1 INNE
3	6.1	TEL= -109 + 77.3 TEMP
	6.2	TEL= + 70 + 75.9 TEMP - 4.67 SOL
	6.3	TEL= -153 + 75.3 TEMP - 4.69 SOL + 22.3 KV
	6.4	TEL= -965 + 74.1 TEMP - 4.79 SOL + 22.2 KV + 39.1 INNE
4	6.1	TEL= -184 + 62.7 TEMP
	6.2	TEL= -0.4 + 60.8 TEMP - 4.51 SOL
	6.3	TEL= -244 + 61.4 TEMP - 4.44 SOL + 28.9 KV
	6.4	TEL=-1477 + 60.0 TEMP - 4.87 SOL + 29.2 KV + 58.9 INNE

De stegvisa regresionsekvationerna visar på mycket likartat förändringsmönster i alla lägenhetstyper efter hand som ytterligare förklarande variabler införs.

TEMP-koefficienten i ekv (6.4) anger eleffektens genomsnittliga förändring vid en grads förändring av temperarutskillnaden inne-ute vid oförändrad solstrålning, vattenförbrukning och innetemperatur. Denna TEMP-koefficient kan betraktas som ett approximativt mått på genomsnittliga specifika transmissions- och ventilationsförluster för de undersökta vinterobservationerna. En källa till osäkerhet i approximation är det förhållandet att det verk-

liga transmissions- och ventilationsförlusternas genomsnittliga linjära temperaturberoende inte nödvändigtvis går igenom origo. I kapitel 8.3 där energibalansen beräknas för de olika lägenhetstypernas "medellägenhet" ansätts specifika transmissions- och ventilationsförluster lika med TEMP-koefficienten i ekv (6.4).

SOL-koefficienten är ett mått på solspareffekten uttryckt som antal m^2 modellfönster. Jämförelsen med ekvivalent antal m^2 modellfönster för lägenhetstyp ger ett mått på solutnyttjandet, se vidare kap 8.3.

KV-koefficienterna i ekv (6.4) är påfallande likartade för alla lägenhetstyper utom möjligen för den minsta lägenhetstypen, typ 4. KV-koefficienten kan tolkas som åtgångstal för avloppsförluster, se vidare kap 7.5.3.

Införandet av INNE-variabeln förändrar främst konstantens värde medan övriga koefficienter inte påverkas nämnvärt. INNE-koefficienten i ekv (6.4) kan inte ges någon enkel fysikalisk tolkning utan endast en empirisk. En förändring av inomhustemperaturen har större effekt på elförbrukningen än motsvarande förändring av utetemperaturen. Det kan tolkas som att förändringar av inomhustemperaturen är associerat med förändringar i elanvändningens effektivitet.

Av TAB.6.11 framgår att de undersökta observationsurvalens storlek är betydande. Att antalet observationer varierar mellan lägenhetstyperna hänger samman med avgränsningskriterierna. Lägenhetstyp 4 har det minsta observationsurvalet, främst beroende på att här återfinns den experimentlägenhet som mätprojektet disponerade under de två första mätåren. Den stod då obebodd och har därför avgränsats.

I TAB.6.11 är determinationskoefficienten R^2 ett mått på regressionsmodellens förklaringskraft. Temperaturdifferensen inneute (TEMP) förklarar som ensam variabel (ekv (6.1)) mellan 72 och 75% av eleffektens variation i lägenhetstyperna 1-3. Förklaringsgraden är något mindre, 64%, för den minsta lägenhetstypen, typ 4. Det är också den som har de minsta teoretiska transmissionsförlusterna och minsta ventilationsvolymen.

TAB.6.11 Observationsurvalens storlek, determinationskoefficienter (R^2) samt T-RATIO för koefficienter beräknat enligt ekv (6.1)-(6.4).

Lgh- typ	Antal obs.	Ekv	R^2 %	T-RATIO TEMP	för SOL	koefficient KV	INNE
1	650	6.1	74.4	43.4			
		6.2	76.5	44.4	-7.4		
		6.3	83.9	49.9	-9.3	17.4	
		6.4	86.0	51.5	-10.3	6.8	9.8
2	621	6.1	72.4	40.3			
		6.2	75.0	41.2	-8.1		
		6.3	85.5	49.6	-10.4	21.2	
		6.4	86.6	50.8	-10.8	12.1	7.0
3	652	6.1	75.3	44.5			
		6.2	79.3	47.5	-11.2		
		6.3	86.6	58.6	-14.0	18.9	
		6.4	87.1	57.6	-14.5	19.1	4.92
4	524	6.1	64.1	30.5			
		6.2	69.0	31.6	-9.0		
		6.3	80.3	40.0	-11.2	17.3	
		6.4	82.3	40.9	-12.8	18.4	7.61

När SOL-variabeln införs (ekv (6.2)) ökar förklaringsgraden något, mellan 2 och 4 procentenheter.

KV-variabeln ökar förklaringsvariabeln (ekv (6.3)) mer markant, mellan 7 och 11 procentenheter. Vattenförbrukningens variation är främst en variation mellan lägenheter. Mellan observationstillfällena är variationen avsevärt mindre.

När INNE-variabeln slutligen införs (ekv (6.4)) ökar förklaringsgraden obetydligt, som mest med 2 procentenheter. Innetemperaturns liksom vattenförbrukningens variation är huvudsakligen en

variation mellan lägenheter.

Sammanfattningsvis kan konstateras att registrerade mätdata som mest förmår att förklara 86-87% av variationen i typ 1-3 medan förklaringsgraden stannar vid 83% för den minsta lägenhetstypen, typ 4.

7 REDOVISNING AV MÄTRESULTAT FRÅN FÄLTUNDERSÖKNING

Nedan sammanställs grundläggande mätresultat från fältundersökningen. Avsikten med redovisningen är att de framtagna resultaten skall utgöra indata i de teoretiska modeller som utnyttjas vid utvärderingsarbetet i senare avsnitt. De modeller som avses är BKL-metoden, som utnyttjats i kapitel 5 med förenklade antaganden om bovärme, lägenhetstemperaturer mm, samt simuleringsprogrammet DEROB.

7.1 Inomhustemperaturer

7.1.1 Lägenhetstemperaturer

I FIG.7.1 redovisas temperaturen i de fyra lägenhetstyperna 4 rok gavel, 4 rok, 2.5 rok samt 2 rok som funktion av tiden under ett år. Redovisningen baseras på veckomedelvärden i samtliga lägenheter under tidsperioden 1981-10-20 till och med 1984-06-27.

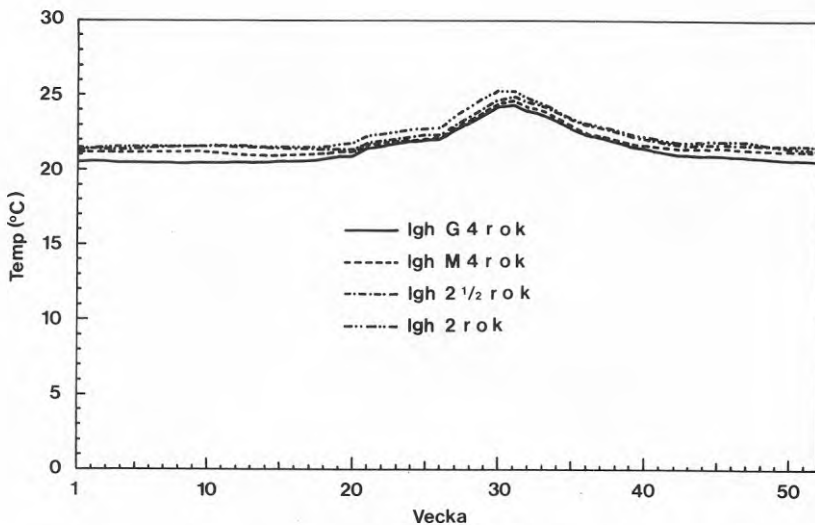


FIG.7.1 Lägenhetstemperaturens variation över året i de fyra lägenhetstyperna 4 rok gavel, 4 rok, 2.5 rok samt 2 rok beräknad som glidande centrerat medelvärde med 5-termer.

I figuren redovisade temperaturer utgörs av centrerade glidande medelvärden baserat på 5-termer med lika vikter enligt

$$T_i = \sum_{s=-2}^2 k_s y_{i+s} \quad \text{med} \quad \sum_1^5 k_s = 1 \quad (7.1)$$

där

- T_i = centrerat glidande medelvärde för vecka i
 k_s = viktfaktor $1/5$
 y_{i+s} = observation vecka $i+s$

Förfarandet innebär att slumpmässiga variationer i innetemperaturen jämnas ut och säsongvariationen framträder tydligt.

Lägenhetstemperaturens dygnsvariation under en solig och mulen period illustreras i FIG.7.2 och 7.3 för lägenhetstyp 2.5 rok (lgh C3) respektive 4 rok.

Kalenderåret 1982 har i det fortsatta utvärderingsarbetet utvalts för bearbetning. De innetemperaturer som behövs som indata i BKL-metoden är månadsmedelvärden. Månadsmedelvärdena inom 1982 för de detaljmätta lägenheterna C1-C4 framgår av TAB.7.1.

TAB.7.1 Innetemperatur i lägenhet C1-C4 angivna som månadsmedeltemperaturer under kalenderåret 1982

Månad	Medeltemperatur, °C i lägenhet				
	lgh C1	lgh C2	lgh C3	lgh C4	
Jan	16.7*	21.9	20.2	20.9	* obebodd
Febr	17.5*	21.7	20.7	20.7	* obebodd
Mars	18.2*	21.9	20.7	21.1	* obebodd
April	20.3	22.0	20.6	21.8	
Maj	22.6	22.2	21.3	22.5	
Juni	22.9	22.6	22.5	23.9	
Juli	23.9	24.1	24.2	25.5	
Aug	23.8	23.6	24.4	25.7	
Sept	22.6	22.6	22.4	22.2	
Okt	21.9	22.1	20.7	21.9	
Nov	22.0	22.0	20.6	21.7	
Dec	21.4	21.6	20.7	21.4	

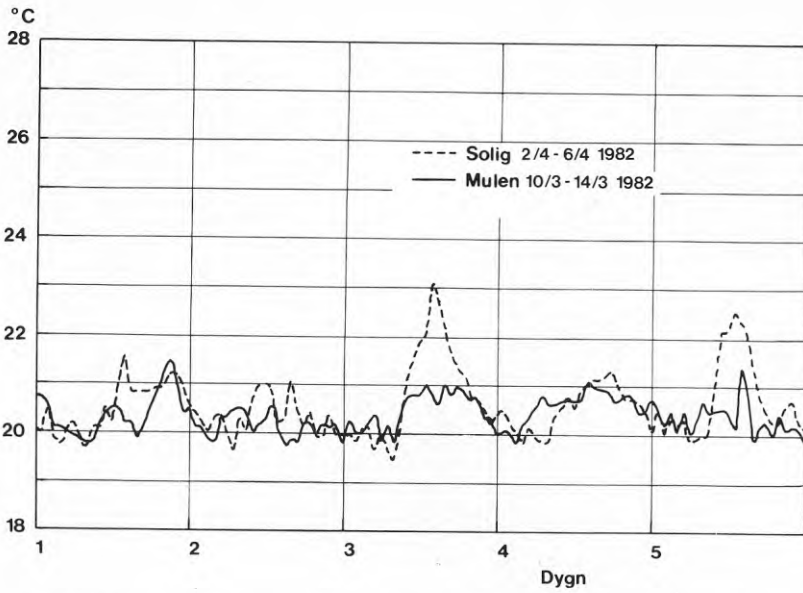


FIG.7.2 Temperaturen i lägenhetstyp 2.5 rok (lgh C3) som funktion av tiden under solig resp mulen period

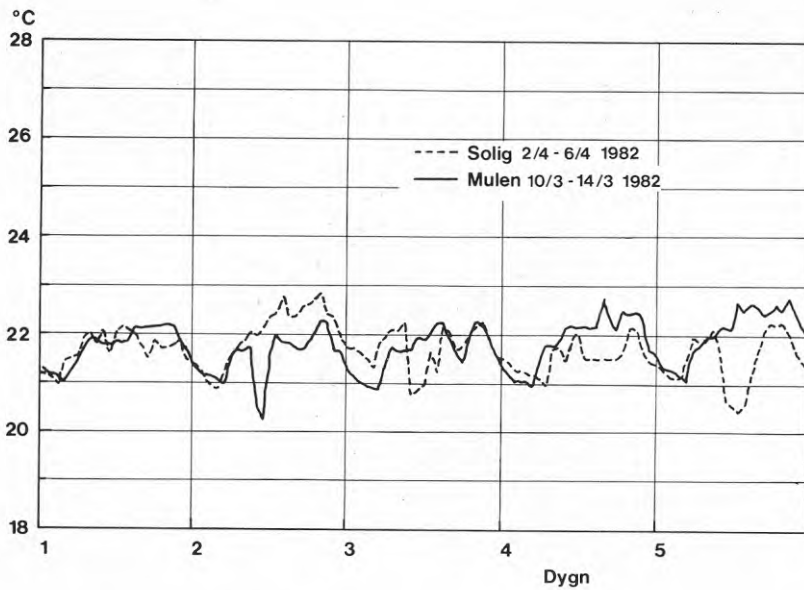


FIG.7.3 Temperaturen i lägenhetstyp 4 rok (lgh C2) som funktion av tiden under en solig resp mulen period

I TAB.7.2 redovisas månadsmedeltemperaturen under kalenderåret 1982 för respektive lägenhetstyp i samtliga huslängor.

TAB.7.2 Innetemperatur i respektive lägenhetstyp angiven som månadsmedeltemperatur under kalenderåret 1982

Månad	Medeltemperatur °C			
	4 rok gavel	4 rok	2.5 rok	2 rok
Jan	19.9	21.4	21.4	21.4
Febr	19.2	21.2	21.5	21.4
Mars	19.7	21.4	21.4	21.4
April	20.2	21.4	21.4	21.3
Maj	21.2	21.6	21.4	21.8
Juni	22.2	22.4	22.3	22.8
Juli	23.8	24.3	24.4	25.0
Aug	23.3	23.6	23.7	24.1
Sept	22.0	22.3	22.6	22.7
Okt	21.0	21.8	21.5	21.2
Nov	20.9	21.5	21.5	21.7
Dec	20.7	21.5	21.2	21.3

7.1.2 Trapphustemperatur - transmission mellan lägenheter och trapphus

Temperaturerna i trapphusen är ej uppmätta. Eftersom elradiatorerna vilka är avsedda för 380 V felaktigt anslutits till 220 V blir den maximala effekten för dessa endast 1/3 av den dimensionerade effekten 1200 W. Således är tillgänglig effekt för uppvärmningssystemet endast 400 W. Med trapphusets specifika förluster 61.6 W/°C enligt TAB.5.1 innebär detta att trapphusets värmesystem endast klarar drygt 6.5 °C temperaturdifferens mellan inne och ute. Med riktigt installerade radiatorer blir temperaturdifferensen ca 20 °C vid full effekt.

Till den tillgängliga effekten i trapphuset kommer en varmvattenberedare och trapphusbelysningen med ca 65 W. På grund av den låga tillgängliga effekten kommer innetemperaturen i trapphusen

vintertid att väsentligt understiga lägenhetstemperaturerna. Nedan redovisas en uppskattning av trapphusens temperaturer samt transmissionen mellan lägenheter och trapphus.

Trapphusets temperatur kan enkelt uppskattas vid stationära förhållanden om lägenhets- och utomhustemperaturen samt de ingående byggnadsdelarnas värmemotstånd är kända.

Trapphustemperaturen beräknas ur energibalansen månadsvis enligt sambandet

$$P_{VVB} + P_{rad} + \sum k_{LT} A_{LT} \Delta T_{LT} - (\rho c_p n V - \sum k_T A_T) \Delta T_t = 0 \quad (7.2)$$

där

P_{VVB} = varmvattenberedare och trapphusbelysningens effekt

P_{rad} = radiatoreffekt

k_{LT} = värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar i vägg mellan lägenhet och trapphus

A_{LT} = area för byggnadsdelar i vägg mellan lägenhet och trapphus

ΔT_{LT} = temperaturdifferens mellan lägenhet och trapphus

k_T = värmegenomgångskoefficienter för trapphusets omslutningsytor mot utetemperatur

A_T = area för trapphusets omslutningsytor mot utetemperatur

ΔT_T = temperaturdifferens mellan trapphus och ute

ρ = densitet luft

c_p = specifikt värme luft

n = luftomsättning i trapphus

V = trapphusets volym

Trapphusets specifika förluster erhålls ur TAB.5.1 resp Bilaga A, TAB.A6. Vägg mellan lägenheter och trapphus har värmegenomgångskoefficienten $0.55 \text{ W/m}^2\text{K}$ och lägenhetsdörren $0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Väggens area är för en lägenhet 13.1 m^2 och dörrens 2.1 m^2 .

I TAB.7.3 sammanfattas trapphusets specifika förluster.

TAB.7.3 Specifika förluster för trapphus

Trapphus transmission mot ute, W/K	27.5	
Trapphus ventilation, W/K	34.1	
Vägg lgh-trapphus, W/K		4*7.2=28.8
Dörr lgh-trapphus, W/K		4*1.7= 6.8
	61.6 W/K	35.6 W/K

Ur uppställd värmebalans löses trapphustemperaturen enligt

$$T_{\text{trapp}} = \frac{35.6 \cdot T_{\text{lgh}} + 51.4 \cdot T_{\text{ute}} + 400 + 65}{35.6 + 61.6} \quad (7.3)$$

Då trapphustemperaturen enligt sambandet (7.3) överstiger 20 °C förutsätts radiatortermostaten begränsa energitillförseln. Trapphustemperaturen maximeras därför till 20 °C.

I TAB.7.4 har trapphustemperaturen och transmissionsförlusterna mellan lägenheter och trapphus beräknats för kalenderåret 1982 med förutsättningen att samtliga angränsande lägenheter har temperaturen 20 °C. ($T_{\text{trapp}} = 12.11 + 0.5288 T_{\text{ute}}$).

TAB.7.4 Trapphustemperatur och transmissionsförluster mellan lägenheter och trapphus för kalenderåret 1982.

Månad	Ute- temperatur °C	Trapphus temperatur °C	Transmission 4 lgh-trapphus W
Jan	-7.45	8.17	421
Febr	-4.44	9.76	365
Mars	1.49	12.89	253
April	4.19	14.32	202
Maj	8.93	16.83	113
Juni	12.09	18.48	54
Juli	17.04	20.10	0
Aug	15.36	20.00	0
Sept	11.39	18.13	67
Okt	7.27	15.95	144
Nov	3.75	14.09	210
Dec	-0.31	11.95	287

7.2 Verandatemperaturer

Som framgår av energibalanskvationen för verandorna bestäms verandatemperaturen av förhållandet mellan energitillskott, förluster samt verandans värmetröghet. I kapitel 8 analyseras verandornas termiska egenskaper utförligare. Nedan begränsas redovisningen till temperaturförhållanden i verandorna och i avsnitt 7.7 sammanställs hur dessa temperaturnivåer påverkar energitransporten mellan lägenheter och verandor.

Energitillskottet till verandorna härrör dels från solinstrålning och dels från transmission mellan lägenhet och veranda. Vid öppen verandadörr kan även konvektiv energitransport förekomma. Tillskottet som härrör från en given solstrålning och vid en given verandautformning påverkas av hur hyresgästerna utnyttjar skuggardinerna.

Förlusterna från verandorna består av transmission och ventilation. Transmission kan i princip påverkas av hyresgästerna genom att t ex använda solskyddsgardinerna nattetid. Med verandornas

geometri och gardinernas utformning är inverkan av ett sådant förfarande knappast mätbart. Ventilationsförlusterna kan varieras och påverkas inom vida gränser. Vid en helt stängd veranda är omsättningen ca 3 h^{-1} men kan med hjälp av luckor i väggar och tak ökas till uppskattningsvis 100 h^{-1} .

Den termiska trögheten fungerar utjämnande mellan dag och natt. Detta är positivt under den varmare delen av året. Vid utnyttjande av verandan under t ex enstaka soliga vårdagar kan dock den termiska trögheten upplevas som besvärande eftersom betonggolvet då har en motstrålningstemperatur som är relativt låg i förhållande till verandans lufttemperatur.

För kalenderåret 1982 har verandatemperaturerna, uppmätta för varje timme för fyra typer av lägenheter, sammanställts som månadsmedelvärden i TAB.7.5. Temperaturuppgifterna för fyrarums-lägenheterna utgörs av mätningar på första och andra våningen. På grund av tekniska missöden, se avsnitt 4.2, saknas uppgifter för månaderna juni, juli och augusti.

TAB.7.5 Verandornas månadsmedeltemperaturer för kalenderåret 1982. Redovisningen omfattar verandorna till lägenheterna C1 (4 rok gavel), C2 (4 rok), C3 (2.5 rok) samt C4 (2 rok).

Månad	Utetemp °C	Veranda C1		Veranda C2		Veranda C3 °C	Veranda C4 °C
		uppe °C	nere °C	uppe °C	nere °C		
Jan	-7.5	-3.8	-4.7	-3.4	-4.2	-3.8	-4.1
Febr	-4.4	-0.2	-1.4	1	-1	0.0	-0.2
Mars	1.5	6.1	4.8	6.6	5.1	5.9	6.3
April	4.2	11.2	9.4	11.6	9.3	10.9	12.3
Maj	8.9	15.1	11.6	15.0	12.8	14.3	15.9
Juni	12.1	- (17.4)	-	- (17.4)	-	(17.6)	(18.8)
Juli	17.0	- (22.2)	-	- (22.4)	-	(22.7)	(24.2)
Aug	15.4	- (19.9)	-	- (20.1)	-	(20.1)	(21.1)
Sept	11.4	17.2	15.5	16.7	15.0	16.2	16.3
Okt	7.3	10.7	10.1	11.4	10.3	10.3	10.0
Nov	3.8	6.3	5.8	6.6	5.7	5.6	5.8
Dec	-0.3	2.2	2.0	2.1	1.7	1.5	0.4*

* Verandaglasat är avmonterat

() Värden inom parentes är predikterade enligt ekv (7.8)-(7.11)

Om verandorna analyseras under förutsättningen att dessa är i jämvikt, vid en given temperatur och att ingen solstrålning bidrar till energitillskottet, bestäms verandatemperaturen enbart av förhållandet mellan transmissionsförlusterna från resp lägenhet respektive förluster från veranda mot uteluften. Verandornas temperaturer kan härvid enbart lösas ur en energibalans ekvation. Med specifika förluster för resp veranda enligt TAB.5.2 (förutsätter luftomsättningen 3 h^{-1} för verandorna) erhålls

för 2 rok:

$$T_{\text{ver}} = 0.9434 T_{\text{ute}} + 0.0544 T_{\text{inne}} \quad (7.4)$$

för 2.5 rok:

$$T_{\text{ver}} = 0.9432 T_{\text{ute}} + 0.0568 T_{\text{inne}} \quad (7.5)$$

samt för 4 rok:

$$T_{\text{ver}} = 0.9410 T_{\text{ute}} + 0.0590 T_{\text{inne}} \quad (7.6)$$

Av sambanden ovan framgår att nattetid och för den mörkare delen av året kommer verandatemperaturen, på grund av förhållandet mellan tillskottet från lägenheterna och förlusterna från verandorna (förhållandet enligt TAB.5.2 är mellan 1:16 och 1:17), att ligga mycket nära utetemperaturen. Till exempel blir verandatemperaturen för 4 rok $-17.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ vid $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ute och $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ i lägenheten.

Temperaturerna enligt ekv (7.4)-(7.6) anger de lägsta temperaturer som kan förväntas i verandorna vid givna temperaturförutsättningar.

I FIG.7.4 redovisas sambandet mellan verandatemperatur och utetemperatur för verandan till lägenhet C1. I figuren har linjen för verandatemperatur = utetemperatur markerats. Ovanför denna linje har sambandet för lägsta förväntade verandatemperatur enligt ekv (7.6) lagts in. Det övre sambandet gäller för medelvärdet av uppmätta verandatemperaturer uppe och nere i veranda C1

enligt TAB.7.5. Residualerna förklaras av månadernas olika solighet. Ekvationen för det övre sambandet är

$$T_{\text{ver}} = 3.84 + 1.04 T_{\text{ute}} \quad (7.7)$$

med determinationskoefficienten 0.96.

Med en modell som bygger på multipel regressionsanalys med variablerna T_{ute} och SOL kan residualerna i FIG.7.4 till stor del förklaras. Modellen ger sambandet,

Lägenhet C1, 4 rok gavel:

$$T_{\text{ver}} = 1.56 + 0.911 T_{\text{ute}} + 0.0571 \text{ SOL} \quad (7.8)$$

med determinationskoefficienten 0.99.

Motsvarande samband för de övriga verandorna blir

Lägenhet C2, 4 rok

$$T_{\text{ver}} = 1.77 + 0.927 T_{\text{ute}} + 0.0539 \text{ SOL} \quad (7.9)$$

Lägenhet C3, 2.5 rok

$$T_{\text{ver}} = 1.04 + 0.902 T_{\text{ute}} + 0.0697 \text{ SOL} \quad (7.10)$$

samt för lägenhet C4, 2 rok

$$T_{\text{ver}} = 0.317 + 0.901 T_{\text{ute}} + 0.0927 \text{ SOL} \quad (7.11)$$

Variabeln SOL i sambanden (7.8)-(7.11) betecknar i dessa ekvationer den solstrålning som erhålls innanför ett oskärmat söderfönster med fyra glas. Denna solstrålning är dock proportionell mot den solstrålning som erhålls innanför motsvarande fönster med ett enkelt glas.

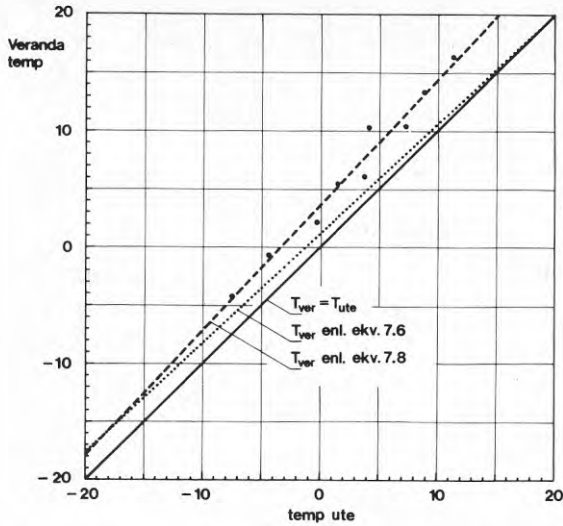


FIG.7.4 Sambandet mellan verandatemperatur i lägenhet C1 och utetemperatur.

I FIG.7.5 redovisas residualerna för modellen enligt sambandet (7.8). De predikerade värdena enligt (7.7) har i storleksordningen dubbelt så stora residualer jämfört med de enligt FIG.7.4.

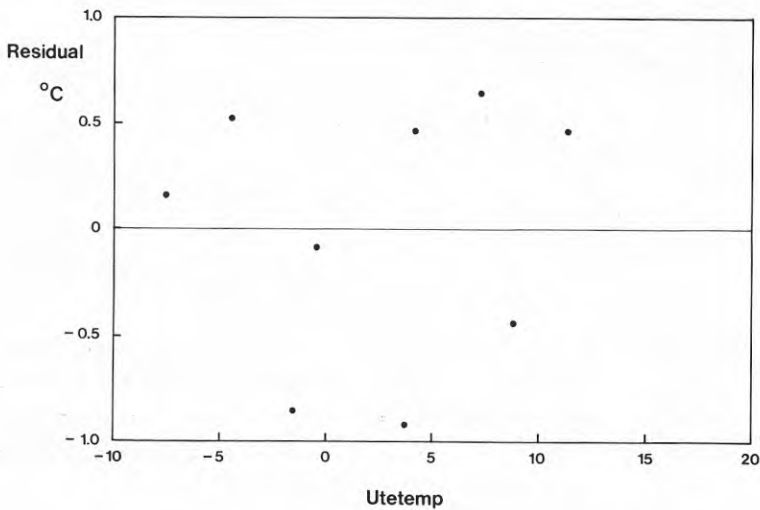


FIG.7.5 Residualerna till modellen enligt ekv (7.8) för bestämning av verandatemperaturen till lägenhet C1 som funktion av utetemperatur och solstrålning.

I FIG.7.6 sammanställs utetemperaturens och verandatemperaturens variation för en tvårumslägenhet (lgh C4) under en vecka i april med fyra soliga dagar och två mulna dagar. Av sambanden framgår att under de soliga dagarna, erhålls kraftiga temperaturhöjningar och under de mulna dagarna antar verandatemperaturerna approximativt utetemperaturerna.

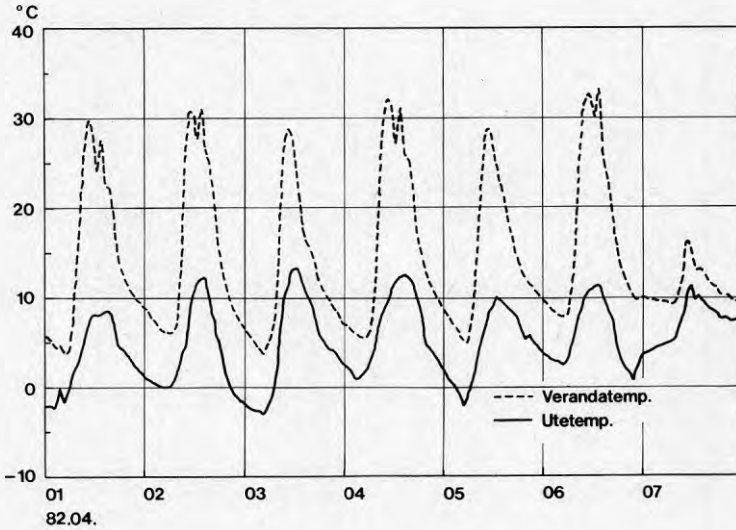


FIG.7.6 Utetemperatur och verandatemperatur för en tvårumslägenhet (lgh C4) som funktion av tiden under en vecka i april 1982.

Antal dagar som en viss minsta verandatemperatur uppnås i den oskuggade och stängda verandan till en tvårumslägenhet (lgh C4) under ett år, perioden 81.10.21-82-10-20, vid ett visst klockslag redovisas i FIG.7.7.

Motsvarande samband som i FIG.7.7, men med uppdelning på månader, sammanställs i FIG.7.8 för lägenheterna 2 rok och 2 1/2 rok.

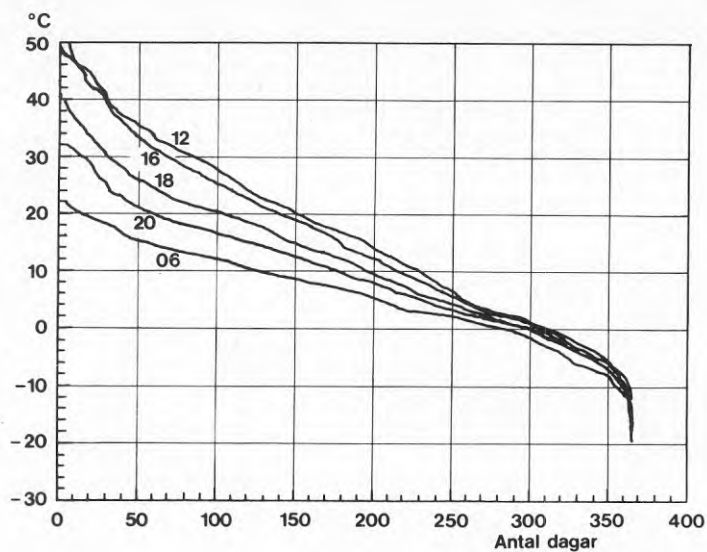


FIG.7.7 Antal dagar som en viss minsta verandatemperatur uppnås i en oskuggad och stängd veranda under ett år vid ett visst klockslag.

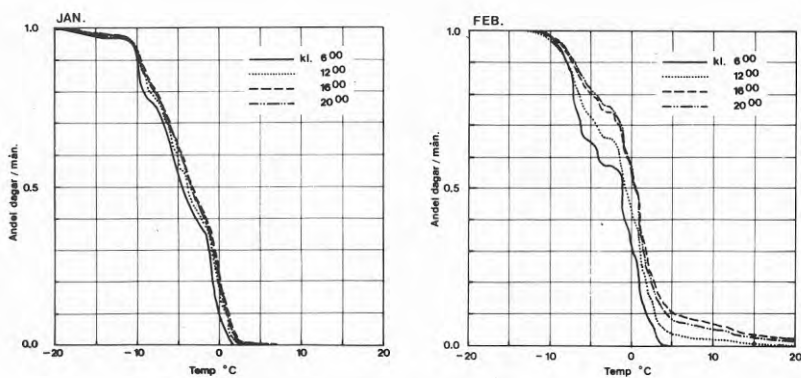
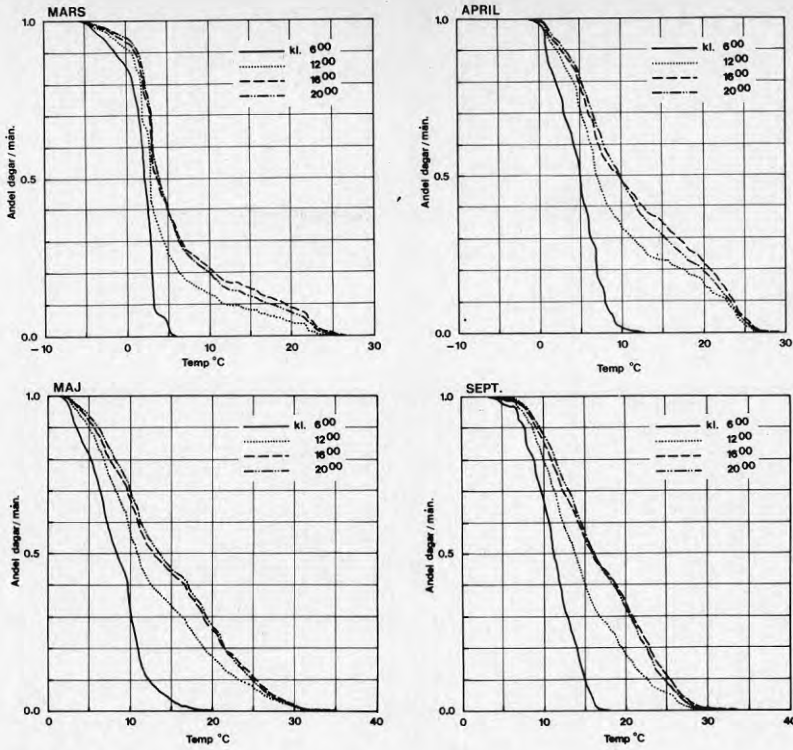


FIG.7.8 Antal dagar som en viss minsta verandatemperatur uppnås i en "normalt" använd veranda med uppdelning på månader.



7.3 Energiförbrukning

På samma sätt som för innetemperaturen har centererade glidande medelvärden baserat på fem termer beräknats för den totala elförbrukningen i varje lägenhetstyp. Beräkningen baseras på uppmätta veckoförbrukningar under hela mätperioden 1981-10-20 till och med 1984-06-27. Sambanden för totalelens variation under ett år sammanställs i FIG.7.9.

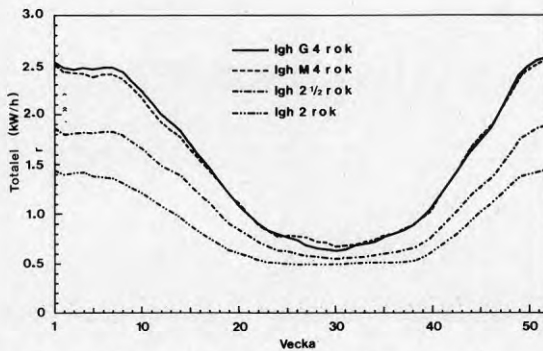


FIG.7.9 Totalelens variation över året i de fyra lägenhetstyperna 4 rok gavel, 4 rok, 2.5 rok samt 2 rok beräknad som glidande centrerat medelvärde med 5 termer.

I Bilaga D, TAB.D1-D4 sammanställs uppmätta innetemperaturer och energiförbrukningar månadsvis i lägenheterna C1-C4 under kalenderåret 1982. Energiförbrukningarna är uppdelade på totalel, radiatorel, ventilationsel, el till varmvattenberedare samt hushållsel. Motsvarande energiförbrukningar under samma period illustreras för de fyra lägenheterna i FIG.7.10-7.13, men med upplösningen 1 vecka.

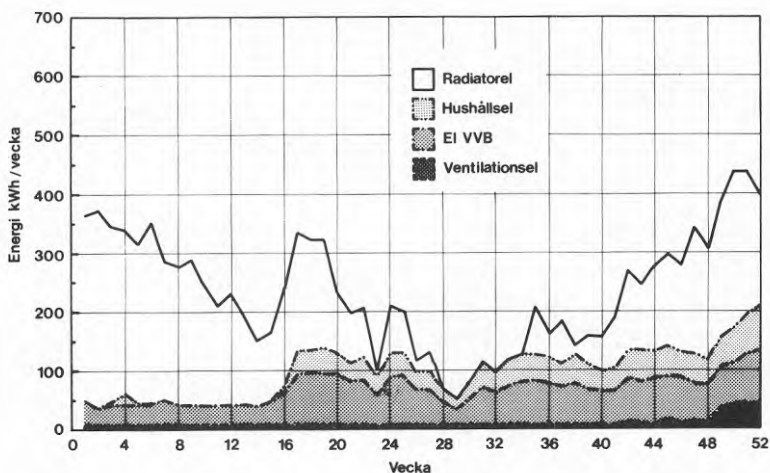


FIG.7.10 Fördelning av energiförbrukningen i lägenhet C1 under kalenderåret 1982.

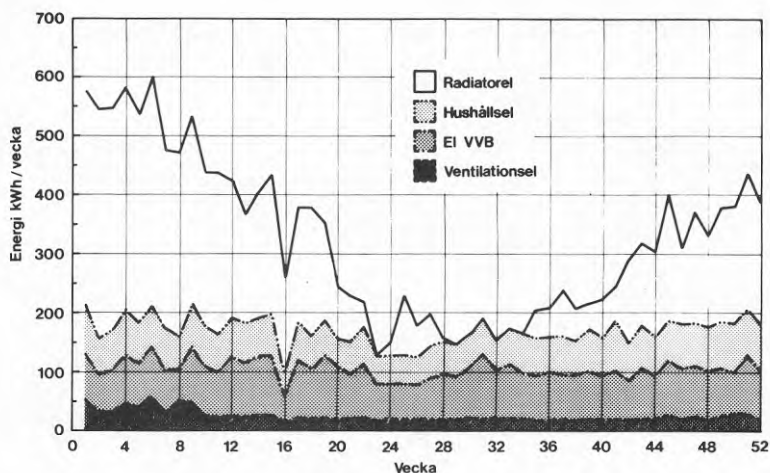


FIG.7.11 Fördelning av energiförbrukningen i lägenhet C2 under kalenderåret 1982.

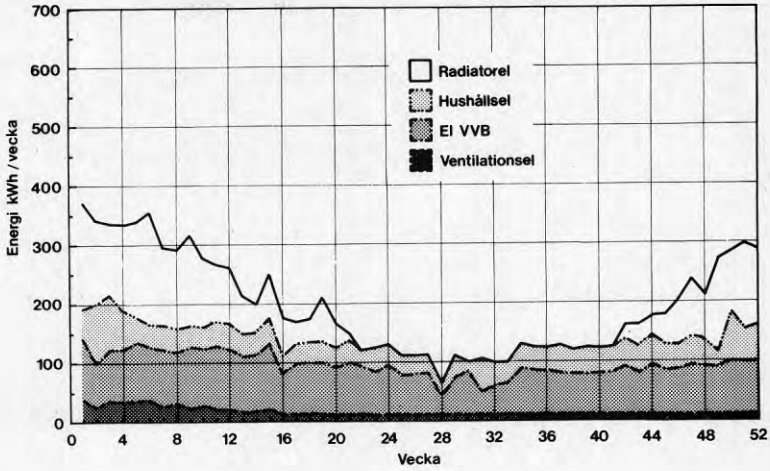


FIG.7.12 Fördelning av energiförbrukningen i lägenhet C3 under kalenderåret 1982.

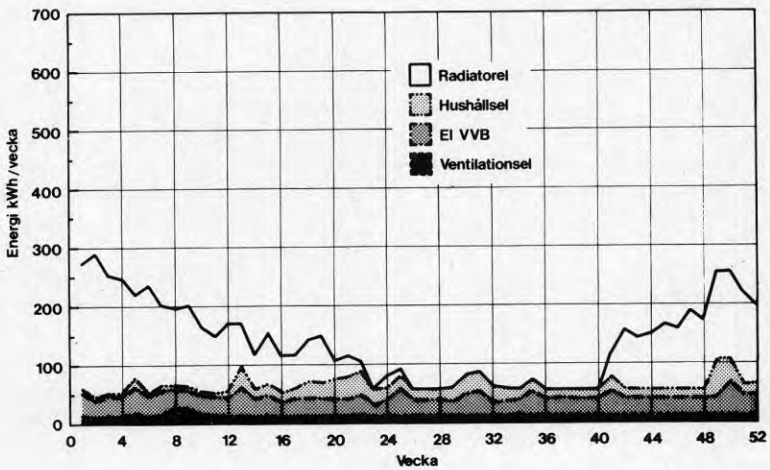


FIG.7.13 Fördelning av energiförbrukningen i lägenhet C4 under kalenderåret 1982.

7.4 Luftomsättning

7.4.1 Luftväxlingsmätningar

Luftväxlingarna i lägenheterna och verandorna har uppmätts med 3 olika metoder

- 1 spårgasmetoden med avtagande gaskoncentration och spårgasen NO_2
- 2 tryckfall över mätfläns i till- och frånluft
- 3 påsmetoden

Luftomsättningsmätningarna enligt pkt 1 och 3 har skett vid ett antal mättillfällen som framgår av avsnitt 4.2. Luftflöden enligt pkt 3 har skett varje timme under mätperioden i 4-rumslägenheten C1.

Spårgasmätningarna har använts för bestämning av infiltration och luftväxling. Till- och frånluftsbestämningen med mätflänsar har i första hand använts för analys av ventilationsvärmeväxlarens verkningsgrad. Påsmetoden ger förutom tillluftflödet även fördelningen av tillluftsflödet i samtliga don.

Luftväxlingsmätningarna har genomförts vid olika inställning av ventilationsaggregatet. Inställningsmöjligheterna för aggregatet redovisas i TAB.7.6.

TAB.7.6 Inställningsmöjligheter för ventilationsaggregat

Manövrering på spiskåpan	Varvtalsreglering fläkt, inställs efter lgh-storlek	Effekt fläktar
Minläge	-	-
Normalläge	1	70
	2	-
	3	120
Maxläge	-	170

Nedan redovisas genomförda luftväxlingsmätningar enligt de beskrivna metoderna. I TAB.7.7 sammanställs mätningarna utförda med spårgasmetoden och i TAB.7.8 redovisas de luftomsättningar som erhålls då beräkningarna baseras på tilluftsflöden bestämda med påsmetoden.

TAB.7.7 Luftomsättningar enligt spårgasmetoden vid varierande inställning av ventilationsaggregat

Lägenhet	T _{inne} °C	T _{ute} °C	Vind m/s	Omsättning h ⁻¹	Kommentar
C1 4rok	21.4	3.5	2.3	0.07	infiltration
	21.0	2.0	0.6	0.18	minläge
	21.6	0.7	0.7	0.53	normalläge fläktvarv 3
	18.8	5.7	1.8	0.63	normalläge fläktvarv 3
	20.9	3.5	0.6	0.56	maxläge
C4 2rok	-	-	-	0.03	infiltration
	21.5	4.5	1.9	0.44	minläge
	23.0	21.0	0.0	0.44	minläge
	22.8	4.0	2.9	0.70	normalläge fläktvarv 1
	22.0	4.0	2.9	0.94	normalläge fläktvarv 1
	21.3	5.1	2.6	1.24	maxläge

TAB.7.8 Tilluftsflöden enligt påsmetoden uttryckt som luftomsättning för lägenhetstyp som funktion av fläktaggregatets inställning. Den totala luftomsättningen erhålls genom att addera infiltrationen.

Lägenhet	Fläktaggregatets inställning				
	Min	Normal			Max
		varvtal 1	varvtal 2	varvtal 3	
4rok (282m ³)	0.24	0.37	0.40	0.46	0.51
2rok (164m ³)	0.39	0.64	0.73	0.77	0.81
2.5rok (176m ³)*	0.36	0.59	0.68	0.72	0.75

* Värdena är omräknade från mätningarna i 2rok

I FIG.7.4 redovisas till- och frånluftsflödet i lägenhet C1 då denna har varit obebodd. Flödena har mätts med mätflänsar i ventilationskanaler vid varierande inställning av fläktaggregatet. Använda mätflänsar är av fabrikat FLÄKT typ EHBA 012-1. Detta innebär att mätområdet för flänsarna är ca $80-250 \text{ m}^3/\text{h}$. Då tilluftsflödet vid min-läge som redovisas i FIG.7.4.1 endast är ca $50 \text{ m}^3/\text{h}$ måste detta betraktas som mycket osäkert och troligen underskattas betydligt.

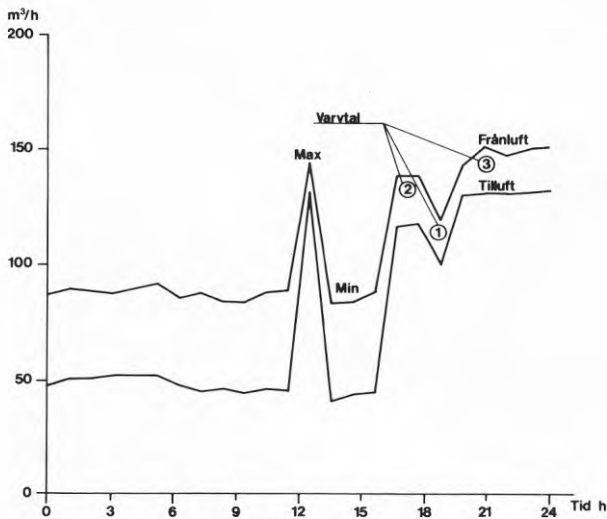


FIG.7.14 Till- och frånluftsflöde i lägenhet C1 vid varierande inställning av ventilationsaggregat

Tilluftsflödet enligt mätningarna med påsmetoden är $65 \text{ m}^3/\text{h}$ vilket förefaller något rimligare. Förhållandet mellan tilluftsflödet och frånluftsflödet vid högre varvtalsinställningar är 0.85-0.90. Om detta förutsätts gälla även vid minläge bör tilluftsflödet uppgå till $70-75 \text{ m}^3/\text{h}$. Om hänsyn även tas till att tilluftssystemet totalt har mindre tryckfall än frånluftssystemet, skall varvtalsförändringar för fläktarna ge större flödesförändring av tilluften än frånluften. Med tanke på att påsmetoden speciellt vid låga flöden påverkar tilluftssystemet genom ett ökat flödesmotstånd kan det ovan angivna tilluftsflödet $68 \text{ m}^3/\text{h}$ antas vara något för lågt. En slutlig uppskattning är därför att tilluftsflödet vid minläge uppgår till $70 \text{ m}^3/\text{h}$.

När aggregatet ställs in i läge 3 är tilluftsflödet enligt FIG.7.14 $133 \text{ m}^3/\text{h}$, vilket stämmer väl överens med flödet $130 \text{ m}^3/\text{h}$ enligt påsmetoden. Av FIG.7.14 framgår vidare att det inte är någon nämnvärd skillnad mellan flödena vid fläktvarv 3, som är den inställning som bör gälla för fyrarumslägenheter, och den forcerade ventilationen "maxläge".

I TAB.7.9 jämförs tilluftsflöden bestämda enligt påsmetoden och med mätflänsar.

TAB.7.9 Jämförelse av tilluftsflöden bestämda enligt påsmetod och med mätflänsar

Metod	Aggregatets inställning (m^3/h)				
	Min	Normal	Max		
			varvtal 1	varvtal 2	varvtal 3
påse	68	104	113	130	144
mätflänsar	70-75	100	118	133	130

7.4.2 Bestämning av ventilationsförluster med hjälp av mätningar och intervjuer

Med hjälp av luftväxlingsmätningarna redovisade i avsnitt 7.4.1 och genomförda intervjuundersökningar har ventilationsförlusterna uppskattats. Intervjuundersökningarna ger information dels om antal boende och uppehållstid i lägenheter dels om hur ventilationsaggregatets inställningsmöjligheter utnyttjas.

Luftomsättningarna vid varierande inställning av ventilationsaggregatet antas följa de enligt TAB.7.4.3 angivna och infiltrationen antas uppgå till 0.07 h^{-1} , dvs den i TAB.7.4.2 angivna, gällande för lägenhet C4. Värmeväxlarens verkningsgrad antas till 50%.

En sammanställning av ventilationsaggregatets inställning baserad på intervjuundersökningen redovisas i Bilaga C, TAB.C1. I TAB.C2

har dessa data omräknats till motsvarande luftomsättning och specifika ventilationsförluster enligt ovanstående förutsättningar för varje lägenhet.

Av sammanställningen i TAB.C1 framgår att i 8 lägenheter används i stort sett alltid min-läget på ventilationsaggregatets, vilket för en 4-rumslägenhet motsvarar luftomsättningen 0.24 h^{-1} plus 0.07 h^{-1} . Att många hyresgäster föredrar att köra aggregatet med denna låga inställning beror på att ljudet från fläk-tarna bedöms vara bullrigt.

I TAB.7.10 sammanställs uppgifterna över de specifika ventilationsförlusterna enligt TAB.C2 under vintern 1982-83 med uppdelning på varje lägenhetstyp och trapphus för samtliga fyra hus.

TAB.7.10 Specifika ventilationsförluster vinter 1982-83 för respektive lägenhetstyp och hus

Lägenhet	Specifika ventilationsförluster $W/^\circ\text{C}$			
	Hus A	Hus B	Hus C	Hus D
4 rok	22.6	17.9	27.0	27.9
4 rok gavel	21.9	21.8	27.3	17.9
2.5 rok	20.1	20.9	18.0	20.6
2 rok	20.0	20.0	18.3	21.2
Trapphus	23.9	23.9	23.9	23.9
Huslänga	193.1	185.1	205.1	199.1

Infiltrationen uppgår till summan av 0.07 plus skillnaden i till- och frånluftsflöde, dvs ca 10% av tillluftsflödet vid $q_{\text{till}} = 0.9 q_{\text{från}}$. Det är rimligt att anta att frånluftsfiltren ganska snabbt sätts igen av fett och dammpartiklar vid normal drift så att till- och frånluftsflödet snabbt närmar sig varandra. Med tanke på osäkerheten i förhållandet mellan till- och frånluftsflödet på längre sikt har dessa satts lika vid bedömning av lägenheternas specifika ventilationsförluster. Detta innebär att de angivna specifika ventilationsförlusterna i TAB.7.10 och TAB.C2 baseras på $q_{\text{från}} = q_{\text{till}}$ enligt TAB.7.8.

7.5 Bovärme

7.5.1 Personvärme

Metabolismen är i medeltal 968 Wh/dygn, m² kroppsytta. Kroppsytan för vuxna är i genomsnitt 1.8 m² och för barn 0.9 m². Den sammanlagda kroppsytan är för ett helt hus 36 m², dvs en medel-effekt av 5 kW/hus. Beräkningen baseras på verklig boendetäthet av 14 vuxna och 12 barn i genomsnitt för samtliga 4 byggnader. I TAB.7.11 nedan görs en genomsnittlig uppdelning av personvärmen på lägenhetstyper.

TAB.7.11 Uppdelning av personvärme på lägenhetstyper

Lägenhet	Antal vuxna	Antal barn	Personvärme Wh/dygn
4 rok gavel	2	2	5226
4 rok	2	3	6097
2.5 rok	2	1	4355
2 rok	1	0	1742
Huslänga	14	12	34840

För lägenheterna C1-C4 gäller följande, något mer detaljerade uppställning av personvärmen,

Lägenhet C1:

Lägenheten är obebodd under januari-mars. I april sker inflyttning. Familjen består av 2 vuxna och 2 barn med en total uppskattad kroppsyta = 6.5 m². Den genomsnittliga hemvaron uppskattas till 60%. Personvärmen beräknas till 3775 Wh/dygn under maj-dec. I april halveras den till 1888 Wh/dygn på grund av den minskade botiden under denna månad och i januari-mars är bovärmen =0.

Lägenhet C2:

Lägenheten är bebodd under hela året med en familj som består av två vuxna och fyra barn. Den sammanlagda kroppsytan uppskattas till 8.8 m². Familjens genomsnittliga hemvaro uppskattas till

65%. Med dessa data beräknas bovärmen till 5537 Wh/dygn.

Lägenhet C3:

Lägenheten bebos under hela året av en familj med två vuxna och ett litet barn. Den sammanlagda kroppsytan uppskattas till 3.5 m² och med den genomsnittliga hemvaron 75% beräknas bovärmen till 2541 Wh/dygn.

Lägenhet C4:

Lägenheten är obebodd hela året, dvs bovärmen är 0 kWh/dygn.

7.5.2 Bidrag från hushållsel

Den andel av hushållselen som medverkar till bostadens uppvärmning kan ej bestämmas utifrån genomförda mätningar. Här kan endast grova uppskattningar göras. Resultaten från intervjuundersökningarna visar bl a att tvättmaskiner och diskmaskiner inte förekommer i hushållen. Det vill säga, hushållselen används i stort sett till belysning, kyl+frys, mindre apparater inkl television mm samt för matlagning. Den energi från hushållselen som inte kan tillgodogöras för uppvärmning härrör till största delen från värmeförluster från matlagning som ventileras ut direkt genom spiskåpan. Drygt 50% av dessa återvinns dock genom värmväxlaraggregatet.

Eftersom ingen nyanserad uppdelning av hushållselen med tillhörande förlustandelar kan göras antas nedan att all hushållsel är tillgänglig för uppvärmning.

7.5.3 Inverkan av kall- och varmvatten

Energiutbytet mellan kall- och varmvattensystemet på ena sidan och lägenhetens inneslutna luftvolym på den andra sidan sker i huvudsak från följande delsystem

- energiförluster från varmvattenberedare
- energiförluster från rör för distribution av tappvarmvatten
- i distributionsrör för tappkallvatten upptagen energi från lägenheten

Utan att i detalj spekulera i förluster respektive tillskott från de i lägenheten förlagda rören för tappvatten antas att förlusterna från tappvarmvattenrör är lika stora som den energi som bortförs från lägenheterna via delvis uppvärmt tappkallvatten.

Förlusterna från varmvattenberedaren och avloppsförlusterna beror på varmvattenförbrukningen. Nedan analyseras varmvattenberedaren med utgångspunkt från veckoavläsningarna i lägenheterna C1-C4.

Varmvattenberedarens förluster har i princip två olika nivåer. När inget tappvarmvatten används, som i den obebodda tvårumslägenheten C4, blir beredarförlusterna i genomsnitt 195 W. Vid en normal tappvarmvattenkonsumtion sjunker beredarförlusterna. Förlusterna sjunker dock inte proportionellt mot varmvattenkonsumtionen.

I FIG.7.15 redovisas den specifika varmvattenenergin som funktion av varmvattenförbrukningen, dvs den energimängd som åtgår för att producera varmvatten vid en viss given varmvattenförbrukning. Varmvattentemperaturen är ca 50 °C. De i diagrammet redovisade observationerna utgörs av veckoavläsningar under hela mätperioden i lägenheterna C1-C4.

Den specifika varmvattenenergin kan skrivas som

$$E = k_1 + k_2 \frac{1}{Q} \quad (7.12)$$

där

E = specifik varmvattenenergi, Wh/l

k_1 = 40.1 Wh/l

k_2 = 141 W

Q = varmvattenförbrukning, l/h

Konstanterna k_1 och k_2 är bestämda genom anpassning av sambandet (7.12) med minsta kvadratmetoden och med determinationskoefficienten $R^2=0.84$. Konstanten k_2 kan tolkas som varmvattenberedarens förluster vid normal drift. Vid en hög varmvattenförbrukning går den specifika varmvattenenergin mot den energi som åtgår för att värma enbart vatten utan hänsyn till beredarens förluster. Konstanten $k_1=40.1$ Wh/l motsvarar en temperaturdif-

ferens mellan kall- och varmvattnet på ca 35 °C. Med en ingående kallvattentemperatur på ca 10 °C motsvarar detta varmvattentemperaturen ca 45 °C.

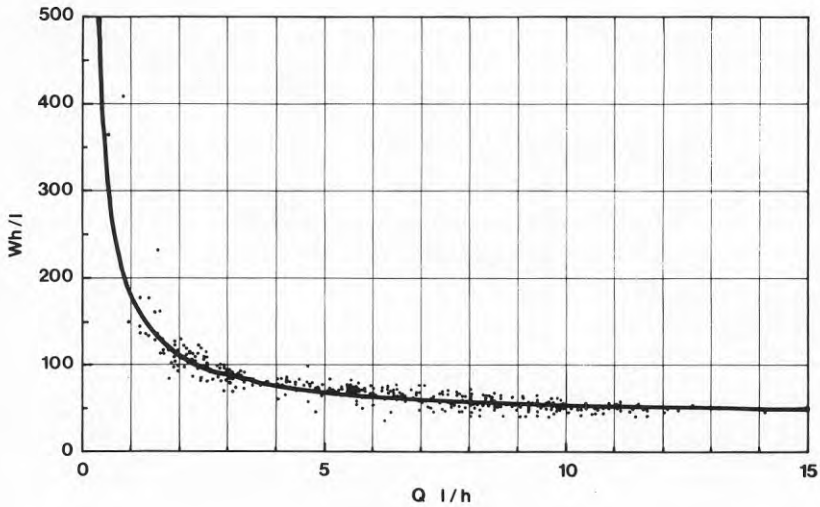


FIG.7.15 Specifik varmvattenenergi som funktion av varmvattenförbrukningen i lägenhet C1-C4 under hela mätperioden. Sambandet $E=40.1+141/Q$ är inlagt i figuren.

Med hjälp av analysen av varmvattenberedaren kan den energi som tillförs varmvattenberedaren fördelas på bovärme och avloppsförluster.

Då varmvattenförbrukningen är mindre än 1.5 l/h antas varmvattenberedarens förluster motsvara de som gäller då $Q=0$, dvs ca 195 W. Vid varmvattenförbrukning större än 1.5 l/h gäller förlusterna som bestäms enligt sambandet (7.1), dvs 141 W. Beredarförlusterna tillförs lägenheterna och bidrar till lägenheternas bovärme. Resterande energi som tillförs varmvattenberedaren går förlorad via tappvarmvattnet som avloppsförluster.

I Bilaga E, TAB.E.1, sammanställs bidraget till bovärmen från varmvattenberedaren och avloppsförlusterna för lägenheterna C1-C4

månadsvis under kalenderåret 1982, beräknat enligt ovanstående riktlinjer.

7.5.4 Sammanfattning av bovärme

Den totala bovärmen beräknas som en summring enligt

$$\text{Bovärme} = \text{Personvärme} + \text{Beredarförluster} + \text{Tilluftsfläkt} + \text{Hushållsel}$$

Den totala bovärmen redovisas för lägenhet C1-C4 i Bilaga E, TAB.E.2.

Den transmission som förekommer mellan lägenheter och lägenheter och trapphus enligt TAB.7.13 har av beräkningstekniska skäl lagts in som en korrektion av bovärmen enligt TAB.E.2. Den korrigerade bovärmen sammanställs i TAB.E.3.

7.6 Energitransport mellan lägenheter

Transmission mellan lägenheter på grund av olika lägenhetstemperaturer under kalenderåret 1982 har beräknats, baserat på teoretiska värmeövergångskoefficienter enligt TAB.7.12.

TAB.7.12 Transmission mellan lägenheter

Byggnadsdel	k-värde W/m ² °C	Area m ²	kA W/°C
Golvbjälklag mellan 2 rok och 2.5 rok	0.60	62.8	37.7
Vägg på bottenvåning mellan 2.5 rok och 4 rok	0.60	19.5	11.7
Vägg på 2:a våningen mellan 2 rok och 4 rok	0.52	19.5	10.1
Vägg på bottenvåning mellan 4 rok och 4 rok gavel	0.60	19.5	11.7
Vägg på 2:a våningen mellan 4 rok och 4 rok gavel	0.52	19.5	10.1

I TAB.7.13 redovisas transmissionsförluster månadsvis mellan lägenheterna C1, C2, C3 och C4 beräknat för kalenderåret 1982 och baserat på uppmätta lägenhetstemperaturer. För lägenhet C3 och C4 inkluderas även energiutbytet med trapphuset enligt avsnitt 7.1.2

TAB.7.13 Transmission mellan lägenheter samt lägenhet och trapphus för kalenderåret 1982. Minustecken anger att transmissionen innebär en förlust för respektive lägenhet.

Månad	Transmission mellan lägenheter (W)			
	Lgh C1	Lgh C2	Lgh C3	Lgh C4
Jan	114	-144	-61	-54
Febr	92	-114	-43	-2
Mars	81	-103	-41	-22
April	37	-56	5	-51
Maj	-9	1	16	-57
Juni	-7	19	18	-74
Juli	4	11	11	-26
Aug	-4	35	1	-79
Sept	0	-6	-44	-3
Okt	4	-23	19	-69
Nov	-22	3	0	-78
Dec	4	-17	-40	-67

7.7 Energitransport mellan veranda och lägenhet

Energitransport mellan veranda och lägenhet kan ske på i princip tre sätt: transmission, strålning och konvektion. Nedan begränsas sammanställningen till hur verandan påverkar transmissionen för lägenhetens yttervägg som vetter mot verandan, jämfört med samma väggparti utan veranda.

Med specifika förluster för respektive veranda enligt TAB.5.2 (luftomsättningen = 3 h^{-1}) och en enkel värmebalanskvation, varvid de förutsättningar som anges i avsnitt 7.2 beaktas, kan ändringen i transmissionsförluster för lägenhetsväggarna mot verandorna beräknas enligt

för 2 rok

$$\Delta q = -0.5430(T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}) \quad (7.13)$$

för 2.5 rok

$$\Delta q = -0.5510(T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}) \quad (7.14)$$

för 4 rok

$$\Delta q = -1.0856(T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}) \quad (7.15)$$

där

Δq = ändring i transmissionsförluster. Negativt q anger en minskning av transmissionen från lägenhet till veranda

Med hjälp av de specifika transmissionsförlusterna enligt TAB.5.2 och sambanden för veranatemperaturerna enligt ekv (7.8)–(7.11) kan ändringen i transmissionsförlusterna för lägenhetsväggarna med hänsyn till solinstrålningen på verandorna beräknas enligt

Lägenhet C1, 4 rok gavel

$$\Delta q = -28.7 + 1.68 T_{\text{ute}} - 1.051 \text{ SOL} \quad (7.16)$$

Lägenhet C2, 4 rok

$$\Delta q = -32.6 + 1.34 T_{\text{ute}} - 0.992 \text{ SOL} \quad (7.17)$$

Lägenhet C3, 2.5 rok

$$\Delta q = -10.1 + 0.951 T_{\text{ute}} - 0.676 \text{ SOL} \quad (7.18)$$

Lägenhet C4, 2 rok

$$\Delta q = -3.1 + 0.970 T_{\text{ute}} - 0.909 \text{ SOL} \quad (7.19)$$

Den högre SOL-koefficienten för lägenhet C4 jämfört med lägenhet C3 förklaras av att verandan i C4 aldrig har skuggats med solskyddsgardiner eller ventilerats under den aktuella mätperioden.

I TAB.7.14 sammanställs de minskade transmissionsförlusterna för lägenhet C1-C4 under kalenderåret 1982 baserat på uppmätta verandatemperaturer enligt TAB.7.5. Värdena under juni, juli och augusti är predikterade enligt sambanden i ekv (7.16)-(7.19).

TAB.7.14 Minskade transmissionsförluster under kalenderåret 1982 för lägenhetsväggarna som vetter mot verandorna. Redovisningen omfattar lägenheterna C1 (4 rok gavel), C2 (4 rok), C3 (2,5 rok) samt C4 (2 rok).

Månad	Minskade transmissionsförluster, W			
	Lgh C1	Lgh C2	Lgh C3	Lgh C4
Jan	59.8	68.1	35.9	33.3
Febr	93.8	81.0	42.7	41.2
Mars	72.7	81.0	42.7	47.0
April	113.0	115.9	64.0	79.4
Maj	81.9	92.0	52.4	68.6
Juni	94.0	96.6	53.3	65.7
Juli	96.2	99.6	55.2	70.1
Aug	81.7	85.6	45.7	55.7
Sept	91.1	82.8	46.6	48.0
Okt	57.0	66.2	29.1	26.5
Nov	41.4	44.2	17.5	19.6
Dec	44.2	40.5	17.5	6.9
Året	676	696	368	410 kWh

7.8 Värmeväxlarens verkningsgrad

Värmeväxlarens temperaturverkningsgrad, definieras enligt sambandet

$$\eta_t = \frac{t_{\text{till}} - t_{\text{ute}}}{t_{\text{från}} - t_{\text{ute}}} \quad (7.20)$$

där

- η_t = temperaturverkningsgrad
- t_{till} = tilluftstemperatur
- t_{ute} = utetemperatur
- $t_{\text{från}}$ = frånluftstemperatur

För Bahco system Minimaster uppges från tillverkaren den enligt FIG.7.16 redovisade temperaturverkningsgraden som funktion av tilluftsflödet.

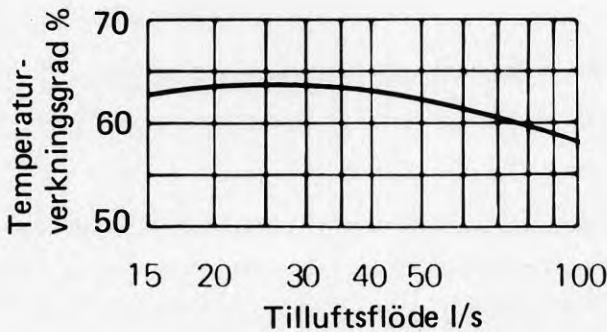


FIG.7.16 Temperaturverkningsgrad som funktion av tilluftsflöde. Tilluftsflödet är 10% lägre än frånluftsflödet.

Med utgångspunkt från genomförda tillmätningar har temperaturverkningsgraderna för de fyra lägenhetstyperna 4 rok gavel, 4 rok, 2.5 rok och 2 rok beräknats under kalenderåret 1982. Ingångsdata är härvid de i ekv (7.20) ingående temperaturerna med placering som framgår av flödesschemat i FIG.7.17.

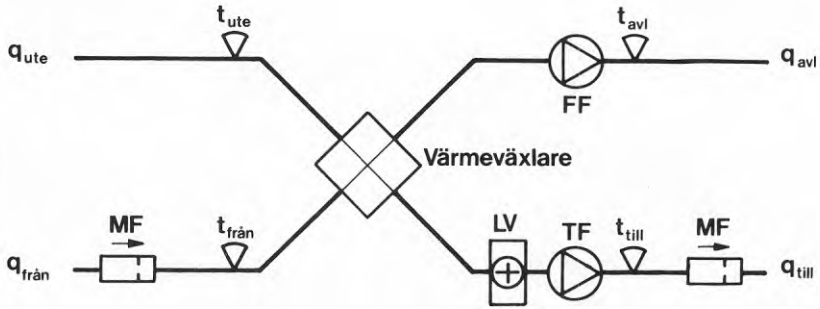


FIG.7.17 Flödesschema för Bahco system Minimaster med markerade mätpunkter.

q_{ute}	=uteluftsflöde	t_{ute}	=utetemperatur
$q_{från}$	=frånluftsflöde	$t_{från}$	=frånlufttemperatur
q_{avl}	=avluftsflöde	t_{avl}	=avlufttemperatur
q_{till}	=tillluftsflöde	t_{till}	=tillufttemperatur
LV	=eftervärmning 100 W		
TF	=tillluftsfläkt	FF	=frånluftsfläkt
MF	=mätflänsar		

Eftersom till- och frånluftsfläktarna samt eftervärmningsbatteriet tillför energi till till- resp frånluften måste, vid en utvärdering av värmeväxlaren, uppmätta temperaturer t_{avl} och t_{till} korrigeras. Då avfrostning sker, dvs när utetemperaturer understiger -5°C , stoppas tillluftsfläkten 5 minuter per halvtimme. I nedanstående redovisning har temperaturverkningsgraden antagits till noll under avfrostningsperioderna.

I TAB.7.15 redovisas temperaturverkningsgraderna för aggregatet i fyra lägenhetstyper i huslänga C under kalenderåret 1982. Motsvarande temperaturverkningsgrader illustreras i FIG.7.18 som funktion av månadernas medelutetemperatur.

TAB.7.15 Temperaturverkningsgraden för fyra lägenheter i huslänga C. Lgh C1 = 4 rok gavel, Lgh C2 = 4 rok, Lgh C3 = 2,5 rok och Lgh C4 = 2 rok. Verkningsgraderna är korri-gerade för inverkan av frånluftsfläkt, elbatteri och stillestånd vid avfrostning.

Månad	Utetemp	Temperaturverkningsgrad				Antal timmar med $t_{ute} < -5 \text{ } ^\circ\text{C}$
		Lgh C1	Lgh C2	Lgh C3	Lgh C4	
Jan	-7.45	0.52	0.58	0.69	0.58	433
Febr	-4.44	0.55	0.53	0.68	0.58	230
Mars	1.49	0.55	0.56	0.64	0.60	26
April	4.19	0.56	0.55	0.61	0.62	0
Maj	8.93	0.56	0.54	0.63	0.62	0
Juni	12.09	-	-	-	-	0
Juli	17.04	-	-	-	-	0
Aug	15.36	-	-	-	-	0
Sept	11.39	0.56	0.57	0.65	0.63	0
Okt	7.27	0.57	0.59	(0.76)*	0.61	0
Nov	3.75	0.60	0.60	0.68	0.60	30
Dec	-0.31	0.54	0.63	0.65	0.61	59

* Osannolikt

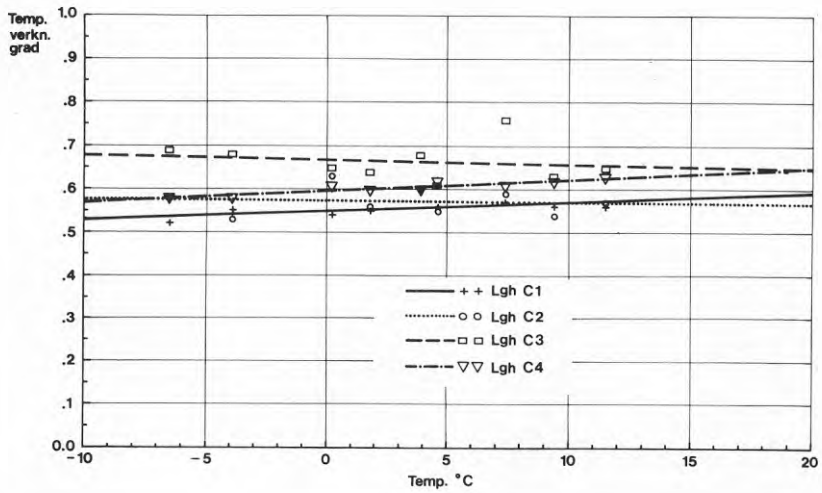


FIG.7.18 Temperaturverkningsgraden för ventilationsaggregatet i lägenheterna C1, C2, C3 och C4 som funktion av månader-
nas medelutetemperatur under kalenderåret 1982.

Med antagande om att det genom fläktarna transporterade volymflödet är oberoende av temperaturen och med temperaturverkningsgraden enligt sambandet i FIG.7.16 kan frånluftsflödets variation, som funktion av utetemperaturen, bestämmas (27). Då flödesfördelningen genom värmväxlaren är känd kan energiverkningsgraden beräknas.

Under förutsättning att vattenångan i frånluften inte kondenserar i värmväxlaren, gäller att massflödet genom från- och avlufts-kanalen är konstant, dvs

$$q_{av1} \rho_{av1} = q_{från} \rho_{från} \quad (7.21)$$

då densiteten är omvänt proportionell mot absoluta temperaturen erhålls

$$q_{från} = q_{av1} \frac{T_{från}}{T_{av1}} \quad (7.22)$$

Genom att uppställa energibalanskvationen för värmväxlarens avluftsflöde och tilluftsflöde fås

$$q_{av1} \rho_{av1} c_p (t_{från} - t_{av1}) = q_{till} \rho_{till} c_p (t_{till} - t_{ute}) \quad (7.23)$$

Det förutsätts att flödena är injusterade så att tilluftsflödet är 10% lägre än avluftsflödet, dvs

$$q_{till} = 0.9 q_{av1} \quad (7.24)$$

Tilluftsflödet i lägenheterna vid olika inställningar ligger enligt TAB.7.9 mellan ca 20 och 40 l/s, vilket medför att temperaturverkningsgraden enligt ekv (7.20) blir

$$\eta_t = \frac{t_{till} - t_{ute}}{t_{från} - t_{ute}} = 0.64 \quad (7.25)$$

Genom att kombinera ekv (7.22) med temperaturverkningsgraden enligt ekv (7.20) och beakta att $t_{från} - t_{av1} = T_{från} - T_{av1}$,

erhålls ett uttryck på frånluften enligt

$$T_{\text{från}} - T_{\text{avl}} \left(1 + \frac{q_{\text{till}}}{q_{\text{avl}}} \eta_t \frac{1}{T_{\text{till}}} (t_{\text{från}} - t_{\text{ute}}) \right) \quad (7.26)$$

Med uttrycket på $T_{\text{från}}$ enligt ekv (7.26) insatt i sambandet mellan frånluftsflödet och avluftsflödet enligt ekv (7.22) samt q_{till} enligt ekv (7.25) och η_t enligt ekv (7.26) erhålls

$$q_{\text{från}} = q_{\text{avl}} \left(1 + 0.576 \frac{1}{T_{\text{till}}} (t_{\text{från}} - t_{\text{ute}}) \right) \quad (7.28)$$

Av sambandet (7.28) framgår att frånluftsflödet, under förutsättning att t_{till} och $t_{\text{från}} = 20$ °C, är ca 8% större än avluftsflödet vid utetemperaturer -20 °C och att flödena är lika vid utetemperaturer $+20$ °C.

Energiverkningsgraden för värmeväxlaren definieras enligt

$$\eta_e = \frac{\text{upptagen energi}}{\text{tillgänglig energi}}$$

vilket kan skrivas

$$\eta_e = \frac{(t_{\text{till}} - t_{\text{ute}}) q_{\text{till}} T_{\text{från}}}{(t_{\text{från}} - t_{\text{ute}}) q_{\text{från}} T_{\text{till}}} \quad (7.29)$$

Med temperaturverkningsgraden enligt ekv (7.25), tilluftsflödet enligt ekv (7.24) samt frånluftsflödet enligt ekv (7.28) kan den teoretiska verkningsgraden beräknas vid varierande frånluftstemperatur och tilluftstemperatur som funktion av utetemperaturer. Följande samband erhålls

$$\eta_e = \eta_t \frac{0.9}{(1 + 0.5761) T_{\text{till}}} \frac{T_{\text{från}}}{(t_{\text{från}} - t_{\text{ute}}) T_{\text{till}}} \quad (7.30)$$

I FIG.7.19 illustreras teoretisk energiverkningsgrad enligt ekv (7.30) vid varierende frånluftstemperatur och tilluftstemperatur som funktion av utetemperaturen. Sambanden förutsätter att vattenånga i frånluften inte kondenserar i värmväxlaren. Det förutsätts även att flödena är konstanta genom värmväxlaren, dvs avfrostningen beaktas ej.

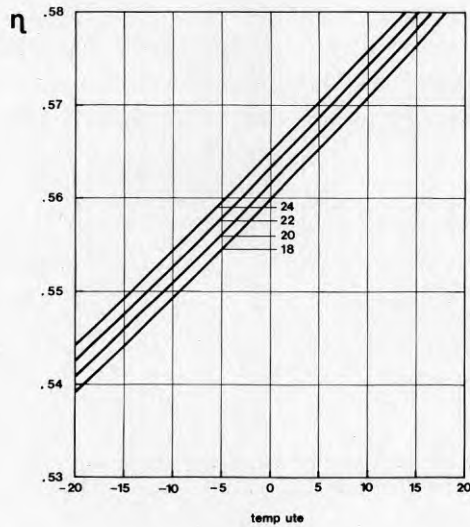


FIG.7.19 Teoretiskt beräknad energiverkningsgrad vid varierende frånluftstemperatur och tilluftstemperatur som funktion av utetemperaturen.

Med utgångspunkt från uppmätta flöden enligt avsnitt 7.4 och uppmätta temperaturer i ventilationskanalerna, samt med beaktande av tillförd energi från fläktar och elbatteri samt avfrostningsperioder, har energiverkningsgraden för aggregaten i lägenheterna C1-C4 beräknats månadsvis enligt sambandet

$$\eta_e = 0.9 \frac{(t_{till} - t_{ute}) T_{avl}}{(t_{från} - t_{ute}) T_{till}} \quad (7.31)$$

T_{avl} är korrigerad för energi från frånluftsfläkt
 t_{till} , t_{till} är korrigerad för energi från frånluftsfläkt
 och elbatteri

Under de tidsperioder då avfrostning sker har energiverkningsgraden satts till noll.

I FIG.7.20 illustreras energiverkningsgraden för aggregatet i fyra lägenhetstyper i huslänga C under kalenderåret 1982. I FIG.7.21 redovisas motsvarande verkningsgrader som funktion av månadernas medelutetemperatur.

Avvikelser mellan teoretiskt beräknade verkningsgrader och uppmätta, hänförs till kondensation i värmeväxlaren, avfrostning, avvikelse i innetemperaturer samt ev övrig ventilation genom vädring.

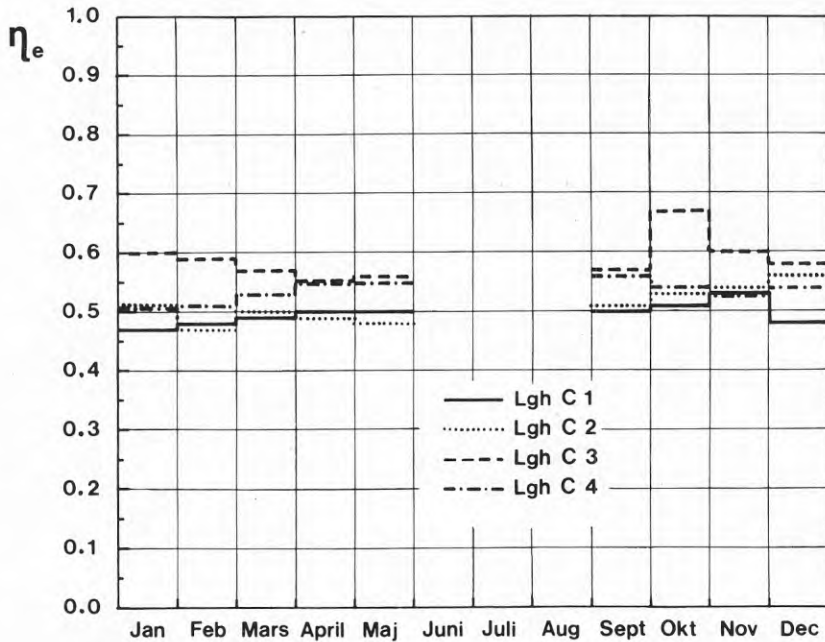


FIG.7.20 Energiverkningsgraden för ventilationsaggregatet i lägenheterna C1, C2, C3 och C4 under kalenderåret 1982.

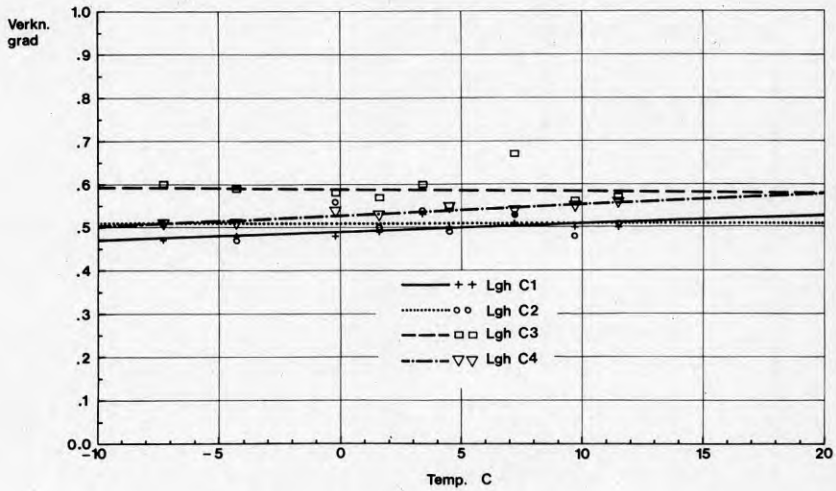


FIG.7.21 Energiverkningsgraden för ventilationsaggregatet i lägenheterna C1, C2, C3 och C4 som funktion av månadsmedeltemperaturerna under kalenderåret 1982.

8 ENERGIBALANS BESTÄMD ENLIGT BKL-METODEN OCH MED INDATA FRÅN FÄLTUNDERSÖKNING

I avsnitt 5 redovisades beräkningar genomförda med BKL-metoden för bestämning av byggnaders och lägenheters energibehov. Beräkningarna baseras på vissa antagna indata som t ex bovärme och värme från och till vattensystem enligt (25), värmeväxlarens verkningsgrad mm, men med uppmätt klimatpåverkan. I det följande ersätts de antagna indata med information från mätningarna enligt avsnitt 7.

8.1 Specifika förluster och solutnyttjande

Genom regressionsanalys för de specialmätta lägenheterna C1-C4 kan samband bestämmas enligt

$$P = k_1 + k_2 \Delta T + k_3 I_{4gl} \quad (8.1)$$

där

- P = veckomedeleffekt för den variabla elförbrukningen, W
- $k_1 - k_3$ = regressionskoefficienter
- ΔT = temperaturskillnad ute-inne, K
- I_{4gl} = veckomedeleffekt för solstrålning genom söderorienterat 4-glasfönster med horisontell skärm, W/m^2

Den genom ett söderorienterat 4-glasfönster transmitterade solstrålningen I_{4gl} har, med utgångspunkt från soldata enligt SOLTISYM-modellen, beräknats med en specialvariant av det program som används för soltransmission genom fönster till BKL-metoden (25), (28). Skuggberäkningen från skärmar kring fönster följer de rutiner som anges i TRNSYS (29).

Soldata har beräknats för ett representativt fönster sk "modell-fönster" i söderfasaden med följande data

Fönster

Antal glas	4
Yta	1.00 m ²
Bredd	0.71 m
Höjd	1.40 m

Överhäng

Bredd	1.40 m
Längd	
Avstånd från fönstrets överkant	0.50 m

Koefficienterna i ekv (8.1) kan ges en fysikalisk tolkning. I detta sammanhang är det framför allt koefficienterna k_2 och k_3 som är meningsfulla. Även om k_1 kan tolkas fysikaliskt så kan det visas att extrapolationen mot temperaturskillnaden ute-inne = 0 och ingen solstrålning är tveksam. Av regressionsanalysen framgår att standardavvikelsen för k_1 är stor och för vissa lägenheter är koefficienten inte signifikant skild från noll.

Koefficienten k_2 kan på vanligt sätt tolkas som ett mått på de specifika förlusterna och har sorten W/K. Koefficienten k_3 har sorten m² och tolkas som ekvivalent söderorienterad fönsteryta per lägenhet med hänsyn till solinstrålning. Genom att dividera den ekvivalenta fönsterytan med lägenhetens totala verkliga fönsteryta erhålls ett mått på lägenhetens solutnyttjande, dvs

$$S = k_3 / A_g \quad (8.2)$$

där

S = solfaktor

k_3 = regressionskoefficient enligt ekv (8.1)

A_g = total fönsteryta per lägenhet

Solfaktorn enligt ekv (8.2) är ett relativt mått på solutnyttjandet i den mening att den inte anger hur mycket solstrålning som tillförs lägenheten. I ex om de boende systematiskt vädrar vid

solsken utnyttjas inte transmitterad solstrålning till att minska uppvärmningsbehovet. Tillskottet från solstrålningen utnyttjas i stället för att kompensera de ökade ventilationsförlusterna.

De teoretiskt beräknade specifika förlusterna enligt TAB.5.1 har korrigerats med hänsyn till de i Bilaga C, TAB.C2 angivna luftomsättningarna och värmeväxlarens verkningsgrad enligt avsnitt 7.8. För lägenheterna C1-C4 redovisas korrigerade specifika förluster i TAB.8.1.

TAB.8.1 Specifika förluster i lägenhet C1-C4 korrigerade m a p uppmätt grundventilation och infiltration samt värmeväxlarens verkningsgrad.

Lgh	Transmission	Ventilation	Totala specifika förluster
	W/K	W/K	W/K
C1	75.6	27.9	103.5
C2	67.9	28.2	96.1
C3	52.2	18.8	71.0
C4	38.3	20.1	58.4

Specifika förluster bestämda med regressionsanalys av veckoförbrukningar enligt ekv (8.1), för kalenderåret 1982, med bivillkoret att temperaturdifferensen mellan ute och inne $>8.5^{\circ}\text{C}$ sammanställs i TAB.8.2.

TAB.8.2 Specifika förluster i lägenhet C1-C4 bestämda med regressionsanalys enligt ekv (8.1)

Lägenhet	Koefficient k_2	95% konfidensintervall
	(spec förluster)	
	W/K	
C1 obebodd	85.8	+/-21.0
C1 bebodd	118.0	+/-11.5
C2	108.0	+/-11.1
C3	67.0	+/- 5.1
C4 obebodd	56.7	+/- 5.6

Som framgår av TAB.8.1 och 8.2 stämmer de teoretiskt beräknade och de experimentellt bestämda specifika förlusterna relativt bra överens i lgh C3 och C4. Sämst överensstämmelse erhålls för lägenhet C1 och C2 där en systematisk fönstervädring förekommer. I lägenhet C4 som av mättekniska skäl har varit obebodd är skillnaderna mellan teoretiska och experimentella specifika förluster marginell.

Om hela skillnaden i specifika förluster enligt TAB.8.1 och 8.2 tolkas som en förändring i värmeväxlad ventilation resp infiltration inklusive vädring erhålls den i TAB.8.3 angivna sammanställningen.

TAB.8.3 Teoretisk ändring av ej värmeväxlad ventilation resp infiltration inkl vädring som erfordras för att de teoretiska specifika förlusterna ska bli lika som de experimentellt bestämda förlusterna.

Lägenhet	Infiltration inkl vädring h^{-1}		Ventilation h^{-1}	
	teoretiskt	regression	teoretiskt	regression
C1 obebodd	0.07	0.07	0.46	0.24
C1 bebodd	0.07	0.34	0.46	0.24
C2	0.07	0.20	0.46	0.46
C3	0.07	0.07	0.59	0.43
C4 obebodd	0.07	0.07	0.64	0.57

I TAB.8.4 redovisas den ekvivalenta söderorienterade fönsterytan från regressionsanalysen av veckoförbrukningarna enligt ekv (8.1) samt beräknad solfaktor enligt ekv (8.2). I tabellen ges även tillhörande 95% konfidensintervall beräknat för solfaktorn S.

TAB.8.4 Ekivalent söderorienterad fönsteryta med 1.4 m bredd på överhäng samt enligt ekv (8.1) beräknad solfaktor

Lägenhet	Ekivalent söderorienterad fönsteryta, m ²	Total fönsteryta m ²	Solfaktor	95% konfidenstervall
C1 obebodd	6.04	15.72	0.38	+/-0.30
C1 bebodd	3.16	15.72	0.20	+/-0.20
C2	(-1.57)	15.26	(-0.10)	+/-0.27
C3	3.16	12.10	0.26	+/-0.14
C4 obebodd	5.36	9.68	0.55	+/-0.20

Under den analyserade perioden är den genomsnittliga solstrålningen $I_{4gl}=32 \text{ W/m}^2$ vilket innebär att den tillgodogjorda solstrålningen för de fyra lägenheterna är

- C1 obebodd = 193 W
- C1 bebodd = 101 W
- C2 bebodd = 0 W
- C3 bebodd = 101 W
- C4 obebodd = 172 W

Som jämförelse kan nämnas att för ett helt oskärmat fönster blir $I_{4gl}=52 \text{ W/m}^2$.

8.2 Energibalans för fyra detaljmätta lägenheter

Med den ändrade ventilationen och infiltrationen enligt TAB.8.3 och solfaktorn bestämd enligt ekv (8.1) och redovisad i TAB.8.4 har energibalansen för lägenhet C1-C4 beräknats med BKL-metoden för kalenderåret 1982.

Innetemperaturen i lägenheterna har satts lika med i respektive lägenhet uppmätt innetemperatur enligt TAB.7.1. Bovärmet har beräknats med hjälp av mätdata enligt de riktlinjer som anges i avsnitt 7.5. Som tidigare påpekats ingår även transmission mellan lägenheter och lägenheter och trapphus som en korrektion av

bovärmert för respektive lägenhet. Indata till BKL-metoden för de fyra lägenheterna redovisas i Bilaga F.

I TAB.8.5 sammanfattas resultatet från beräkningarna som en årlig energibalans för de 4 lägenheterna. I tabellen ges även motsvarande uppmätt energi för uppvärmning och total elenergiförbrukning.

Som framgår av TAB.8.5 överskattar beräkningarna radiatorenergin i lägenhet C1 och C3 med 13 resp 9%. För lägenhet C2 och C4 är den beräknade radiatorenergin nära identisk med den uppmätta. Underskattningen är mindre än 1%. Även om skillnaderna i uppmätt radiatorenergi för lägenhet C1 och C3 förefaller vara stor så är dock avvikelserna i total elenergi mindre än 8 resp 3%.

TAB.8.5 Årlig energibalans för lägenheterna C1 (4 rok gavel), C2 (4 rok), C3 (2.5 rok) samt C4 (obebodd 2 rok) beräknad med BKL-metoden gällande kalenderåret 1982. Indata till beräkningen är baserad på mätningarna under 1982.

Lokal	Transm och vent förluster	Nyttig bo- värme	Nyttig sol- värme	Nyttig sol- värme veranda	Radiator energi	Hus- hållsel	Varm- vatten	Fläktar	Total el	Radiator el uppmätt	Totalel uppmätt
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
C1	14474	4372	1192	676	8235	1617	3106	377	13335	7303	12403
C2	15680	6839	0	605	8236	3358	4188	1020	16802	8298	16864
C3	9137	4612	697	290	3574	2269	4162	604	10609	3285	10320
C4	8177	2447	1466	359	3904	1017	1711	640	7272	3934	7302

Av TAB.8.5 framgår vidare att solutnyttjandet är i särklass störst i den obebodda lägenheten C4 trots att 4-rumslägenheterna har betydligt större glasarea (se TAB.8.4). Detta beror dels på att det inte finns några persienner, gardiner, krukväxter, skugggardiner i verandan mm som hindrar solinstrålning, dels på att solstrålningen ger upphov till förhöjd innetemperatur som i de bebodda lägenheterna leder till ökad vädring. Lägenhet C4 har också, som framgår av TAB.7.1, högre innetemperatur än de tre andra lägenheterna under månaderna juni, juli och augusti.

I Bilaga G sammanställs uppmätt radiatorenergi samt energibalansen månadsvis för lägenhet C1-C4. Motsvarande samband redovisas i FIG.8.1-8.4.

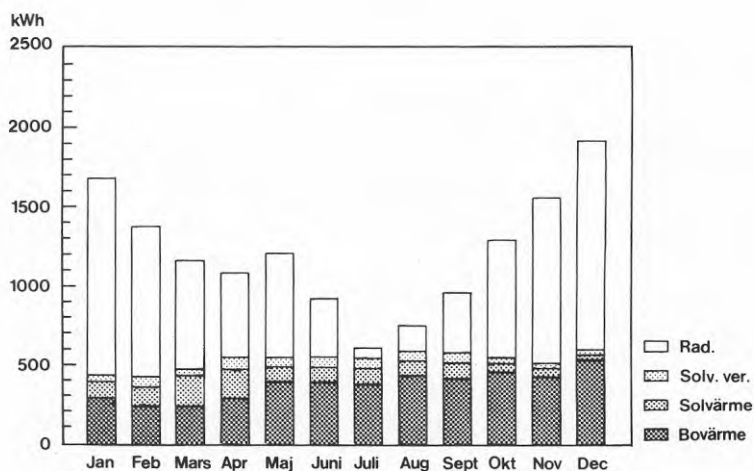


FIG.8.1 Energibalans månadsvis för lägenhet C1 beräknad enligt BKL-metoden för kalenderåret 1982. Solfaktor = 0.38 jan-april och 0.20 maj-dec.

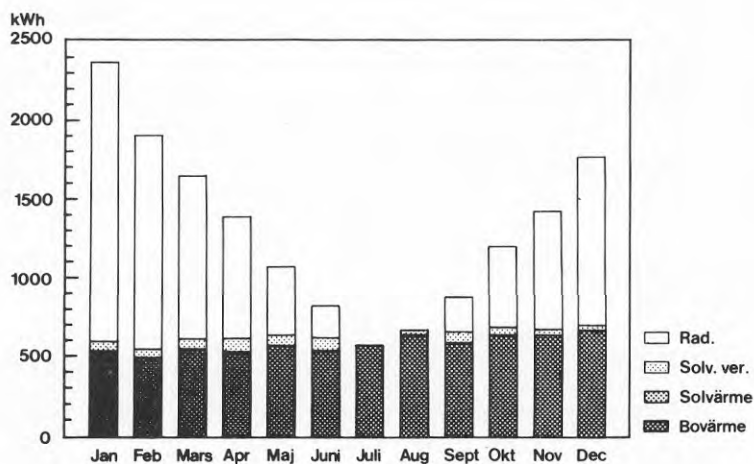


FIG.8.2 Energibalans månadsvis för lägenhet C2 beräknad enligt BKL-metoden för kalenderåret 1982. Solfaktor = 0.0.

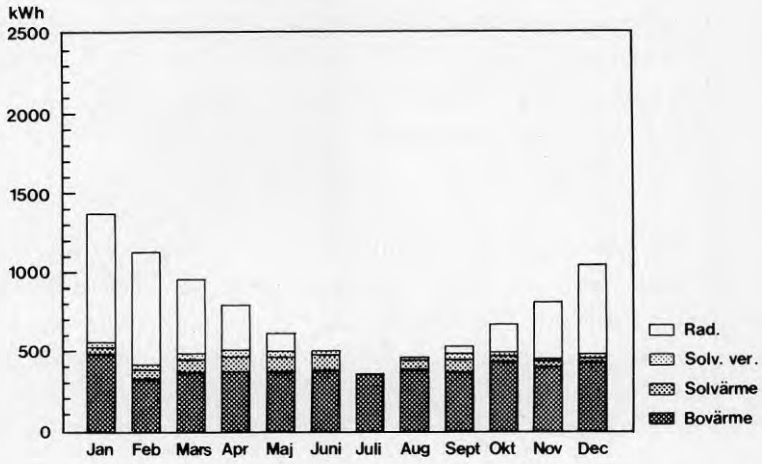


FIG.8.3 Energibalans månadsvis för lägenhet C3 beräknad enligt BKL-metoden för kalenderåret 1982. Solfaktor = 0.26.

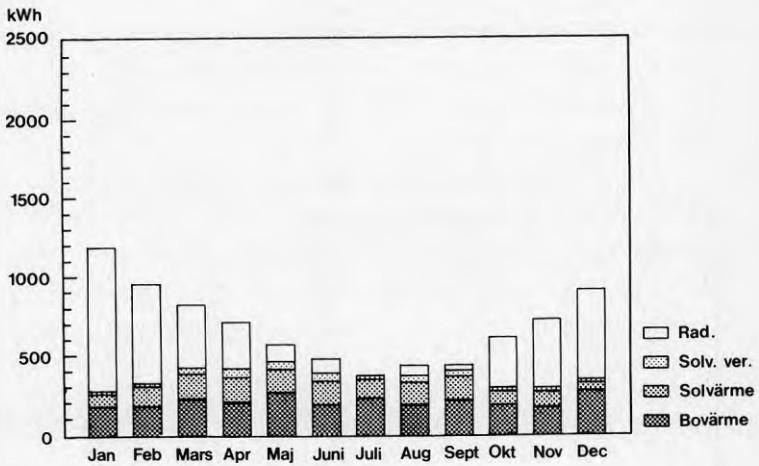


FIG.8.4 Energibalans månadsvis för lägenhet C4 beräknad enligt BKL-metoden för kalenderåret 1982. Solfaktor = 0.55.

I TAB.8.6-8.9 samt i FIG.8.5 sammanställs en fullständig årsenergi-balans för de fyra lägenheterna C1-C4. Av sammanställningen framgår att nyttig solvärme uppgår till maximalt 16% av energibehovet för lägenhet C4. Om i nyttig solvärme även inräknas den reduktion i transmissionsförluster för lägenheten som beror på glasverandan blir det totala solutnyttjandet 20% av lägenhetens energibehov. Transmissionsförlusterna genom fönstren till lägenhet C4 är 42% av energibehovet, dvs drygt dubbelt så stort som totalt nyttig sol.

I lägenhet C2 är solutnyttjandet extremt lågt på grund av systematisk vädring vid dagar med solig väderlek. Nyttig solinstrålning i detta fall är endast den som kan tillskrivas verandans reducering av lägenhetens transmissionsförluster vilka uppgår till ca 3% av lägenhetens totala energibehov.

Vid ett " normalt " utnyttjande av lägenheten, som i lägenhet C1 och C3 uppgår solutnyttjandet till 6-7% av lägenheternas energibehov.

Beroende dels på lägenheternas utformning och läge (t ex gavel-lägenhet) dels på tillgänglig bovärme och solutnyttjande varierar radiatorelen mellan ca 30-50% av det totala energibehovet eller ca 50-75 kWh/m²,år.

Energi för varmvattenproduktion varierar mellan ca 20 och drygt 30% av totalt energibehov eller ca 3000 till 4000 kWh/år för de bebodda lägenheterna. Den totala vattenkonsumtionen varierar mellan 55 och 112 m³/år.

Avloppsförlusterna utgör en väsentlig del av lägenheternas energiförluster och varierar för de bebodda lägenheterna mellan 11 och 23% av totalt energibehov. I lägenhet C3 är avloppsförlusterna ungefär lika stora som lägenhetens transmissionsförluster genom väggar, tak och golv.

TAB.8.6 Fullständig årsenergibalans för lägenhet C1 under kalenderåret 1982.

	kWh/år	%	kWh/m ² ,år
<u>Förluster</u>			
Transmission genom fönster	4416	27	49
Transmission genom väggar, tak och golv	3629	22	33
Transmission till angränsande lgh och trapphus	0	0	0
Ventilation och infiltration	6429	39	58
Avlopp	1735	11	16
Elspill	189	1	2
Totalt	16398	100	149
<u>Tillskott</u>			
Radiatorer	8235	51	74
Hushållsel	1617	10	15
Varmvattenel	3106	19	28
Fläktar	378	2	4
Personvärme	982	6	9
Sol	1192	7	11
Reducerad transmission pga veranda	676	4	6
Transmission från angränsande lägenheter	212	1	2
Totalt	16398	100	149

TAB.8.7 Fullständig årsenergibalans för lägenhet C2 under kalenderåret 1982.

	kWh/år	%	kWh/m ² , år
<u>Förluster</u>			
Transmission genom fönster	5800	30	52
Transmission genom väggar, tak och golv	4021	21	36
Transmission till angränsande lgh och trapphus	2581	1	3
Ventilation och infiltration	5859	30	52
Avlopp	2953	15	26
Elspill	510	3	5
Totalt	19428	100	174
<u>Tillskott</u>			
Radiatorer	8236	42	74
Hushållsel	3358	17	30
Varmvattenel	4188	22	38
Fläktar	1020	5	9
Personvärme	2021	11	18
Sol	0	0	0
Reducerad transmission pga veranda	605	3	5
Transmission från angränsande lägenheter	0	0	0
Totalt	19428	100	174

TAB.8.8 Fullständig årsenergi-balans för lägenhet C3 under kalenderåret 1982.

	kWh/år	%	kWh/m ² ,år
<u>Förluster</u>			
Transmission genom fönster	4236	34	61
Transmission genom väggar, tak och golv	2944	24	42
Transmission till angränsande lgh och trapphus	116	1	2
Ventilation och infiltration	1993	16	29
Avlopp	2933	23	42
Elspill	302	2	4
Totalt	12524	100	180
<u>Tillskott</u>			
Radiatorer	3574	29	51
Hushållsel	2269	18	33
Varmvattenel	4162	33	60
Fläktar	604	5	9
Personvärme	928	7	13
Sol	697	6	10
Reducerad transmission pga veranda	290	2	4
Transmission från angränsande lägenheter	0	0	0
Totalt	12524	100	180

TAB.8.9 Fullständig årsenergibalans för lägenhet C4 under kalenderåret 1982.

	kWh/år	%	kWh/m ² , år
<u>Förluster</u>			
Transmission genom fönster	3861	42	60
Transmission genom väggar, tak och golv	1740	19	27
Transmission till angränsande lgh och trapphus	428	5	7
Ventilation och infiltration	2576	28	40
Avlopp	172	2	3
Elspill	320	4	5
Totalt	9097	100	142
<u>Tillskott</u>			
Radiatorer	3904	43	61
Hushållsel	1017	11	16
Varmvattenel	1711	19	26
Fläktar	640	7	10
Personvärme	0	0	0
Sol	1466	16	23
Reducerad transmission pga veranda	359	4	6
Transmission från angränsande lägenheter	0	0	0
Totalt	9097	100	142

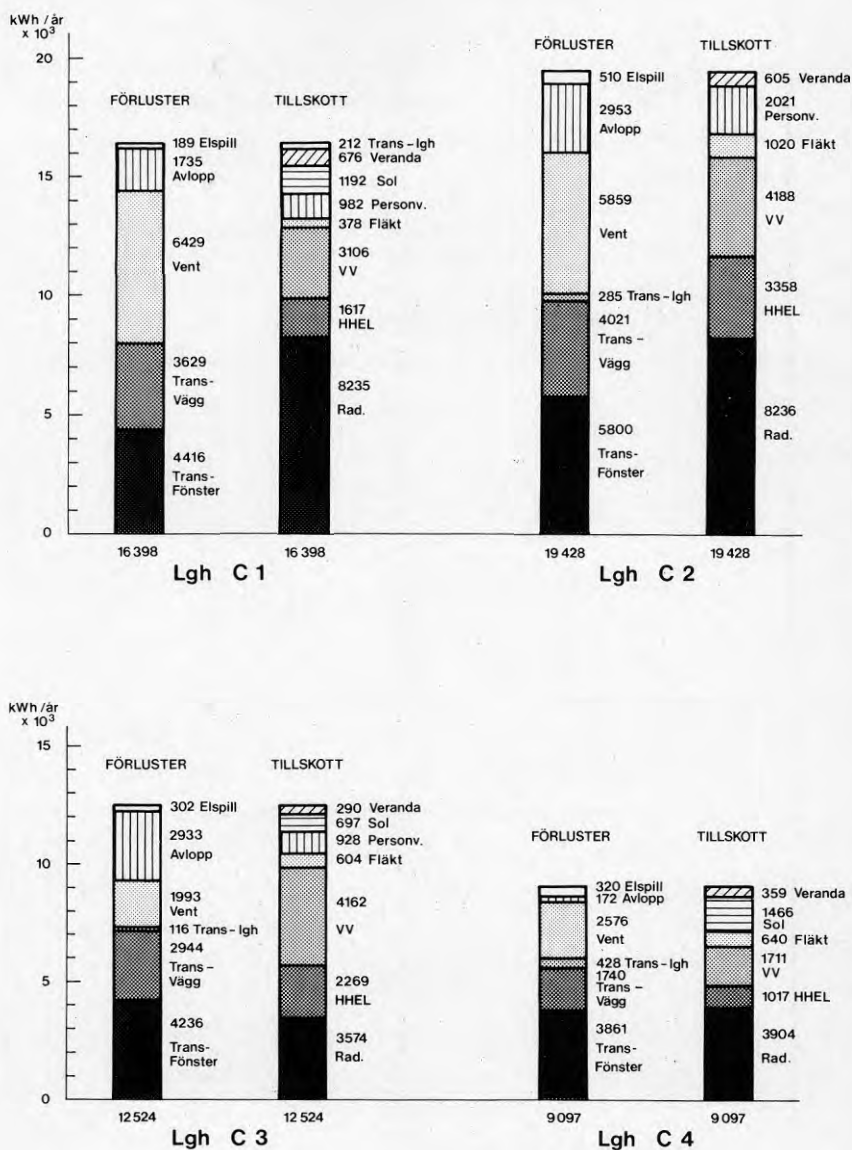


FIG.8.5 Sammanställning av fullständig årsenergi balans för lägenheterna C1-C4.

8.3 Energibalans för medellägenhet och medelhuslänga

Nedan uppställs energibalansen för de fyra lägenhetstyperna och en hel huslänga. På samma sätt som analysen i avsnitt 8.2 utnyttjas indata från mätningarna. I detta fall baseras specifika förluster och solfaktorer på regressionsanalys på samtliga lägenheter för respektive lägenhetstyp. Energiförbrukningen för lägenheterna, två av varje typ, summeras därefter tillsammans med energiförbrukningen i trapphuset till en total energi gällande en medelhuslänga.

Uppskattningen av hushållsel och energi för tappvarmvatten kompliceras av det faktum att registreringen av elkonsumtionen i 28 av de 32 lägenheterna endast omfattar totalen. Den totala energiförbrukningen för respektive lägenhetstyp analyseras enligt regressions sambandet

$$P_{\text{tot}} = k_1 + k_2 \Delta T + k_3 q_{\text{kV}} + k_4 I_{4\text{gl}} + k_5 T_{\text{inne}} \quad (8.3)$$

där

- P_{tot} = veckomedeleffekt för den totala elförbrukningen, W
- $k_1 - k_3$ = regressionskoefficienter
- ΔT = temperaturskillnad ute-inne, K
- q_{kV} = veckomedelflöde totalt kallvatten, l/h
- $I_{4\text{gl}}$ = veckomedeleffekt för solstrålning genom söderorienterat 4-glasfönster med horisontell skärm, W/m^2
- T_{inne} = veckomedeltemperatur i lägenheten, K

Motivet att införa T_{inne} i regressions ekvationen (8.3) har diskuterats närmare i kapitel 6. Den fysikaliska tolkningen av koefficienterna $k_2 - k_4$ i ekv (8.3) som görs här är

- k_2 = lägenhetens specifika förluster, $\text{W}/^\circ\text{C}$
- k_3 = energihöjningen av en liter totalt förbrukat vatten = specifika avloppsförluster, Wh/l
- k_4 = ekvivalent söderorienterad fönsteryta, m^2

Regressionsanalysen begränsas till eldnings säsongen definierad som $T_{\text{ute}} < 10^\circ\text{C}$ samt att lägenheterna skall vara bebodda och ej gränsa till kalla obebodda lägenheter.

Följande beräkningsgång och antaganden görs

1. Transmissionsförlusterna enligt TAB.8.1 antas gälla.
2. Värmeväxlarens energiverkningsgrad antas, med stöd av FIG.7.20 och 7.21, till 0.50.
3. Den fläktstyrda ventilationen beräknas som medelvärde av luftomsättningar enligt TAB.C2 för resp lägenhetstyp.
4. Ur TAB.7.8 erhålls den effekt som erfordras för att ge den enligt punkt 3 beräknade ventilationen.
5. Infiltrationen beräknas så att transmissionsförluster och ventilationsförlusterna tillsammans ger en specifik förlust som överensstämmer med koefficienten k_2 enligt regressions sambandet (8.3).
6. Varmvattenberedarens förluster, dvs bidrag till bovärmens, antas bestämda av sambandet enligt ekv (7.12)
7. Avloppsförlusterna beräknas med hjälp av uppmätta vattenförbrukningar multiplicerat med specifika avloppsförluster (koefficienten k_3 i ekv (8.3)). Som en rimlig medelnivå väljs $k_3=20$ Wh/l.
8. Solfaktorn beräknas enligt ekv (8.2) med den ekvivalenta söderorienterade fönsterytan ($=k_3$) bestämd som koefficienten k_4 i ekv (8.3).
9. Personvärme antas enligt TAB.7.11.
10. Hushållselen kan ej baseras på mätningar utan antas något olika för resp lägenhetstyp baserat på hushållens storlek.
11. Den tillgängliga bovärmens beräknas som summan av: personvärme, beredarförluster, halva fläktenergin (tillluftsfläkten) och hushållselen.

12. Radiatorenergien beräknas som: totalel minus varmvattenenergi enligt punkt 6 och 7 minus fläktenergi och hus-hållsel enligt punkt 4 resp 10.
13. Innetemperaturen beräknas som medelvärdet av uppmätt lägenhetstemperatur för respektive lägenhetstyp.
14. Bovärme, solfaktor, verkningsgrad, infiltration och ventilation antas konstanta över året.
15. Transmission mellan lägenheter och lägenheter och trapphus försummas.
16. Inverkan av glasverandor på lägenhetens transmissionsförluster antas som de som gäller för lägenhet C1-C4 enligt avsnitt 8.2 och TAB.7.14.

I TAB.8.10 sammanställs indata till BKL-metoden samt uppdelningen av uppmätt totalel enligt ovanstående riktlinjer punkt 1-14.

I TAB.8.11 sammanställs den beräknade årsenergibalansen för de fyra lägenhetstyperna. Som framgår av tabellen är skillnaden mellan uppmätt totalförbrukning och den beräknade låg och ligger inom intervallet ca +/-5%. Vid en jämförelse med de detaljmätta lägenheterna enligt sammanställningen i TAB.8.5 framgår vidare att några dramatiska skillnader i total elförbrukning inte föreligger. Det är endast lägenheten C2 som skiljer sig markant från de övriga lägenheterna. De boende i denna lägenhet utnyttjar potentiell solvärme mycket dåligt på grund av förmodad fönstervädning. Energi tillförd via radiatorsystemet är för lägenhet C2 ca 50% större än för genomsnittet av samtliga lägenheter av samma typ.

I TAB.8.12 och FIG.8.6 sammanfattas en fullständig årsenergibalans för medelhuslänga inklusive trapphus under kalenderåret 1982.

TAB.8.10 Indata till BKL-metoden samt uppdelning av uppmätt totalel för de fyra lägenhetstyperna.

		4 rok gavel	Lägenhetstyp		
			4 rok	2.5 rok	2 rok
Transmissionsförluster,	W/K	75.6	67.9	52.2	38.3
Ventilationsförluster,	W/K	38.4	33.1	21.9	21.7
Specifika förluster,	W/K	114.0	101.0	74.1	60.0
Ventilation,	h^{-1}	0.37	0.33	0.57	0.60
Infiltration,	h^{-1}	0.23	0.19	0.09	0.10
Verkningsgrad		0.50	0.50	0.50	0.50
Eleffekt fläktar,	W	70	70	70	70
Solfaktor		0.37	0.37	0.40	0.50
Personvärme,	W	218	254	182	73
Vattenförbrukning,	l/h	13.7	17.6	10.4	5.6
Beredarförluster,	W	141	141	141	141
Avloppsförluster,	W	275	352	208	112
Bovärme,	W	635	830	586	386
Uppdelning av mätt totalel:					
Varmvatten,	kWh/år	3647	4316	3059	2216
Fläktar,	kWh/år	613	613	613	613
Hushållsel,	kWh/år	2000	3500	2000	1200
Radiatorenergi,	kWh/år	6973	6055	4236	3216
Totalel,	kWh/år	13233	14484	9908	7245

TAB.8.11 Årlig energibalans för medellägenhet av respektive typ 4 rok gavel, 4 rok, 2.5 rok samt 2 rok beräknad med BKL-metoden gällande för kalenderåret 1982.

	Lägenhetstyp			
	4 rok gavel	4 rok	2.5 rok	2 rok
Transmissions- o ventilationsförluster	15364	14372	10438	8560
Nyttig bovärme	5559	7197	5093	3378
Nyttig solvärme	1603	1176	966	1254
Nyttig solvärme veranda	581	496	262	330
Radiatorenergi	7621	5503	4117	3598
Hushållsel	2000	3500	2000	1200
Varmvatten	3647	4316	3059	2216
Fläktar	613	613	613	613
Totalel	13881	13932	9789	7627
Totalel uppmätt	13233	14484	9908	7245
% skillnad beräknad-mätt	+4.2	-3.8	-1.2	+5.3

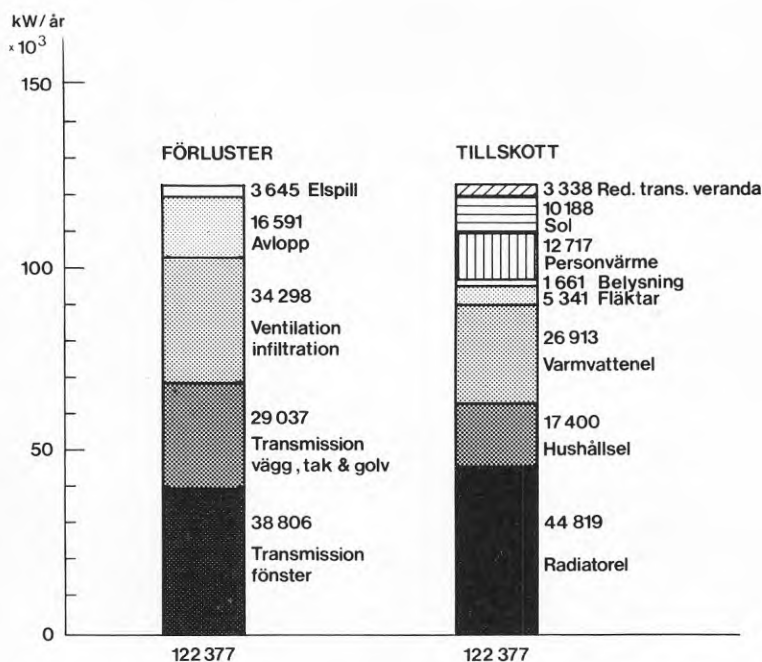


FIG.8.6 Sammanställning av fullständig årsenergibalans för medelhöghet inklusive trapphus under kalenderåret 1982.

TAB.8.12 Fullständig årsenergibalans för medelhuslänga inklusive trapphus under kalenderåret 1982.

	kWh/år	%	kWh/m ² , år
<u>Förluster</u>			
Transmission genom fönster	38806	31	51
Transmission genom väggar, tak och golv	29037	24	38
Ventilation och infiltration	34298	28	45
Avlopp	16591	14	21
Elspill	3645	3	5
Totalt	122377	100	160
<u>Tillskott</u>			
Radiatorel	44819	37	59
Hushållsel	17400	14	23
Varmvattenel	26913	22	35
Fläktar	5341	5	7
Ytterbelysning och trapphusbelysning	1661	1	2
Personvärme	12717	10	17
Sol	10188	8	13
Reducerad transmission pga veranda	3338	3	4
Totalt	122377	100	160

Totalt uppmätt el: 93537

Totalt beräknad el: 91327

9 SOLSTRÅLNING GENOM FÖNSTER

Nedan diskuteras rimligheten i den solinstrålning som erhålls innanför fönster vid simulering av lägenheterna i Taberg med hjälp av bl a BKL-metoden enligt avsnitt 8. I stort sett är det svaren på följande frågor som söks

- 1 Är den förenkling av soldata från timvärden till en fördelning av solstrålningen över en månad, enligt det förfarande som används i BKL-metoden (25), tillfredsställande med avseende på instrålad solenergi för respektive månad?
- 2 Är den solstrålning som transmittteras genom det så kallade "modellfönstret", och som används i regressionsanalysen av lägenheternas energianvändning enligt avsnitt 8.1, proportionell mot den transmitterade solstrålning som erhålls vid en fullständig beskrivning av glasmått, orientering, skärmar mm?
- 3 Finns det någon skillnad mellan beräknad och mätt solstrålning?
- 4 Beror eventuella skillnaden mellan mätresultat och beräkningar på brister i mätutrustningen?

9.1 Jämförelse av transmitterad solstrålning enligt BKL-metoden och transmitterad solstrålning baserad på timvärden

Den transmitterade solstrålningen genom en kvadratmeter söderorienterat 4-glasfönster med bredden 0.71 m och höjden 1.40 m samt ett oändligt långt överhäng 0.4 m från glasets överkant har beräknats dels med BKL-metoden och dels med soldata för varje timme under året.

I BKL-metoden baseras transmitterad solstrålning på varaktighetsdiagram för diffus och riktad strålning för respektive månad. Solstrålningens fördelning är beräknad ur dygnssummor av diffus och riktad strålning.

Förhållandet mellan solstrålningen mot horisontell yta och motsvarande strålning genom glaskombinationer med tillhörande avskärmning beräknas den 15:e i varje månad och antas konstanta under hela månaden.

De approximationer som är införda i BKL-metoden jämfört med strålningsberäkningar för varje timme är alltså dels solstrålningens fördelning under månaden och dels att avskärmning mm beräknas konstant under månaden.

Baserat på timvärden för solstrålning enligt SOLTIMSYN-modellen enligt avsnitt 3.4 har förenklade klimatdata beräknats till BKL-metoden för kalenderåret 1982.

I FIG.9.1 redovisas transmitterad solstrålning för det ovan beskrivna 4-glasfönstret. Redovisningen omfattar dels månadsmedelvärden enligt BKL-metoden uttryckt i W/m^2 dels veckomedelvärden enligt simulering med aktuella soldata per timme.

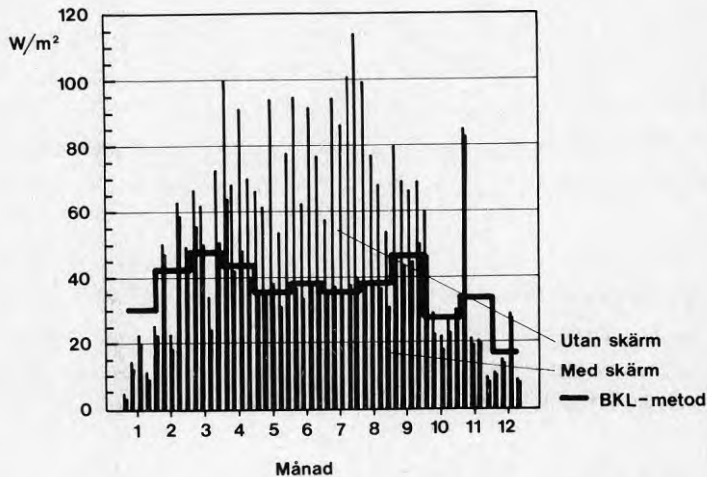


FIG.9.1 Transmitterad solstrålning genom modellfönstret 0.71×1.40 m. I figuren jämförs solstrålningen dels beräknad timvis och redovisad som veckomedelvärden för fallet med och utan en 1.4 m bred oändligt lång horisontalavskärmning 0.4 m från glasets ovkant, dels transmitterad solstrålning månadsvis enligt BKL-metoden med motsvarande horisontalavskärmning.

Medelvärde på transmitterad solstrålning för ett helt år är enligt BKL-metoden 35.5 W/m^2 och för simuleringen per timme 33.9 W/m^2 . Av FIG.9.1 framgår att månadsmedelvärden enligt BKL-metoden i stort sett ansluter väl till värdena enligt timberäkningarna. Dock överskattar BKL-metoden transmitterad sol speciellt i januari och februari. Den totala överskattningen under ett helt år är dock endast 4.7%.

I FIG.9.1 är även veckomedelvärden för transmitterad solstrålning som erhålls utan horisontalavskärmning redovisad.

9.2 Jämförelse mellan modellfönster och till lägenheter totalt transmitterad solstrålning enligt BKL-metoden

Den till en lägenhet transmitterade solstrålningen som erhålls vid utnyttjande av modellfönstret vilket utnyttjas i regressionsberäkningarna är en approximation av den solinstrålning som erhålls vid en mer nyanserad beskrivning av fönstren. Approximationen hänför sig till aktuella glasstorlekar och proportioner på de individuella fönstren, fönstrens orientering samt avstånd till överhäng och sidoskärmar. I det följande beskrivs konsekvensen av en förenkling av samtliga fönster i respektive lägenhet till modellfönster. Jämförelsen begränsas till transmitterad solinstrålning för de fyra lägenhetstyperna under kalenderåret 1982.

Sammanställningen i TAB.9.1 redovisar transmitterad solstrålning månadsvis dels för modellfönstret beräknat enligt BKL-metoden dels transmitterad solstrålning per m^2 fönsteryta för de fyra lägenhetstyperna då dessa beskrivs fullständigt med samtliga fönster, överhäng, sidoskärmar mm enligt BKL-metoden.

Som framgår av TAB.9.1 ger modellfönstret enligt BKL-metoden en överskattning på årsbasis med $3.6\text{-}6.4 \text{ W/m}^2$. Vidare illustrerar tabellen modellfönstrets tendens till överskattning av solinstrålningen i början och slutet av året. Under perioden maj-augusti fås en god överensstämmelse mellan modellfönster och den fullständiga beskrivningen av fönstren utom för lgh 2 rok där solinstrålningen underskattas något. Detta beror på att i denna lägenhet är andelen öster-väster-fönster betydligt större än för

de andra lägenheterna.

TAB.9.1 Transmitterad solstrålning genom modellfönster samt solstrålning per m^2 fönsteryta för de fyra lägenhetstyperna vid en fullständig beskrivning av samtliga fönster, överhäng, sidoskärmar mm.

Månad	Modell- fönster enligt BKL-metoden W/m^2	Lgh 4 rok gavel W/m^2	Lgh 4 rok W/m^2	Lgh 2.5 rok W/m^2	Lgh 2 rok W/m^2
Jan	29.6	22.2	21.8	18.2	23.9
Febr	41.7	31.5	30.2	25.8	33.7
Mars	47.0	38.6	35.9	33.8	40.0
April	43.0	39.0	35.9	39.3	39.2
Maj	34.9	35.8	32.3	37.1	34.9
Juni	37.5	39.0	34.8	41.1	37.9
Juli	34.9	38.5	34.3	43.5	36.8
Aug	37.6	36.5	33.2	39.4	36.0
Sept	45.8	38.4	35.7	36.2	39.5
Okt	26.9	20.9	19.6	17.4	22.1
Nov	33.3	24.4	23.9	20.0	26.4
Dec	16.1	12.1	12.1	10.0	13.1
Året	35.5	31.4	29.1	30.2	31.9

I FIG.9.2 jämförs transmitterad solstrålning genom fönster för de fyra lägenhetstyperna beräknad enligt BKL-metoden med den transmitterade solstrålning som erhålls för modellfönstret då detta beräknas för varje timme under året enligt avsnitt 9.1. Av figuren framgår att månadsmedelvärdena i början och slutet av året för de fyra lägenhetstyperna i detta fall bättre ansluter till beräknade värden för modellfönstret.

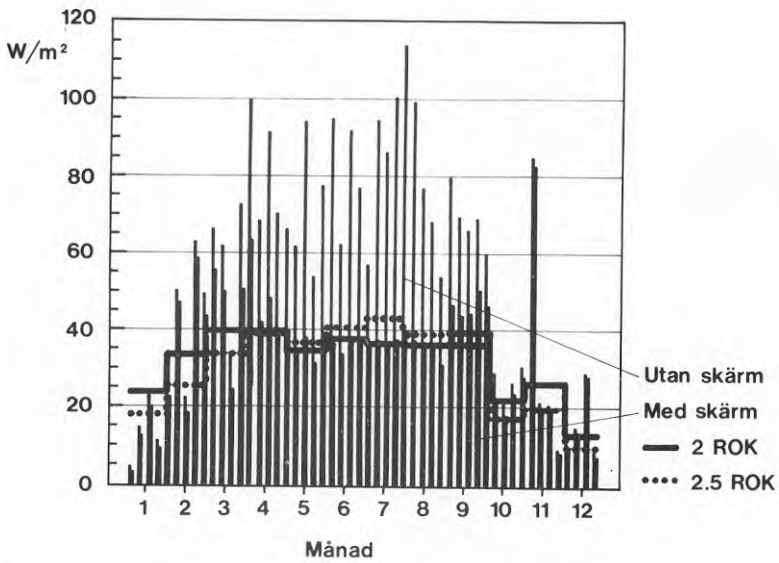
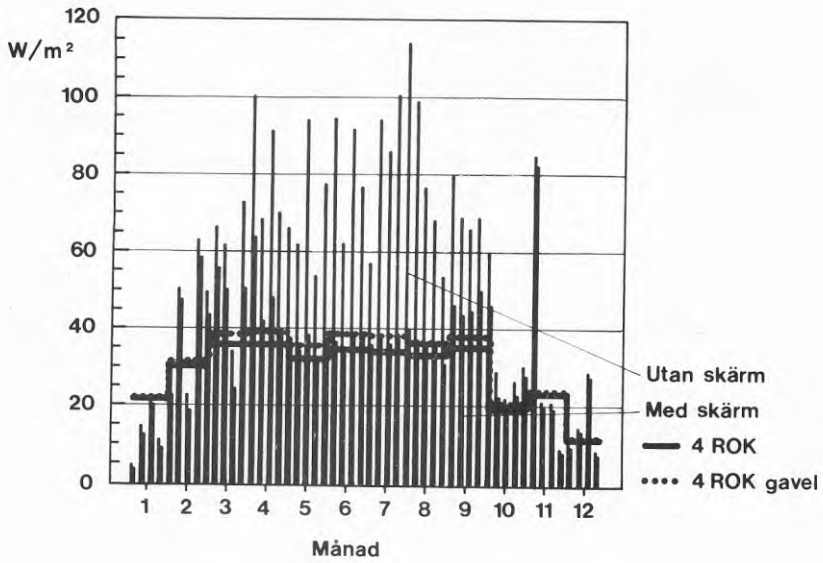


FIG.9.2 Transmitterad solstrålning genom modellfönster 0.71x1.40 m. I figuren jämförs solstrålningen dels beräknad timvis och redovisad som veckomedelvärden för fallet 1.4 m bred oändlig lång horisontalavskärmning 0.4 m från glasets ovkant, dels transmitterad strålning månadsvis för resp lägenhet vid en fullständig beskrivning enligt BKLmetoden.

9.3 Förhållandet mellan uppmätt solstrålning och beräknad solstrålning utanför och innanför fönster

Under första halvåret 1983 kompletterades fältmätningarna i Taberg med 4 st solarimetrar utanför och innanför vardagsrumsfönstren i lägenhet C4 och C6. Under denna period var glasen till verandan tillhörande lägenhet C4 nedmonterade. Genom att jämföra registrerad solinstrålning i de båda lägenheterna kan effekten av verandaglasat med avseende på transmitterad solstrålning fastställas.

Av FIG.9.3 framgår solarimetrarnas placering.

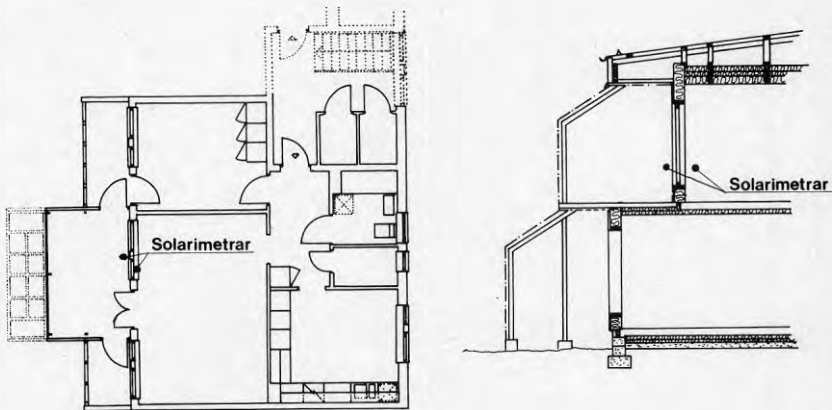


FIG.9.3 Placering av solarimetrar för mätning av transmitterad solstrålning genom fönster i lägenhet C4 och C6.

Den analyserade perioden omfattar 83.01.01-83.05.13, dvs 133 dagar eller 3192 observationstillfällen. Med hänsyn till nätter då solstrålningen är noll och vissa misslyckade mätningar reduceras materialet till 1058 observationer (en gång/timme). För att utjämna effekten av att en enstaka solarimeter vid ett enskilt observationstillfälle kan vara skuggad och övriga strålningsexponerade summeras de kvarvarande observationerna till dygnssummor för respektive solarimeter. Därefter har kvoten mellan uppmätt strålning innanför och utanför fönstret beräknats för de två lägenheterna.

Baserat på i Taberg uppmätt global och diffus solstrålning har den mot fönstret och genom fönstret transmitterade solstrålningen beräknats för de observationstillfällen som mätningarna enligt ovan omfattar. I dessa beräkningar har ett fönster med dimensionen 100x100 mm med placering enligt solarimetrarnas läge enligt FIG.9.3 använts. Det innebär att fönstret erhåller samma inverkan med avseende på skuggor från skärmar som solarimetrarna. I beräkningarna har dessutom inverkan av den långvågiga strålningen, som inte registreras av solarimetrarna, beräkningsmässigt stängts av. Vidare har den direkta solstrålningen stängts av då solhöjden är lägre än 10 grader över horisonten på grund av horisontalavskärmning från ett skogsparti utefter väg 661, se FIG.9.4.



FIG.9.4 Sektion genom bostadsområdet i Taberg.

I TAB.9.2 sammanställs resultaten från beräkningarna och mätningarna av transmission genom vardagsrumsfönstren till lägenhet C4 och C6 och förhållandet mellan uppmätt och beräknad solstrålning.

TAB.9.2 Teoretisk och mätt transmission av kortvågig solstrålning samt förhållandet mellan mätt och beräknad solstrålning i vardagsrumsfönstren i lägenhet C4 och C6. Mätningarna har skett i vardagsrumsfönster innanför veranda. I lägenhet har under aktuell period glaset till verandan för lägenhet C4 nedmonterats.

Förhållandet mellan solstrålning,	Kvot
Beräknat inne/ute	0.50
Lägenhet C4 mätt inne / mätt ute	0.46
Lägenhet C6 mätt inne / mätt ute	0.50
Lägenhet C4 mätt inne / beräknad inne	0.62
Lägenhet C6 mätt inne / beräknad inne	0.44
Lägenhet C4 mätt inne / beräknad ute	0.31
Lägenhet C6 mätt inne / beräknad ute	0.22
Lägenhet C4 mätt ute / beräknad ute	0.67
Lägenhet C6 mätt ute / beräknad ute	0.44

Av TAB.9.2 framgår att det är god överensstämmelse mellan teoretisk och mätt transmission genom fönstren, ca 50%. Av kvoten mätt ute/beräknad ute framgår att beräkningarna ger en kraftig överskattning i mot fönstren infallande strålning.

Skillnaden mellan kvoterna för lägenhet C4 och C6 förklaras av inverkan av verandaglasat. Solstrålningen utanför vardagsrumsfönstret är enligt TAB.9.2 23% lägre i förhållande till den beräknade för lägenhet C6 jämfört med lägenhet C4. För den genom vardagsrumsfönstren transmitterade solstrålningen ger motsvarande

jämförelse att solstrålningen är 18% lägre i förhållande till den beräknade i lägenheten med glasad veranda.

Refererande till de uppmätta solstrålningarna utanför och innanför vardagsrumsfönster fås reduceringen på grund av verandaglasat i förhållande till lägenhet med den oglasade verandan till 34% utanför fönstret och 29% innanför fönstret.

Mot bakgrund av förhållandet mellan uppmätt solstrålning ute och motsvarande beräknad solstrålning, 0.67 för lgh C4 och 0.44 för lgh C6, är det naturligt att utreda om detta är rimligt. Skillnaderna kan vara reella eller bero på felaktigheter i teoretisk modell alternativt felaktig mätutrustning. I avsnitt 9.4 sammanfattas en enkel kalibrering av använda solarimetrar varur framgår att uppmätta soldata är av tillfredsställande noggrannhet. Av sammanställningen framgår vidare att de teoretiska beräkningarna ger samstämmiga resultat.

Den reducerade solstrålningen enligt TAB.9.2 beror alltså på avskärmningseffekter som den teoretiska modellen inte tar hänsyn till. Här är det framför allt skugga från verandakonstruktionen och enstaka tallar framför söderfasaden som reducerar solinstrålningen.

I FIG.9.5-9.7 sammanställs sambandet mellan solhöjd och solazimut vid olika tidpunkter på året. I diagrammen har, med hjälp av teodelitmätningar, skuggande objekt som nära liggande hus, skogsparter och enskilda träd lagts in. Dessutom har FIG.9.5a kompletterats med verandakonstruktionen "sedd" från solarimetrarnas position. Av figuren framgår tydligt att en väsentlig del av solarimetrarnas rymdvinkel är skyddad av verandakonstruktioner, enstaka träd mm. Det kan därför konstateras att de enligt TAB.9.2 sammanställda kvoterna mellan uppmätt och beräknad solinstrålning är rimliga.

SOLHÖJD h

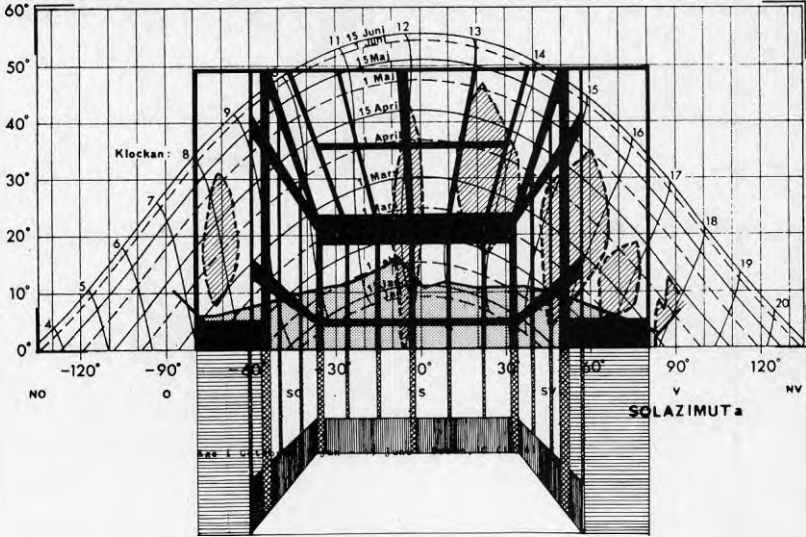


FIG.9.5a Sambandet mellan solhöjd och solazimut vid olika tidpunkter första halvåret med markering av avskärmning från skogsparti, enstaka träd och verandakonstruktion "sedd" från solarimetrarnas position i lägenhet C4.

SOLHÖJD h

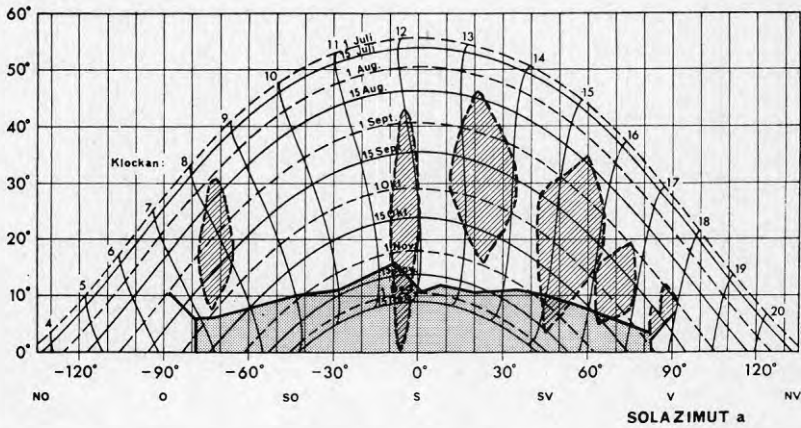


FIG.9.5b Sambandet mellan solhöjd och solazimut vid olika tidpunkter andra halvåret med markering av avskärmning från skogsparti och enstaka träd med observationspunkten förlagd mitt i verandan till lägenhet C4.

SOLHÖJD h

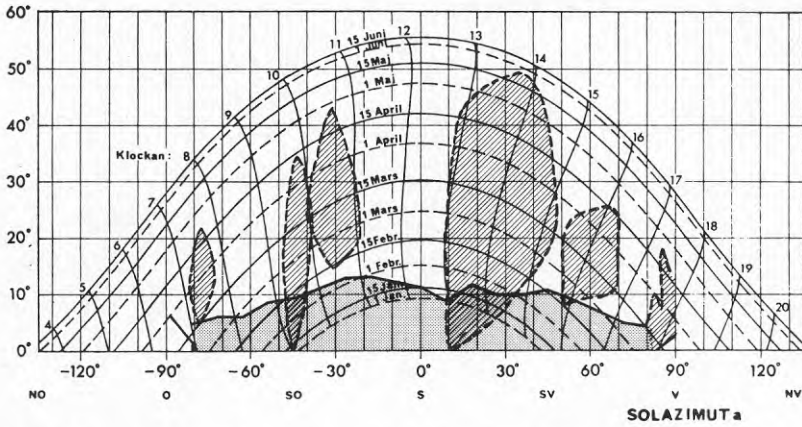


FIG.9.6a Sambandet mellan solhöjd och solazimut vid olika tidpunkter första halvåret med markering av avskärmning från skogsparti och enstaka träd med observationspunkten förlagd mitt i veranda till lägenhet C6.

SOLHÖJD h

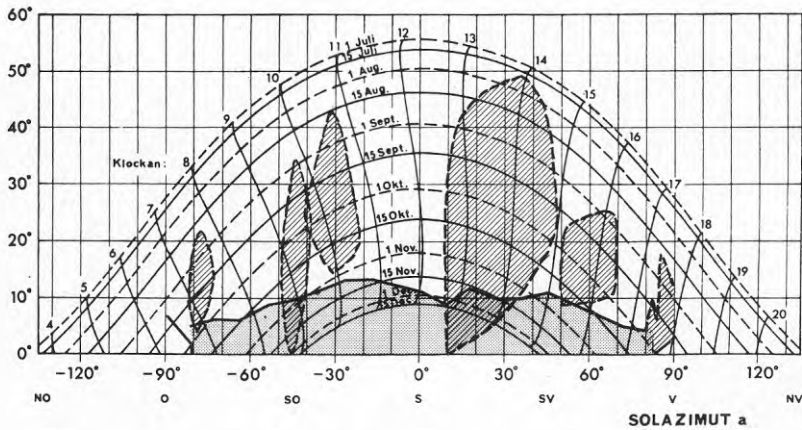


FIG.9.6b Sambandet mellan solhöjd och solazimut vid olika tidpunkter andra halvåret med markering av avskärmning från skogsparti och enstaka träd med observationspunkten förlagd mitt i veranda till lägenhet C6.

SOLHÖJD h

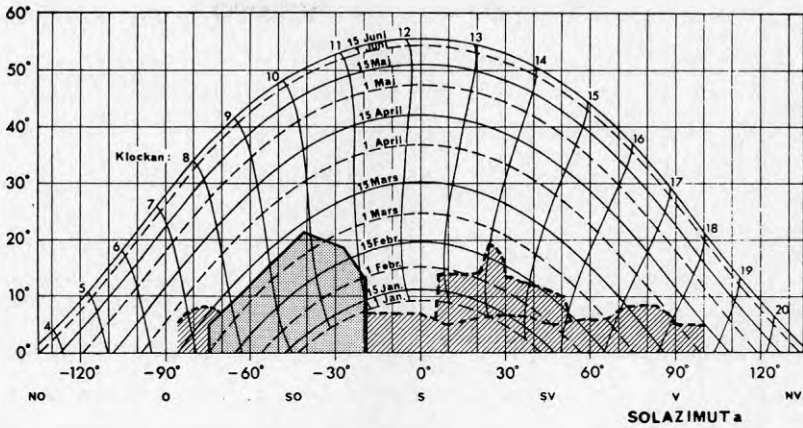


FIG.9.7a Sambandet mellan solhöjd och solazimut vid olika tidpunkter första halvåret med markering av avskärmning från skogsparti och enstaka träd med observationspunkten förlagd mitt i veranda till lägenhet A1.

SOLHÖJD h

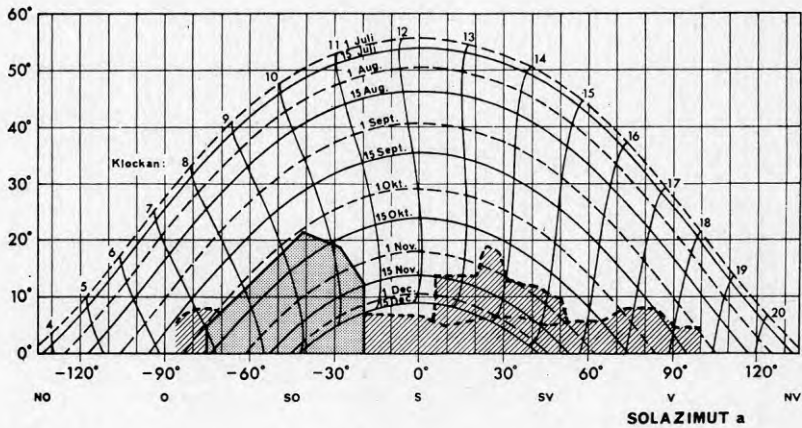


FIG.9.7b Sambandet mellan solhöjd och solazimut vid olika tidpunkter andra halvåret med markering av avskärmning från skogsparti och enstaka träd med observationspunkten förlagd mitt i veranda till lägenhet A1.

Om det antas att förhållandet enligt TAB.9.2 mellan mätt inne/beräknad inne = 0.62 för lägenhet C4 gäller för fönstren utanför verandan och motsvarande kvot = 0.44 för lägenhet C6 gäller för fönster innanför verandan kan resulterande kvot för en hel lägenhet beräknas. För lägenhet C4 gäller att 41% av lägenhetens fönsteryta ligger innanför verandan, dvs den resulterande kvoten k_{sol} för lägenheten fås enligt

$$k_{sol} = 0.41 \cdot 0.44 + 0.59 \cdot 0.62 = 0.54 \quad (9.1)$$

Denna kvot som är baserad på solmätningar med solarimeter kan jämföras med den solfaktor $s=0.55$ som bestämts med hjälp av regressionsanalysen för lägenhet C4 och redovisas i TAB.8.4. Storleken på solfaktorn i lägenhet C4 skall ses som den maximalt möjliga solfaktorn vid medvetet solutnyttjande hos hyresgästen. I detta fall är lägenheten tom varför ingen avsiktlig avskärmning eller vädring förekommer under soliga dagar. I de bebodda lägenheterna är solutnyttjandet lägre som framgår av TAB.8.9. De redovisade solmätningarna visar samstämmiga resultat med den tidigare genomförda regressionsanalysen.

I FIG.9.8 sammanfattas inverkan på solstrålningen av veranda, träd, verandaglas och fönsterglas i förhållande till den solstrålning som erhålls vid en horisontalavskärmning upp till solhöjden 10 grader.

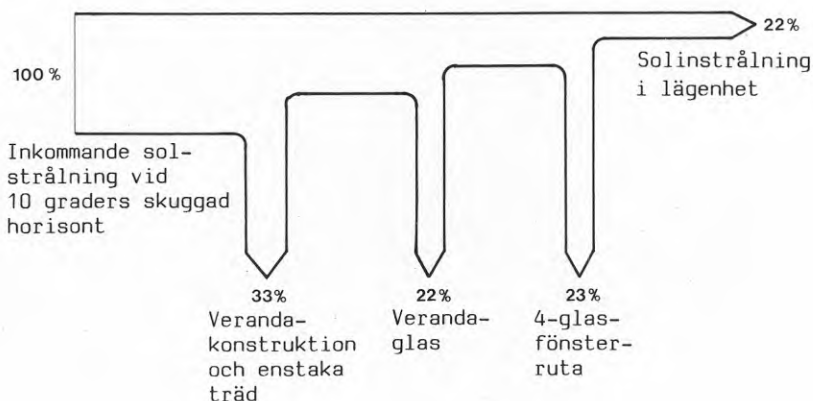


FIG.9.8 Fördelning av inkommande solstrålning med avseende på avskärmning och reflektion i olika delar.

9.4 Kontroll av solarimeter och beräkningsmodell

Under tre dagar i november månad 1986 genomfördes en laboratoriemätning vid LTH för att testa de i Taberg använda solarimetrarna och beräkningsmodellen för transmitterad solstrålning genom fönster.

Solarimetrarna från fältundersökningen (fabrikat Kipp & Zonen, typ CM5) monterades dels utanför och innanför ett tvåglasfönster tillsammans med helt nya solarimetrar av fabrikat Kipp & Zonen, typ CM11 dels horisontellt utomhus för mätning av globalstrålning. Solarimetrarna av typ CM11 är av en nyare typ och speciellt anses dessa påverkas i mindre utsträckning av montering i vertikalt läge jämfört med den äldre typen CM5. Fönstret har orienteringen 170° relativt norr, dvs nästan helt söderorienterat. Undersökningen omfattar totalt 87 timmar varav 32 timmar med solstrålning. Solhöjden under mätperioden har varierat mellan $0-16.5^{\circ}$ och globalstrålningen mellan $0-315 \text{ W/m}^2$. Mätningarna har genomförts en gång per timme och synkroniserats med de 6-minutersmedelvärden som registreras av SMHI's klimatstation lokaliserad vid LTH.

Den i anslutning till fönstermätningen lokaliserade globalstrålningsmätaren av typ CM5 registrerade en solstrålning som i genomsnitt för mätperioden uppgick till 96% av den vid SMHI-stationen registrerade. Globalstrålningsmätningen vid SMHI-stationen är baserad på mätning med solarimeter av fabrikat Kipp & Zonen, typ CM11. En korrelationsanalys mellan globalstrålningen från CM5 och SMHI-data ger en korrelationskoefficient $R^2=0.96$. Skillnaderna mellan de två mätningarna beror dels på skillnader i mätutrustning dels på att experimenten med tvåglasfönstret har ett sådant läge att förutsättningen om en fullständig fri horisont ej gäller.

Från jämförelsen av de två typerna av solarimetrar utanför och innanför tvåglasfönstret erhöles följande förhållanden

$$\text{För solstrålning utanför fönster} \quad \frac{I_{\text{CM5}}}{I_{\text{CM11}}} = 0.92$$

$$\text{För solstrålning innanför fönster} \quad \frac{I_{CM5}}{I_{CM11}} = 0.91$$

där

I_{CM5} = solstrålning uppmätt med solarimeter typ CM5

I_{CM11} = solstrålning uppmätt med solarimeter typ CM11

En korrelationsanalys mellan de två solarimetermätningarna ger korrelationskoefficienterna $R^2=99.7$ respektive $R^2=99.9$ utanför respektive innanför fönstret. Solarimetrarna av typ CM5 underskattar således den mot fönstret transmitterade och infallande solstrålningen med 8-9% jämfört med solarimetrarna av typ CM11.

Baserad på global och diffus solstrålning enligt SMHI's mätstation har den enligt beräkningsmodellen mot tvåglasfönster infallande och transmitterade solstrålningen beräknats för varje mättilfälle. Förhållandet mellan mätt och beräknad solstrålning erhöles enligt nedanstående sammanställning

$$\text{För solstrålning utanför fönster} \quad \frac{I_{CM5}}{I_{Ber}} = 0.96$$

$$\frac{I_{CM11}}{I_{Ber}} = 1.04$$

$$\text{För solstrålning innanför fönster} \quad \frac{I_{CM5}}{I_{Ber}} = 0.85$$

$$\frac{I_{CM11}}{I_{Ber}} = 0.93$$

Där I_{Ber} = solstrålning enligt beräkningsmodell

En korrelationsanalys av sambandet mellan mätt och beräknad solstrålning ger för de fyra solarimetrarna korrelationskoefficienter $R^2 > 97$.

Av sammanställningen framgår att beräkningsmodellen ger rimliga värden på mot fönstret infallande och transmitterad solstrålning. Modellen har i de genomförda försöken underskattat solstrålningen utanför fönstret något och överskattat den transmitterade solstrålningen vid en jämförelse med mätningarna enligt solarimetrarna av typ CM11.

Mot bakgrund av att modellen överskattar den transmitterade solstrålningen, ca 7%, bör de i kapitel 8 beräknade solfaktorerna bli något högre om modellen korrigeras för överskattningen. En sådan korrigering är dock liten, under 10%, och ligger avsevärt under de tidigare beräknade konfidensintervallen för solfaktorn.

10 ENERGIBALANS BESTÄMD ENLIGT BERÄKNINGSPROGRAMMET DEROB

I detta avsnitt ges först en kort sammanställning över de ändringar som införts i simuleringsprogrammet DEROB (30), (31) samt en översiktlig beskrivning av programmets principiella uppbyggnad. En DEROB-modell för det i avsnitt 8 och 9 definierade modellfönstret testas därefter med avseende på transmitterad solstrålning.

För de fyra lägenhetstyperna 4 rok gavel, 4 rok, 2.5 rok och 2 rok samt trapphuset redovisas de modeller och enligt DEROB erforderliga indata som valts för de genomförda simuleringarna. Simuleringarna kan indelas i tre etapper. Den första etappen innebär att den uppbyggda modellen valideras för några utvalda mätperioder för lägenhet C1 och C4. Därefter genomförs energiberäkningar månadsvis för "medellägenhets"-typerna för hela kalenderåret 1982. Slutligen kan uppställda modeller användas för generaliseringar av mätresultat.

10.1 Beräkningsprogrammets uppbyggnad

DEROB eller Dynamic Energy Response of Buildings är ett standard Fortranprogram som innehåller generaliserade algoritmer för att möjliggöra beräkning av temperaturer och energier i godtyckligt utformade byggnader. Programmet är ursprungligen utvecklat av F.N. Arumi vid School of Architecture of the University of Texas, Austin, USA (30), (31). Utvecklingsarbetet startade 1971.

Programsystemet består av 7 moduler som var och en exekveras som ett självständigt program. Informationen mellan de olika modulerna utbyts med hjälp av ett antal filer där utdata från en modul utgör indata i nästa modul. Vid ändring av vissa typer av indata behöver inte hela beräkningsarbetet startas från början utan kan begränsas till omstart av en eller ett begränsat antal beräkningsmoduler.

De olika beräkningsmodulerna är följande

- 1 DIG Denna del är ett digitaliseringsprogram som översätter användarens geometriska information för hela byggnaden till en representation i ett rätvinkligt koordinatsystem.
- 2 GF I denna modul beräknas erforderliga synfaktorer för strålningsutbytet mellan väggar tillhörande respektive volym i hela byggnaden.
- 3 LUM De så kallade illuminationsfaktorerna beräknas för samtliga i byggnaden ingående väggytor. Illuminationsfaktorn I_{ij} kan tolkas som all den strålning som härrör från yta j och som träffar yta i och absorberas där efter oändligt antal upprepade reflektioner och med hänsyn till den strålning som transmitteras.
- 4 WAL Programdelen genererar erforderligt beräkningsnät genom i byggnaden ingående byggnadsdelar som väggar, tak, golv, fönster etc under förutsättning om endimensionell värmetransport.
- 5 SOL Beräknar för varje tidpunkt på dygnet (1 gång/timme) under simuleringsperioden den andel solstrålning som träffar varje i byggnaden ingående yta.
- 6 TL I denna modul uppställs och löses energibalanserna för hela den definierade byggnaden och som utdata erhålls byggnadens termiska respons för varje timme.
- 7 ALKAZAM Ger en grafisk presentation i tre dimensioner av den i modulen DIG digitaliserade geometrin för att möjliggöra en snabb indatakontroll.

Den grundläggande jämviktsekvationen är

$$C \frac{dT}{dt} = Q \quad (10.1)$$

där

- C = värmekapacitet
- T = temperatur
- t = tid
- Q = energitillskott

Energitillskotten kan delas in enligt följande uppställning

- Q_1 = värmeledning
- Q_2 = konvektion
- Q_3 = strålning
- Q_4 = advektion, dvs luftutbyte från och till volymer
- Q_5 = intern värmeproduktion som personvärme mm
- Q_6 = tillsatsvärme eller kyla

Simuleringen av byggnaden består i att dels beräkna de ovanstående energitillskotten dels att lösa ekvation (10.1) samtidigt för alla noder i det termiska beräkningsnätet.

För varje av de N noderna i beräkningsnätet kan ekvation (1) formuleras för att lösa nodtemperaturen enligt

$$T_i = a_i S_i + \sum_{j=1}^N b_{ij} T_j \quad 1 \leq i \leq N \quad (10.2)$$

där

- S_i = representerar en ekvivalent extern temperaturkälla som är oberoende av de andra noderna och beror av t ex solstrålning, personvärme mm
- a_i = anger hur den externa temperaturen är kopplad till noden i
- b_{ij} = anger kopplingen mellan nod i och j
- T_j = temperaturen i nod j

Ekv (10.2) ger för samtliga noder en uppsättning av N ekvationer för de N obekanta temperaturerna T_i .

I allmänhet är a_i och b_{ij} funktioner av okända temperaturer eftersom de beräknas ur sambanden för energitillskotten Q_1 - Q_6 ovan. Ekvationssystemet som följer av sambandet (2) löses därför

genom iteration. Under varje tidssteg antas koefficienterna a_i och b_{ij} konstanta. Icke linjära effekter hanteras genom att uppdatera koefficienterna mellan varje iterationssteg.

10.2 Energibalans för en väggyta

I en energibalans för väggyta ingår följande fyra transportmekanismer

- extern solstrålning
- långvågigt strålningsutbyte mellan ytor i samma volym
- konvektiv energitransport mellan väggyta och luft
- värmeledning i väggen

Följande energibalans kan ställas upp för yta i

$$E_i + \sum_j \epsilon_{R,i} \epsilon_{R,j} \sigma_{Ri,j} A_j (T_j^4 - T_i^4) + h_i A_i (T_v - T_i) + (k_i A_i) / \Delta x (T_p - T_i) = 0 \quad (10.3)$$

där

- E_i = total solstrålning från externa strålkällor som absorberas av yta i
- $\epsilon_{R,i}$ = absorption för yta i m a p långvågig strålning
- $\epsilon_{R,j}$ = absorption för yta j m a p långvågig strålning
- σ = Stefan-Boltzmanns konstant
- $J_{Ri,j}$ = illuminationsfaktorn för långvågig strålning från yta j till i . Se även förklaring under beräkningsmodul LUM
- A_j = area yta j
- T_j = yttemperatur yta j
- T_i = yttemperatur yta i
- h_i = värmeövergångskoefficient vid yta i
- A_i = area yta i
- T_v = lufttemperatur i volymen
- k_i = konduktivitet för väggmaterialet närmast yta i
- Δx = avståndet mellan ytnod i och den i väggmaterialet närmaste noden
- T_p = nodtemperatur i den till ytan i närmast liggande noden i väggmaterialet

Den externa solstrålningen E_i som absorberas av yta i består i det allmänna fallet av direkt strålning reducerad med hänsyn till effektiv instrålningssarea för ett visst klockslag, diffus strålning från himmel och mark, direkt strålning som reflekterats från andra i volymen ingående ytor samt diffus kortvågig och långvågig strålning som transmitteras genom en till aktuell volym hörande vägg.

Den direkta solstrålningen per ytenhet som träffar yta i beräknas enligt

$$I_{DIR} = \frac{R_{Ai,k} I_{DN}}{A_i} \quad (10.4)$$

där

$R_{Ai,k}$ = effektiv instrålningssarea för yta i vid
tidpunkten k

I_{DN} = direkt solstrålning i riktning mot solen

I den effektiva instrålningssarean ingår hänsynstagande till strålningens infallsvinkel, skuggning från skärmar mm samt transmission genom fönsterglas.

Den diffusa kortvågiga strålningskomponenten beräknas i princip enligt ekv (3.32) med undantag för uppdelningen i bakgrundsstrålning och diffus strålning i riktning mot solen. Följande samband erhålls

$$I_{DIF,i} = G_{SKY,i} I_{dH} + A_G G_{GRND,i} I_H \quad (10.5)$$

där

$G_{SKY,i}$ = synfaktor himmel för yta i

I_{dH} = diffus solstrålning på horisontalplanet

A_G = markens albedo

$G_{GRND,i}$ = synfaktor mark för yta i

I_H = globalstrålning

Den totala externa solstrålningen som träffar yta i tecknas med ekv (10.4) och ekv (10.5) enligt

$$I_i = (I_{DIR,i} + I_{DIF,i}) A_i \quad (10.6)$$

Direkt solstrålning som träffar yta j och reflekteras behandlas som en diffus strålningskälla placerad vid yta j.

$$I_{REFL,j} = (1 - \epsilon_{I,j} - \tau_{I,j}) I_{DIR,j} \quad (10.7)$$

där

$$\begin{aligned} I_{REFL,j} &= \text{reflekterad direkt solstrålning för yta j} \\ \epsilon_{I,j} &= \text{absorption för yta i m a p kortvågig strålning} \\ \tau_{I,j} &= \text{transmission av kortvågig strålning för yta j} \end{aligned}$$

Den diffusa kortvågiga och långvågiga strålningen som transmitteras genom en vägg betraktas som ett tillskott till den diffusa strålningskällan på väggens motsatta sida. För den kortvågiga strålningen fås för yta j

$$I_{TRANS,j} = \tau_j I_{DIF,j} \quad (10.8)$$

Och för den långvågiga

$$R_{TRANS,j} = \tau_{R,j} R_j \quad (10.9)$$

Den långvågiga strålningen som träffar yta j beräknas i analogi med ekv (3.47) och (10.5)

$$R_j = G_{SKY,j} R_{SKY} + G_{GRND,j} (R_{GRND} + (1 - \epsilon_g) R_{SKY}) \quad (10.10)$$

där

$$\begin{aligned} R_{SKY} &= \text{långvågig strålning från atmosfären} \\ R_{GRND} &= \text{värmestrålning från marken} \\ \epsilon_g &= \text{markens emissionstal} \end{aligned}$$

Den reflekterade strålningen $I_{REFL,i}$ och den transmitterade diffusa strålningen $I_{TRANS,i}$ fördelas inom volymen på samtliga omslutande väggytor i proportion till den beräknade illuminationsfaktorn för kortvågig strålning. Om den strålning som härrör från yta j betecknas $S_{I,j}$ så kan den totala strålningen $B_{I,i}$ mot yta i tecknas

$$B_{I,i} = \sum_j I_{Ii,j} A_j S_{I,j} \quad (10.11)$$

där

$$\begin{aligned} I_{Ii,j} &= \text{illuminationsfaktorn för kortvågig strålning} \\ A_j &= \text{area för yta } j \end{aligned}$$

På motsvarande sätt kan fördelningen av den långvågiga strålningen inom volymen tecknas

$$B_{R,i} = \sum_j I_{Ri,j} A_j S_{R,j} \quad (10.12)$$

där

$$\begin{aligned} B_{R,i} &= \text{total långvågig strålning som härrör från} \\ &\quad \text{samtliga i volymen ingående ytor och som träffar yta } i \\ I_{Ri,j} &= \text{illuminationsfaktor för långvågig strålning} \\ S_{R,j} &= \text{långvågig strålningskälla vid yta } j \end{aligned}$$

Med ekv (10.6)-(10.12) kan den totala externa strålningen E_i som absorberas i yta i tecknas

$$\begin{aligned} E_i &= \epsilon_{I,i} I_{I,i} + \epsilon_{I,i} \sum_j I_{Ii,j} A_j (I_{REFL,j} + I_{TRANS,j}) + \\ &\quad \epsilon_{R,i} \sum_j I_{Ri,j} A_j R_{TRANS,j} \end{aligned} \quad (10.13)$$

10.3 Energibalansen för en volym

Temperaturen inom en volym antas jämnt fördelad och rumsluften representeras därmed med en beräkningsnod per volym. I energibalansen för en volym ingår följande mekanismer

- intern värmeproduktion
- tillsatsvärme eller kyla
- lufttransport mellan ute och inne
- konvektion mellan rumsluft och omslutande väggytor
- luftutbyte mellan volymer

Följande energibalans kan ställas upp för volymen a

$$C_a \frac{dT_a}{dt} = Q_a + QM_a + X_{ao}(T_o - T_a) + \sum_i V_{ai}(T_i - T_a) + \sum_b X_{ba}(T_b - T_a) \quad (10.14)$$

där

C_a = värmekapacitet för luften i volym a

T_a = lufttemperatur i volym a

t = tid

Q_a = intern värmeproduktion i volym a

QM_a = tillsatsvärme i volym a

X_{ao} = specifik effekt pga luftomsättning mellan volym a och ute

T_o = utetemperatur

V_{ai} = specifik konvektion mellan rumsluften i volym a och yta i

T_i = temperatur yta i

X_{ab} = specifik effekt pga luftomsättning mellan volym a och b

Värmekapaciteten för luften i volymen beräknas enligt

$$C_a = \rho c_p V_a \quad (10.15)$$

där

ρ = luftens densitet

c_p = luftens specifika värme

V_a = volym för rum a

Specifik effekt pga luftomsättning erhålls ur

$$X = \rho c_p nV \quad (10.16)$$

där

n = luftomsättning mellan ute och inne eller mellan volymer

Den specifika konvektionen beräknas som

$$V_{ai} = A_i / m_i \quad (10.17)$$

där

A_i = area yta i

m_i = övergångsmotstånd mellan rumsluften och yta i

Genom att införa följande beteckningar

$$\varnothing = X_{ao} + \sum V_{ai} + \sum X_{ab} \quad (10.18)$$

och

$$V_a = \frac{\varnothing_a}{C_a} \quad (10.19)$$

samt

$$\tilde{\tau}_a = \frac{Q_a + QM_a + X_{ao} + \sum V_{ai} T_i + \sum X_{ab} T_b}{C_a} \quad (10.20)$$

kan ekv (10.14) formuleras som

$$\frac{dT_a}{dt} = V_a T_a - V_a \tilde{\tau}_a \quad (10.21)$$

Om det förutsättes att V_a och $\tilde{\tau}_a$ är konstanta under tidssteget Δt betecknar ekv (10.21) en inhomogen differentialekvation med konstanta koefficienter. Differentialekvationen har partikulärlösningen

$$T_{a(p)} = \tilde{\tau}_a \quad (10.22)$$

och den homogena lösningen

$$T_{(h)} = C_1 e^{-V_a t}$$

Konstanten C_1 löses genom att beakta bivillkoret att för tiden $t=0$ skall T och $\tilde{\tau}$ anta värden som gäller för tidsstegets början, dvs

$$C_1 = (T_a^0 - \tilde{\tau}_a^0) \quad (10.23)$$

där exponenten θ betecknar aktuella värden för föregående tidssteg.

Den fullständiga lösningen för det nya tidssteget med längden Δt kan nu skrivas som

$$T_a = (T_a^0 - \tau_a^0) e^{-\nu_a \Delta t} + \bar{\tau}_a \quad (10.24)$$

där

$\bar{\tau}_a$ = ett viktat medelvärde för τ_a under tidssteget Δt

$\bar{\tau}_a$ beräknas med hjälp av $\tau_{a,0}$ för föregående tidssteg och τ_a för aktuellt tidssteg enligt

$$\bar{\tau}_a = \frac{1-X}{\nu_a \Delta t} \tau_a^0 + \left(1 - \frac{1-X}{\nu_a \Delta t}\right) \tau_a \quad (10.25)$$

där

$$X = e^{-\nu_a \Delta t} \quad (10.26)$$

Termen $(1-X)/\nu_a \Delta t$ antar värden mellan noll och ett. Termen går mot noll, för stora tidssteg, hög luftomsättning samt stort konvektivt utbyte med omslutningsytorna till volymen. Av ekv (10.25) framgår att $\bar{\tau}_a$ för lågt energiutbyte och små tidssteg antar värden som ligger nära $\tau_{a,0}$. För högre specifika energiutbyten eller långa tidssteg antar $\bar{\tau}_a$ värden som ligger nära de som gäller för slutet av tidssteget.

10.4 Värme- eller kylbehov enl specificerat termostatbörvärde

De termer som hänför sig till det föregående tidssteget enligt sambanden (10.24) och (10.25) sammanförs till en term och betecknas Z_0 . Viktfaktorn för τ_a i ekv (10.25) betecknas

$$f = 1 - \frac{1-X}{\nu_a \Delta t} \quad (10.27)$$

Genom att separera termen för tillsatsvärmens (eller kyla) som ingår i uttrycket för τ_a enligt ekv (10.20) kan följande sam-

band ställas upp

$$T_a = Z_o + f \zeta_a + f \frac{QM_a}{\varnothing_a} \quad (10.28)$$

Beräkningarna enligt ekv (10.28) genomförs i två steg. I första steget beräknas temperaturen för det nya tidssteget med $QM_a = 0$. I nästa steg beräknas erforderlig tillsatsvärme QM_a för att ge den specificerade rumstemperaturen $T_{a,m}$ enligt

$$QM_a = \frac{\varnothing_a}{f} (T_{a,m} - T) \quad (10.29)$$

Om kapaciteten för värmesystemet QE_a inte är tillräcklig för att uppnå $T_{a,m}$ beräknas rumstemperaturen enligt ekv (10.28) med QM_a utbytt mot QE_a .

10.5 Kompletteringar och ändringar i DEROB-programmet

Jämfört med den ursprungliga varianten av DEROB, vid institutionen för Byggnadskonstruktionslära kallad DRBBKL1-0., har en rad uppdateringar skett pga vissa konstaterade direkta felaktigheter och för att underlätta programmets tillämpning. De flesta av dessa uppdateringar finns dokumenterade i (32). Den nya varianten av DEROB vid institutionen kallas för DRBBKL1-FK.

10.5.1 Fönsterdata

Programmet har kompletterats med möjlighet att läsa in reflektion, transmission och absorption av solstrålning för enskilda fönsterskikt samt fönstrets totala värmegenomgångskoefficient. Indata för reflektion, transmission och absorption avser vinkelräta infall. Då egenskaper för glasskikten ej specificeras används $T=0.85$, $R=0.08$ och $\zeta=0.07$. Värmeövergångskoefficienten förutsätts beräknad med yttre + inre övergångsmotstånd = $0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$. Då värmeövergångskoefficienten ej anges har motståndet för varje luftspalt ändrats till $0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$. Glasens motstånd försummas. Det tidigare motståndet för en luftspalt var i stor-

leksordningen endast hälften av ovan angivna.

10.5.2 Egna materialdata

I DRBBKL1-0. finns ett materialbibliotek med fysikaliska data för 48 st material samt möjlighet att komplettera detta med ett eget material. Programmet har kompletterats så att konduktivitet, värmekapacitivitet och densitet kan anges för 52 st godtyckliga material.

10.5.3 Inläsning av klimatdata

Prorrammet har kompletterats med möjligheter att använda olika primärdata för solstrålning enligt följande

Fall	Indata
1	inga
2	I_{DH}
3	I_N
4	I_{dH} och I_{DH}
5	I_N och I_{dH}
6	I_{GL}
7	I_{GL} och I_{DH}
8	I_{GL} och I_N
9	I_{GL} och I_{dH}

där

I_{DH} = Riktad solstrålning mot horisontell yta

I_N = Riktad solstrålning i solens normalriktning

I_{dH} = Diffus himmelsstrålning mot horisontell yta

I_{GL} = Globalstrålning

10.5.4 Konvektiva α -värden och markmotstånd

De yttre konvektiva α -värdena för ytor mot uteluft har satts konstanta till $15 \text{ W/m}^2\text{K}$, dvs vind och temperaturberoendet har slopats. För ytterytor mot mark sker inläsning av ett markmotstånd. Detta används för alla ytterytor mot mark.

Inre konvektiva α -värden antas följa sambandet enligt Brown (33).

För lutande ytor görs, i avsaknad av bättre information, en rätlinjig interpolation mellan värden för vertikal och horisontell yta. Eftersom lutande ytor vid normala bostäder huvudsakligen förekommer i vindsutrymmen bedöms detta förfarande tills vidare vara acceptabelt.

De i DRBBKL1.-0. förekommande α -värdena gav för ytterytor ca 10-30 W/m²K beroende på vindhastigheten och för en vertikal inneryta drygt 10 W/m²K vid temperaturskillnaden 7 °C mellan rumsluften och väggytan. Motsvarande samband för en vertikal innerväggsyta enligt (33) ger $\alpha=3.6$ W/m²K, vilket bedöms som rimligare.

10.5.5 Beräkning av strålningsutbyte mellan väggytor

Uppdelningen av väggytorna i delytor för beräkning av synfaktorer inom varje volym har utökats från 3x3 till 5x5 för varje vägg. Uppdelningen i fler delytor påverkar även noggrannheten i bestämning av den direkta solinstrålningen i volymerna.

Direkt solstrålning mot en vägg beräknas nämligen genom att summera bidraget i direkt solinstrålning från samtliga delytor som inte är skuggade i delytans mittpunkt.

Rutinen för beräkning av väggarnas synfaktor har ändrats så att samtliga delytor utnyttjas. I den ursprungliga varianten DRBBKL1.-0. var synfaktorberäkningen förenklad till att endast omfatta den delyta som ligger mitt i 3x3 eller 5x5 nätet. Förutom att detta ger sämre noggrannhet medför detta helt felaktiga resultat då t ex fönster ingår i väggarna. Då ett fönster ingår måste nämligen en annan, näraliggande delyta, väljas vid beräkning av väggens synfaktor. Ett i en vägg centriskt placerat fönster medför att en osymmetriskt placerad delyta måste väljas som bas för beräkningen och ger därmed även en felaktig synfaktor för väggen.

10.5.6 Beräkning av diffus solinstrålning

Rutinen för beräkning av den diffusa solinstrålningen har modifierats och antas följa sambandet enligt ekv (10.5). Ändringen är marginell men på grund av felaktigt införda vinklar i de tidigare sambandet underskattades den diffusa strålningen kraftigt.

10.6 Simulering av modellfönstret enligt DEROB

I kapitel 8 utnyttjades solinstrålningsdata som beräknats för ett representativt så kallat "modellfönster" i söderfasaden till lägenheterna i Taberg. I kapitel 9 diskuterades rimligheten i den solstrålning som erhålls innanför fönster enligt BKL-metoden. Nedan studeras samma modellfönster som ovan med hjälp av DEROB. Den transmitterade solstrålningen som erhålls med DEROB jämförs med BKL-metoden och transmitterad solstrålning baserat på timvärden enligt avsnitt 9.1.

Modellen för DEROB-beräkningarna består av ett rum med dimensionen $B \times L \times H$ med ett fyrglasfönster i söderfasaden med dimensionen 0.71×1.00 m och med 1.4 m bred oändligt lång horisontalavskärmning 0.4 m från glasets ovankant.

I FIG.10.1a jämförs beräknad infallande solstrålning mot modellfönstret enligt DEROB och beräkningarna enligt avsnitt 9.1. Redovisningen omfattar kalenderåret 1982 och redovisas månadsvis uttryckt i W/m^2 .

Som framgår av sammanställningen i FIG.10.1a är den enligt DEROB beräknade infallande solstrålningen genomgående större än den BKL-metodbaserade beräkningen för timvärden på klimatdata. Överskattningen enligt DEROB är för hela kalenderåret ca 25%. Förklaringen till detta är att, trots DEROB:s komplexitet, hanterar inte programmet den diffusa solstrålningens avskärmning. I programmet beräknas den diffusa instrålningen endast med hänsyn till himlens och markens synfaktor enligt ekv (10.5). Skärmväggar och överhäng påverkar endast den direkta solstrålningen. Denna begränsning är givetvis allvarlig och avses modifieras i en senare version av DEROB.

Konsekvenser av den överskattade infallande solstrålningen är givetvis att även den transmitterade solstrålningen blir för hög. I FIG.10.1b sammanställs motsvarande beräknade transmitterade solstrålning enligt DEROB och beräkningar enligt avsnitt 9.1 för kalenderåret 1982. Något överraskande underskattar DEROB den transmitterade solstrålningen i början och i slutet av året. Under månaderna mars - september överskattas som väntat den transmitterade solstrålningen. För hela kalenderåret är överskattningen enligt DEROB knappt 10%. Avvikelserna i början och slutet av året förklaras av att i DEROB begränsas beräkningarna av aktuella solvinklar för varje timme under hela månaden för de som gäller för den 20:e i samma månad. Förenklingen är införd för att spara beräkningstid och datorminne. Den större kapaciteten i dagens datorer motiverar inte denna förenkling av solberäkningen varför en senare version av DEROB från institutionen kommer att innefatta uppdatering av solvinklarna för varje dygn.

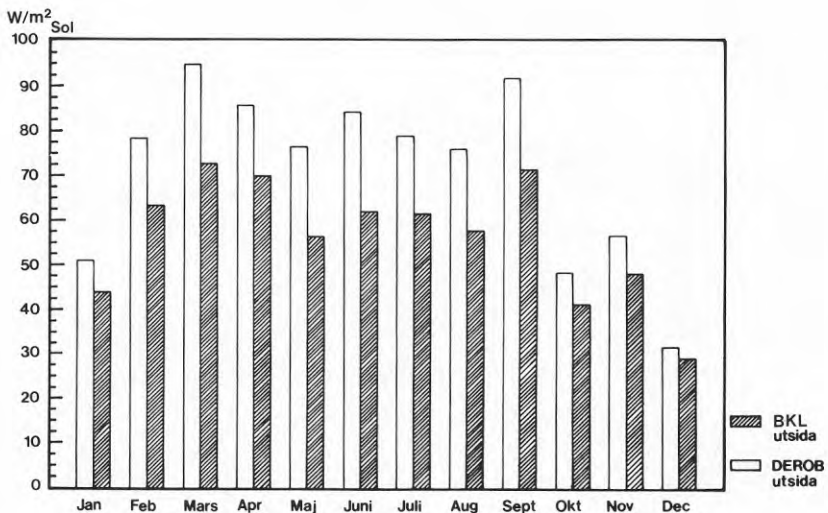


FIG.10.1a Mot modellfönstret infallande solstrålning enligt BKL-metoden baserad på timdata för solstrålning och DEROB. Modellfönstret har dimensionerna 0.71x1.40 m med 1.4 m bred oändligt långt överhäng 0.4 m från fönstrens ovankant.

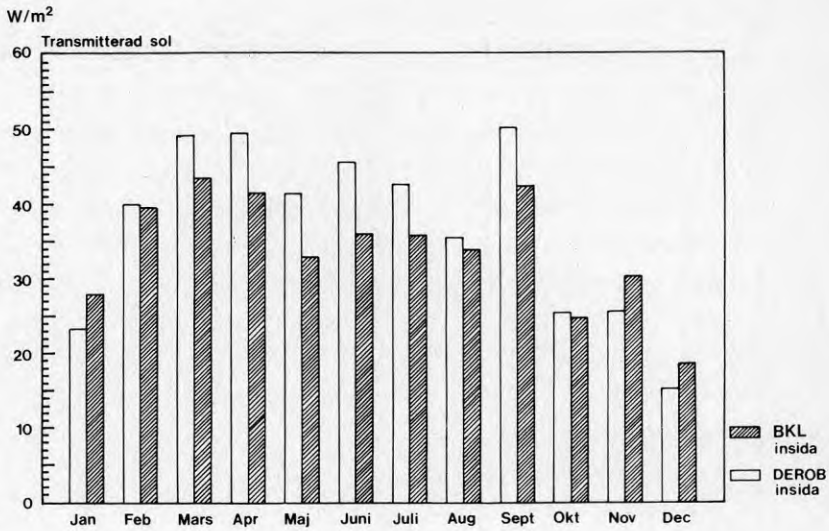


FIG.10.1b Transmitterad solstrålning genom modellfönstret 0.71x1.40 m med 1.4 m bred oändligt långt överhäng 0.4 m från fönstrets ovankant enligt BKL-metoden och DEROB.

Den transmitterade solstrålningen enligt DEROB och BKL-metoden baserad på timvärden jämförs i FIG.10.2 i april 1982.

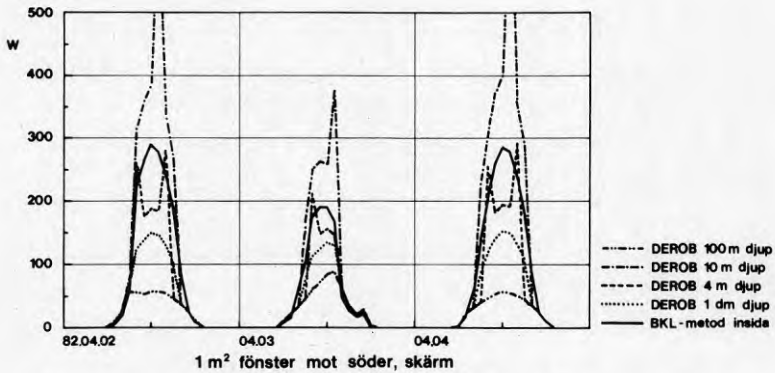


FIG.10.2 Transmitterad solstrålning genom modellfönstret enligt DEROB och BKL-metoden baserad på timvärden under några dagar.

DEROB-beräkningarna för modellfönstret har genomförts med ett bakomliggande rum där rummets djup har varierats. Följande rumsdjup har testats: 0.1 m, 4 m, 10 m och 100 m. Av FIG.10.2 framgår att den transmitterade solstrålningen beräknad enligt DEROB varierar då rumsdjupet ändras. Generellt gäller att det minsta rumsdjupet med beräkningsförfarandet i DEROB bör ge den bästa upplösningen i delytor i rummet och därmed den lösning som ligger närmast den verkliga solinstrålningen. Men även extremt små rumsdjup ger en underskattning av solinstrålningen.

För den simulerade 14-dagarsperioden gäller följande sammanställning

		Utsida Wh/m ²	% av BKL- metod	Inside Wh/m ²	% av BKL- metod
DEROB, rumsdjup	0.1 m	25312	98	12562	81
	4.0 m	25312	98	15228	98
	10.0 m	25312	98	25810	166
	100.0 m	25312	98	8444	54
BKL-metod, timdata		25912	100	15505	100

Av sammanställningen framgår att felet i den transmitterade solstrålningen vid normala rumsstorlekar i bostäder, dvs rumsdjupet 4 m, är litet, -2%, men redan vid rumsdjupet 10 m överskattas transmissionen kraftigt, +66%. Uppskattningen av felet i solinstrålningen för en aktuell tillämpning är svår att göra eftersom felet varierar med rummets geometri, fördelningen av solstrålningen under månaden, fördelningen mellan diffus och direkt solstrålning samt tid på året.

En illustration till hur tidpunkten under månaden påverkar beräkningsresultatet fås genom att jämföra beräkningen för lägenhetsdjupet 4 m, men för hela april månad. På utsidan av fönstret överskattas då solstrålningen med 22%. Överskattningen i den transmitterade strålningen blir ca 20% jämfört med beräkningarna enligt BKL-metoden baserad på timdata.

I beräkningarna ovan har absorptionen för kortvågig solstrålning satts till 1.0 för innerväggarna i DEROB-simuleringarna. Absorptionen för innerväggarna påverkar den solstrålning som reflekteras ut genom fönstret igen. Även rumsvolymens storlek påverkar den andel som reflekteras ut genom fönstret. För små volymer är denna andel större än för stora volymer med stor utsträckning vinkelrätt mot fönsterväggen. I BKL-metoden tas ej hänsyn till nämnda effekter. Nackdelen med det sätt som DEROB hanterar den direkta solinstrålningen är att för stora volymer och vissa infallsvinklar blir de för varje vägg införda delytorna beräkningstekniskt aldrig eller i ringa utsträckning träffade av den direkta strålningen. Detta leder till att den totalt transmitterade strålningen underskattas i dessa fall. Motsatsen kan även inträffa, som i exemplet ovan för rumsdjupet 4 m, dvs att delytans mittpunkt precis träffas och delytan därmed beräknas som helt belyst, vilket leder till en överskattning av transmitterad strålning. Beräkningsförfarandet för den direkta solinstrålningen i DEROB bör förbättras i detta avseende så att energibalansen för transmitterad solstrålning blir tillfredsställande.

10.7 Lägenhetsmodeller för DEROB-simuleringar

För varje lägenhetstyp och trapphuset har en modell enligt DEROB specificerats. Valfriheten för hur detaljerad den geometriska modellen kan göras begränsas starkt av programmets nuvarande utformning med avseende på fältstorlekar och beräkningstid. De begränsningar som påverkar lägenhetsmodellen i första hand är antal volymer och antal väggar som kan ingå i varje volym. För närvarande kan maximalt 7 volymer med upp till 12 väggar per volym ingå i en DEROB-modell. Beroende på vilka material som ingår i väggarna och deras tjocklek åtgår mer eller mindre antal beräkningsnoder. Även i totala antalet beräkningsnoder finns det begränsningar så att det kan bli nödvändigt att reducera väggantalet per volym eller antal volymer för att möjliggöra simulering.

10.7.1 Lägenhetsmodell för 4 rok gavel

Lägenhetens geometri och volymsuppdelning framgår av FIG.10.3.

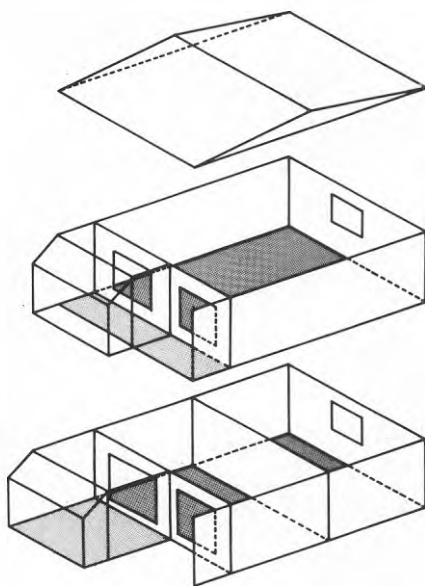


FIG.10.3 Lägenhetsmodell för 4 rok gavel. Figuren är baserad på utdata från programdelen ALKAZAM.

Lägenheten uppdelas i den undre våningen i en söder- och en norr-volym samt den nedre delen av verandan. Den övre våningen uppdelas i en volym för lägenhet resp övre del av verandan. Vindsutrymmet begränsas uppåt och mot öster och väster av ej termiskt aktiva, men skuggande väggar. Mot öster kompletteras den geometriska informationen av en skärmvägg på första och andra våningen vinkelrätt ut mot söderfasaden. Verandans samtliga ytterväggar består av enkelglas förutom västerväggen som innehåller betong. På andra våningen finns utefter hela söderfasaden en balkong som är lika bred som skärmväggarna mot öster, dvs 1.4 m. Verandagolvet på bottenvåningen består av 70 mm betong.

Fönstren till lägenheten har mot söder approximerats till två stycken 4-glasfönster på vardera våningen. Mot norr sammanförs

fönstren till ett 3-glasfönster på vardera våningen. Fönstren placeras i fasaden så att skuggningen från överhäng i form av balkong och utskjutande yttertak blir lika som för de verkliga fönstren.

De i väggarna ingående materialen följer den redovisning som ges i Bilaga A, tabell A1. Mot angränsande lägenhet har halva lägenhetsskiljande väggen tagits med plus 500 mm material med värmekonduktivitet 0.001 W/mK.

Den tjocka isoleringen skall efterlikna att ingen värmetransport förekommer mellan lägenheterna. Eventuella temperaturskillnader mellan lägenheter klaras på samma sätt som för beräkningarna med BKL-metoden, dvs genom att justera bovärmet.

Infiltrationen i samtliga lägenhetsvolymerna anges som luftomsättningar. Antal luftomsättningar pga infiltration antas lika stora för de tre lägenhetsvolymerna. Luftomsättning pga den mekaniska ventilationen reduceras med avseende på värmeväxlarens verkningsgrad och anges som ett volymflöde för de volymer där tillluftsdonen är placerade. Detta innebär följande flödesfördelning, om verkningsgraden för värmeväxlaren är η och den totala fläktstyrda ventilationen är nV där n är luftomsättning och V hela lägenhetens volym, för de tre lägenhetsvolymerna

Volym 1 (norrvolym 1:a vån)	0	m^3/h
Volym 2 (södervolym 1: vån)	$0.5(1-\eta)nV$	m^3/h
Volym 3 (ovanvåning)	$0.5(1-\eta)nV$	m^3/h

Frånluftsdonen och tillluftsdonen på ovanvåningen antas balansera luftflödet inom volym 3. För bottenvåningen uppkommer pga frånluftsdonens placering i volym 1 ett luftflöde från volym 2 till volym 1

Volym 2 till Volym 1	$0.5 nV$	m^3/h
----------------------	----------	---------

Förutom de fläktstyrda luftflödena mellan volymer förekommer luftflöden som uppkommer på grund av temperaturskillnader mellan volymer. Indata som påverkar dessa temperaturstyrda flöden ges i form av geometri för dörrar eller andra öppningar. I lägenheten

finns ett dörrhål mellan volymerna på första våningen och en öppning mellan volym 1 och 3 för trappan.

I verandan antas att inläckande uteluft sker via verandans volym på bottenvåningen. Mellan volymerna finns en öppning genom vilken ett temperaturstyrt flöde kan ske. DEROB kräver att volymer skall avgränsas med väggar. Avgränsningen mellan övre och undre delen av verandan har lösts genom att specificera den hypotetiska väggen som ett enkelglas med 100% transmission.

I Bilaga H sammanfattas indatabeskrivningen till DEROB för den aktuella lägenheten. De tester av indata som har genomförts är dels plottningen av geometri enligt programdelen ALKAZAM dels test vid en konstant ute- eller innetemperatur (0 °C, 20 °C) och utan solinstrålning hela dygnet. Från den sistnämnda testen kan t ex transmissionsförluster och totala specifika förluster beräknas vid konstanta förhållanden och jämföras med de enligt BKL-metoden. För lägenheten gäller följande sammanställning i TAB.10.1.

TAB.10.1 Jämförelse av specifika förluster för lägenhetsmodell 4 rok gavel enligt BKL-metoden och DEROB.

	Specifika förluster W/°C	
	Enligt BKL-metoden	Enligt DEROB
Transmission	75.6	77.3
Ventilation	42.4	41.4
Totala specifika förluster	118.0	118.7

Skillnaderna beror bl a på att de ventilerade volymerna är något olika. Volymen till BKL-metoden inkluderar, till skillnad från DEROB, vissa innerväggar. Avvikelsen i transmissionsförluster förklaras av att det inre övergångsmotståndet i DEROB beror på temperaturskillnaden mellan vägg och rumsluft. Ytterligare komplikationer är att fönsterkarmar och fönsterbågar beräkningstekniskt måste tillföras ytterväggarna, dvs med försämrade värmege-nomgångskoefficienter för dessa.

10.7.2 Lägenhetsmodell för 4 rok

I FIG.10.4 anges lägenhetens geometri och volymsuppdelning.

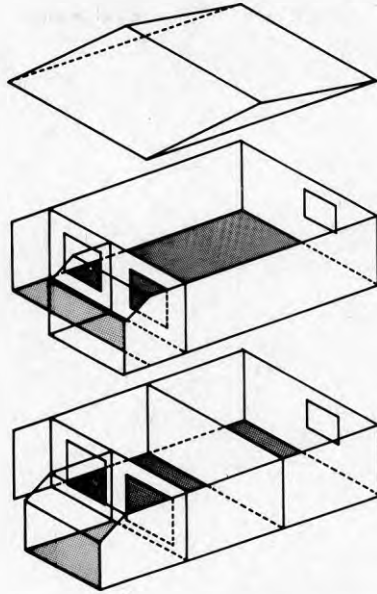


FIG.10.4 Lägenhetsmodell för 4 rok. Figuren är baserad på utdata från programdelen ALKAZAM.

Indelningen i volymer för lägenheten, verandan, approximeringen för fönster samt antaganden om ventilation och temperaturstyrda luftutbyten mellan volymer följer de som gäller för lägenheten 4 rok gavel enligt avsnitt 10.7.1. Lägenheten skiljer sig i princip endast med avseende på spegelvändningen och att österväggen nu inte vetter mot uteluft utan mot en lägenhet.

De specifika förlusterna jämfört med de tidigare enligt BKL-metoden beräknade framgår nedan i TAB.10.2.

TAB.10.2 Jämförelse av specifika förluster för lägenhetsmodell
4 rok enligt BKL-metoden och DEROB.

	Specifika förluster W/°C	
	Enligt BKL- metoden	Enligt DEROB
Transmission	67.9	67.5
Ventilation	40.1	38.7
Totala specifika förluster	108.0	106.2

Avvikelserna enligt TAB.10.2 förklaras i avsnitt 10.7.1.
Indata till simuleringarna sammanfattas i Bilaga H.

10.7.3 Lägenhetsmodell för 2 1/2 rok

Lägenhetens geometri och volymsuppdelning framgår av FIG.10.5.

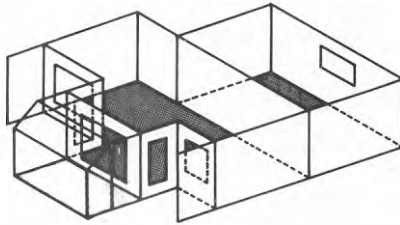


FIG.10.5 Lägenhetsmodell för 2 1/2 rok. Figuren är baserad på
utdata från programdelen ALKAZAM.

Lägenheten uppdelas i totalt tre volymer plus en verandavolym. Lägenhetsvolymerna består av en norrvolym, en stor södervolym samt en volym för lägenhetens burspråk mot verandan. Denna extra uppdelning av södervolymer är nödvändig för att klara begränsningen i DEROB avseende 12 ingående väggar per volym. Väggens egenskaper antas som för glas. Geometrin kompletteras utefter söderfasaden med två skärmväggar vilkelrätt ut mot fasaden längst ut mot öster och väster samt ett överhäng med samma bredd som sidoskärmarna öster och väster om verandan. Verandans samtliga ytterväggar består av enkelglas samt golv och tak av betong.

Fönstren till lägenheten har mot söder approximerats till fem st 4-glasfönster och mot norr till ett st 3-glasfönster. Fönstren har en placering i fasaderna som ger en skuggning från skärmar som för de verkliga fönstren. Ingående väggmaterial mm framgår av Bilaga A, tabell A1. Mot angränsande lägenheter och trapphus ingår halva vägg-tjockleken med aktuella väggmaterial plus 500 mm material med värmekonduktiviteten 0.001 W/mK. Temperaturskillnader mellan lägenheter och mellan lägenhet och trapphus behandlas på samma sätt som framgår av resonemanget i avsnitt 10.7.1.

Infiltration och mekanisk luftomsättning hanteras i analogi med den beskrivning som ges i avsnitt 10.7.1. Dvs luftomsättningen på grund av infiltrationen är lika i de tre lägenhetsvolymerna. Den mekaniska luftomsättningen ges enligt

Volym 1 (norrvolym)	0	m^3/h
Volym 2 (den stora södervolymen)	$(1-\eta)nV$	m^3/h
Volym 3 (burspråket mot söder)	0	m^3/h
Volym 2 till Volym 1	nV	m^3/h

Temperaturstyrt luftutbyte finns via två dörröppningar mellan volym 1 och volym 2 samt via hela väggen mellan volym 2 och 3.

Verandans luftomsättning ges som en konstant infiltration.

De specifika förlusterna jämfört med de tidigare enligt BKL-metoden beräknade framgår av TAB.10.3.

TAB.10.3 Jämförelse av specifika förluster för lägenhetsmodell 2 1/2 rok enligt BKL-metoden och DEROB.

	Specifika förluster $W/^\circ C$	
	Enligt BKL-metoden	Enligt DEROB
Transmission	52.2	50.5
Ventilation	14.8	14.1
Totala specifika förluster	67.0	64.6

Avvikelserna enligt TAB.10.3 förklaras i avsnit 10.7.1. Indata till simuleringarna sammanfattas i Bilaga H.

10.7.4 Lägenhetsmodell för 2 rok

Lägenhetens geometri och volymsuppdelning framgår av FIG.10.6

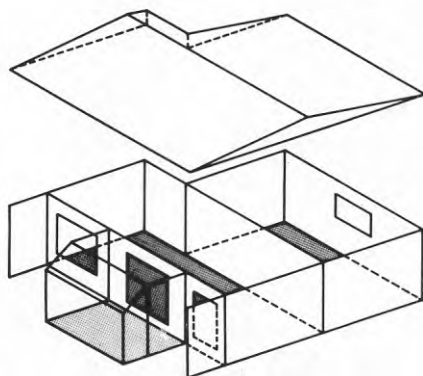


FIG.10.6 Lägenhetsmodell för 2 rok. Figuren är baserad på utdata från programdelen ALKAZAM.

Lägenhetens uppdelning i volymer och hantering av fönster samt luftutbyte mellan volymer och ute följer i stort sett den som gäller för 2 1/2 rok. Den väsentliga skillnaden är att volymen för burspråket bortfaller. Det minskade antalet totala beräkningsnoder har medfört att även vindsutrymmet kan betraktas som en termiskt aktiv volym. Detta leder till att även vindsutrymmets temperaturer kan beräknas.

De specifika förlusterna jämfört med de tidigare enligt BKL-metoden beräknade framgår av TAB.10.4.

TAB.10.4 Jämförelse av specifika förluster för lägenhetsmodell 2 rok enligt BKL-metoden och DEROB.

	Specifika förluster $W/^{\circ}C$	
	Enligt BKL-metoden	Enligt DEROB
Transmission	38.3	36.4
Ventilation	18.4	17.1
Totala specifika förluster	56.7	53.5

Avvikelserna enligt TAB.10.4 förklaras i avsnitt 10.7.1. Indata till simuleringarna sammanfattas i Bilaga H.

10.7.5 Modell för trapphuset

Trapphusets modell redovisas i FIG.10.7.

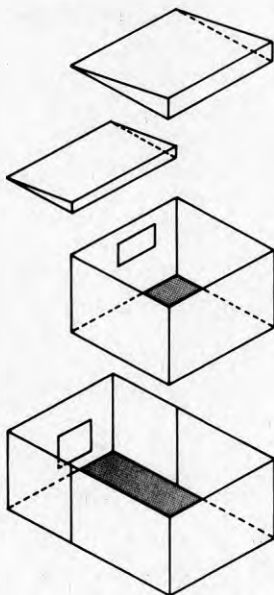


FIG.10.7 Trapphusmodell baserad på utdata från programdelen ALKAZAM.

Trapphuset uppdelas i två volymer, en för varje våning. Vindsutrymmet beskrivs endast av solavskärmande väggar. Bottenvåningens glasdörr förenklas till ett fönster med enkelglas och ovanvåningens fönster som ett treglasfönster. De två volymerna ventileras med en konstant infiltration och mellan volymerna finns ett temperaturstyrt luftflöde via mellanbjälklagets öppning för trappan. Mot angränsande lägenheter ges väggmaterial som motsvarar försumbart energiutbyte till eller ifrån lägenheterna.

I TAB.10.5 jämförs de specifika förlusterna beräknade enligt BKL-metoden respektive DEROB.

TAB.10.5 Jämförelse av specifika förluster för trapphusmodellen enligt BKL-metoden och DEROB.

	Specifika förluster W/°C	
	Enligt BKL-metoden	Enligt DEROB
Transmission	27.6	26.3
Ventilation	23.9	22.6
Totala specifika förluster	51.5	48.9

Avvikelserna enligt TAB.10.5 förklaras i avsnitt 10.7.1. Indata till simuleringarna sammanfattas i Bilaga H.

10.8 Korrigering av klimatdata

Trots att DEROB hanterar inverkan av yttre skärmar med avseende på solinstrålning, beaktas inte avskärmning av diffus strålning från himmel och mark. Detta är en allvarlig brist i beräkningsprogrammet som snarast avses avhjälpas i en senare version. I nedanstående beräkningar har som en temporär lösning avskärmningen av diffus strålning beaktats genom att reducera den diffusa strålningen i klimatindata. Reduktionsfaktorn har uppskattats till 0.75.

Den i Taberg uppmätta solstrålningen med den diffusa korrigerad för skuggningens inverkan enligt TAB.3.10 har jämförts månadsvis med solstrålningsdata beräknad enligt SOLTIMSYN-modellen. Jämförelsen baseras på summerad solstrålning för resp månad under perioder med minst 2 veckors felfria mätningar i Taberg. I FIG. 10.8 redovisas kvoten mellan mätningar i Taberg och beräknade med SOLTIMSYN-modellen. Redovisad kvot utgör ett medelvärde mellan kvoterna för diffus och global strålning. Som framgår av FIG.10.8 finns ett tydligt årstidsberoende i förhållandet mellan mätt och beräknad strålning.

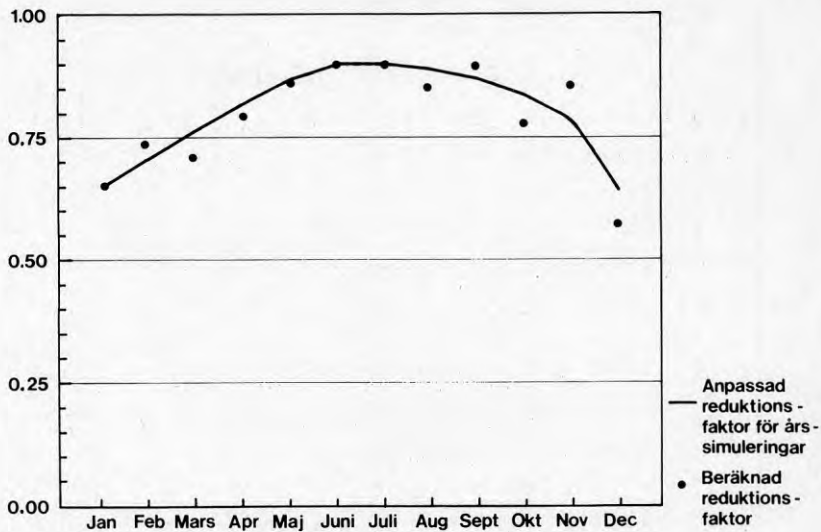


FIG.10.8 Kvoten mellan i Taberg uppmätt solstrålning och enligt SOLTIMSYN-modellen beräknad solstrålning baserad på observationer för Jönköpings flygplats.

Det är oklart om SOLTIMSYN-modellens systematiska överskattning under den mörkare delen av året beror på verkliga skillnader mellan Jönköping och Taberg eller ofullständigheter i modellen.

I den nedanstående årssimuleringarna av lägenheter utnyttjas klimatdata bestämda med SOLTIMSYN-modellen. Den diffusa och globala strålningen reduceras härvid månadsvis med de i FIG.10.8 redovisade kvoterna.

10.9 Validering av lägenhetsmodeller

De enligt avsnitt 10.7 beskrivna lägenhetsmodellerna har testats för några utvalda mätperioder 1982 och 1983. Kriterium på lämpliga mätperioder är dels att fullständiga mätningar av klimatdata, lägenhetstemperaturer och energimängder finns att tillgå dels att klimatförutsättningarna skall variera på ett utslagsgivande sätt. Jämförelserna nedan grundas på timvärden av lägenhets- och veran-

datemperaturer samt tillsatsvärme. De observerade periodernas längd är en vecka med bivillkoret att föregående vecka ej avviker extremt i klimathänseende.

Tre perioder - vår, sommar och vinter - har valts ut för att testa lägenhetsmodellerna enligt DEROB. De tre perioderna är

Vårvecka	82.04.02 - 82.04.08
Sommarvecka	82.08.29 - 82.09.04
Vintervecka	83.02.10 - 83.02.16

I FIG.10.9-10.11 ges klimatförutsättningarna dels som global och diffus solstrålning mot horisontell yta och dels som utetemperatur för de tre valideringsperioderna.

Simuleringen av de bebodda lägenheterna kompliceras av en rad faktorer jämfört med den obebodda referenslägenheten C4. De faktorer som bedöms påverka lägenheternas energianvändning för uppvärmning och lägenhetstemperaturen på ett avgörande sätt är

- inställning av ventilationsaggregatet
- fönstervädning
- termostatinställning
- nattsänkning
- avskärmning med persienner, gardiner mm
- tider då de boende nyttjar lägenheterna

Samtliga ovan uppräknade faktorer har i referenslägenheten i stort sett varit konstanta. I de bebodda lägenheterna har det inte varit möjligt att direkt mäta denna påverkan. Störst osäkerhet råder om fönstervädning och avskärmning. Även om ingen mätning av de boendes hemmavanor förekommer så kan denna uppskattas relativt säkert genom de genomförda intervjuundersökningarna.

En uppskattning av den fläktstyrda ventilationen fås genom att studera den uppmätta energiförbrukningen till ventilationsaggregatet. Under kalla perioder påverkas dock den uppmätta energimängden av att även eftervärmningsbatteriet startar samt att tilluftsfläkten stoppas vid avfrostning.

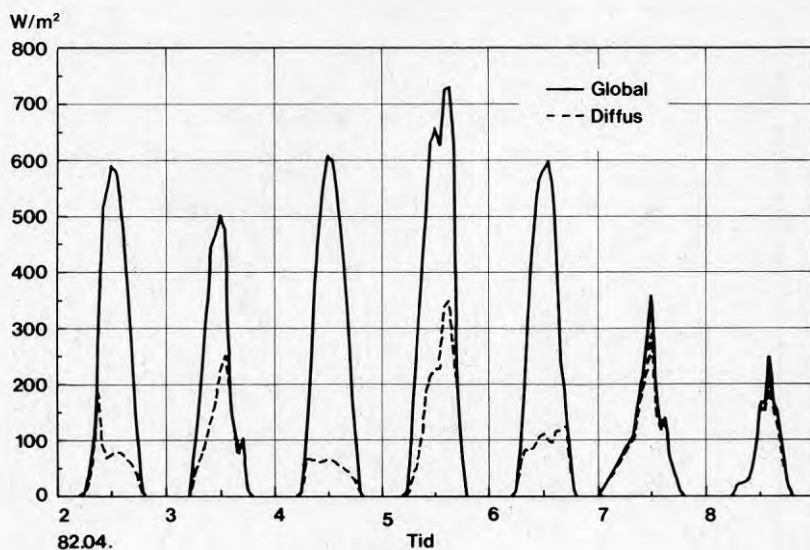


FIG.10.9a Global och diffus solstrålning mot horisontell yta under första valideringsperioden, en vårvecka 82.04.02-82.04.08

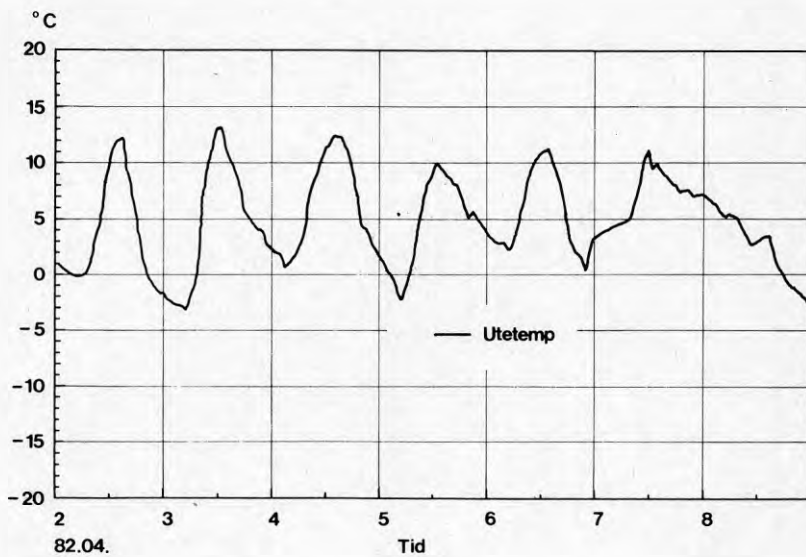


FIG.10.9b Utetemperatur under första valideringsperioden, en vårvecka 82.04.02-82.04.08

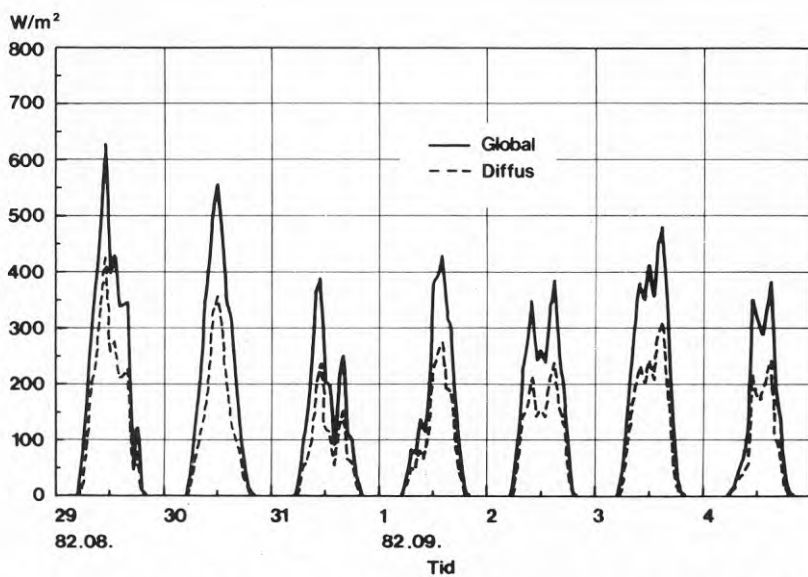


FIG.10.10.a Global och diffus solstrålning mot horisontell yta under andra valideringsperioden, en sommarvecka 82.08.29-82.09.04

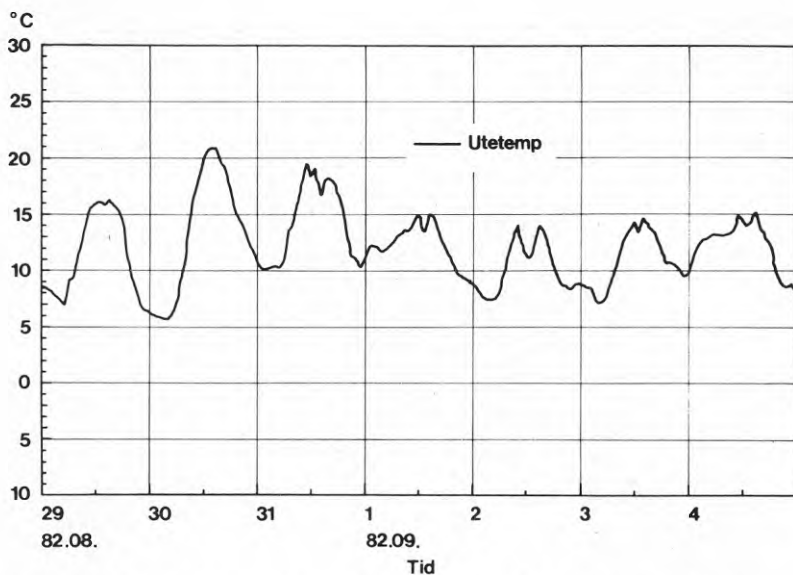


FIG.10.10b Utetemperatur under andra valideringsperioden, en sommarvecka 82.08.29-82.09.04

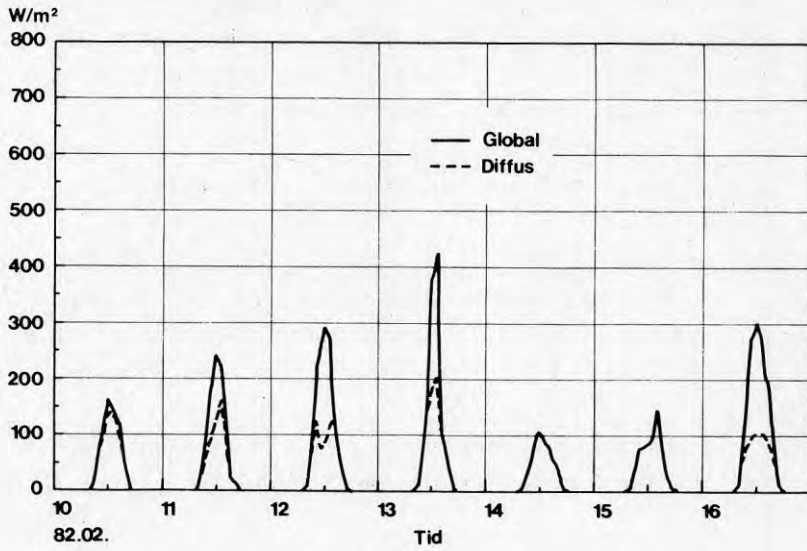


FIG.10.11a Global och diffus solstrålning mot horisontell yta under tredje valideringsperioden, en vintervecka 83.02.10-83.02.16

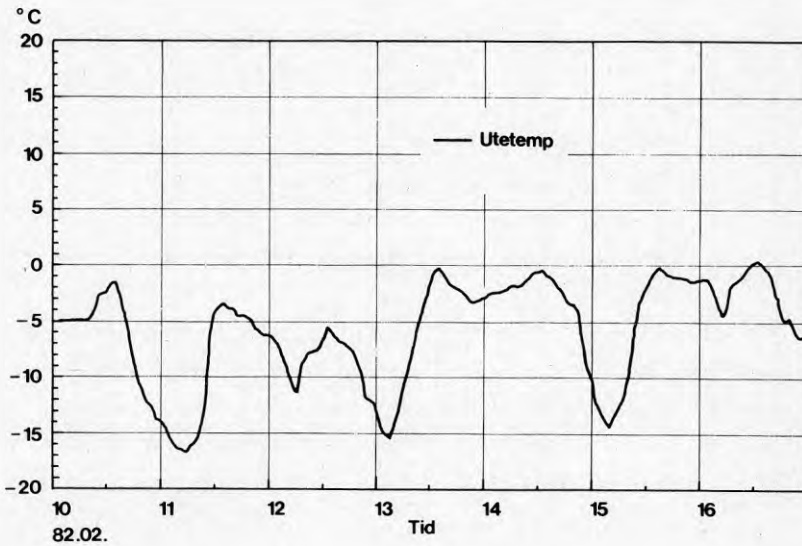


FIG.10.11b Utetemperatur under tredje valideringsperioden, en vintervecka 83.02.10-83.02-16

Av sambanden för de uppmätta lägenhetstemperaturerna under de valda simuleringsperioderna framgår i allmänhet tydligt under vilka perioder som nattsänkningen är i funktion. Även den temperaturnivå som radiatorerna reglerar vid under dagtid och under nattsänkningen framgår av temperatursambanden.

I de nedan genomförda simuleringarna har följande arbetsgång valts

- 1 Fläktstyrd ventilation uppskattas med hjälp av uppmätt energi till ventilationsaggregatet och uppgifter enligt avsnitt 7.4
- 2 Termostatinställningar och nattsänkning utläses av sambanden för uppmätta lägenhetstemperaturer
- 3 Bovärme bestäms enligt avsnitt 7.5
- 4 Fönstervädring och avskärmning sammanfattas till en restpost för de bebodda lägenheterna och ges som indata i form av en infiltration
- 5 Infiltrationen i den obebodda referenslägenheten C4 erhålls ur genomförda spårgasmätningar men justerad m a p underskattningen i specifika förluster enligt TAB.10.4
- 6 Luftomsättningen i verandor antas till 3 h^{-1}
- 7 Värmeväxlarens verkningsgrad bestäms enl avsnitt 7.8

Nedan redovisas först möjligheterna att simulera den obebodda referenslägenheten C4 för de tre valda perioderna. Därefter sammanfattas resultaten från beräkningar utförda på de bebodda lägenheterna där svårighetsgraden ökats genom ej mätta inverkan faktorer som bestäms av de boende.

10.9.1 Simulering av referenslägenhet, två rum och kök

I FIG.10.12 och 10.13 redovisas uppmätta och beräknade temperaturer för "sommarfallet". Under denna period har uppvärmningssystemet varit helt avstängt. Det innebär att det inte råder någon osäkerhet om indata av typen termostatbörvärden, nattsänkning och tillsatsvärme i tilluften. De enda tidsvarierande faktorerna under perioden är solstrålning och utetemperatur.

I FIG.10.12 jämförs beräknad och uppmätt temperatur i de två lägenhetsvolymerna. Som framgår av figuren är överensstämmelsen mellan beräknad och mätt temperatur mycket god för de båda volymerna. Under perioden är den beräknade medeltemperaturen för norrvolymen 22.9°C och för södervolymen 22.0°C . Under perioden uppmätta medeltemperaturer är för norrvolymen 22.6 och för södervolymen 21.6°C . Skillnaden i medeltemperatur motsvarar en överskattning av tillförd energi med endast ca 17 W eller en underskattning av specifika förluster med ca 2%.

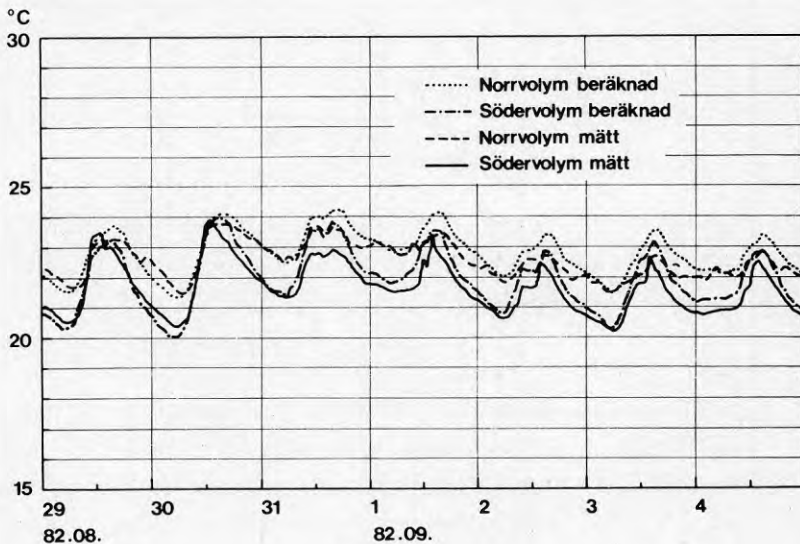


FIG.10.12 Jämförelse av uppmätt och beräknad temperatur i norr- och södervolymen till lägenhet C4 (2 rok) under perioden 82.08.29-82.09.04

I FIG.10.13 jämförs beräknad och uppmätt temperatur i verandan till lägenhet C4. Även här kan konstateras en mycket god överensstämmelse. I figuren har även utetemperaturen under perioden lagts in för jämförelse. Av figuren framgår vidare vilken begränsad nytta av under dagen upplagrad energi som erhålls för eventuellt kvällsutnyttjande. Verandatemperaturen sjunker snabbt när solen har gått ner. Klockan 20 är verandans temperatur ca 5°C över utetemperaturen.

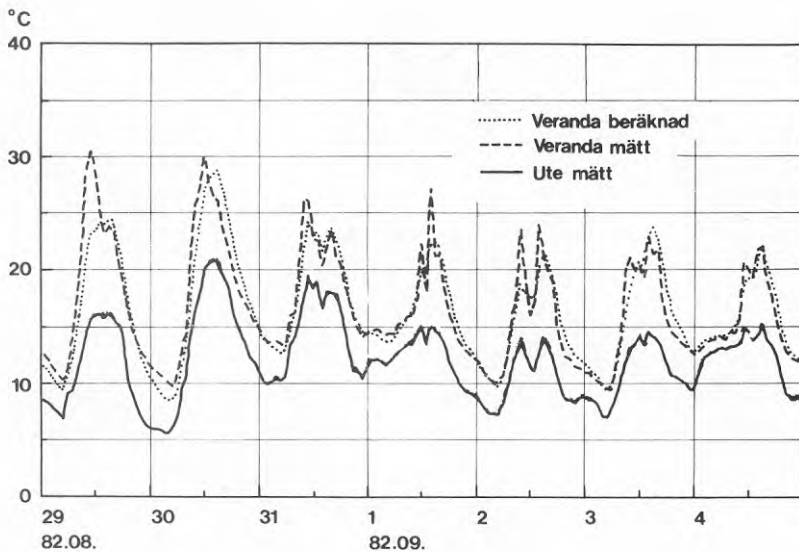


FIG.10.13 Jämförelse av uppmätt och beräknad temperatur i verandan till lägenhet C4 (2 rok) under perioden 82.08.29-82.09.04

Under "vinterperioden" har verandans glas monterats ner och jämförelsen mellan mätningar och beräkningar omfattar därför endast temperaturer i de två lägenhetsvolymerna samt total tillförd elenergi. I FIG.10.14 sammanställs beräknad och uppmätt temperatur i norr- resp södervolym. De beräknade temperaturerna underskattas i genomsnitt med ca 0.5°C . Eftersom temperaturnivån inne vid mycket kall väderlek och relativt liten solinstrålning i stort sett bestäms av termostatinställningen blir den simulerade tempe-

raternivån känslig för indata som specificerar värmesystemets reglertemperatur. De variationer i temperaturnivån som kan observeras för de uppmätta temperaturerna beror på reglerfunktionen on-off hos de direktverkande elradiatorerna i kombination med den höga tillgängliga eleffekten i förhållande till värmebehovet.

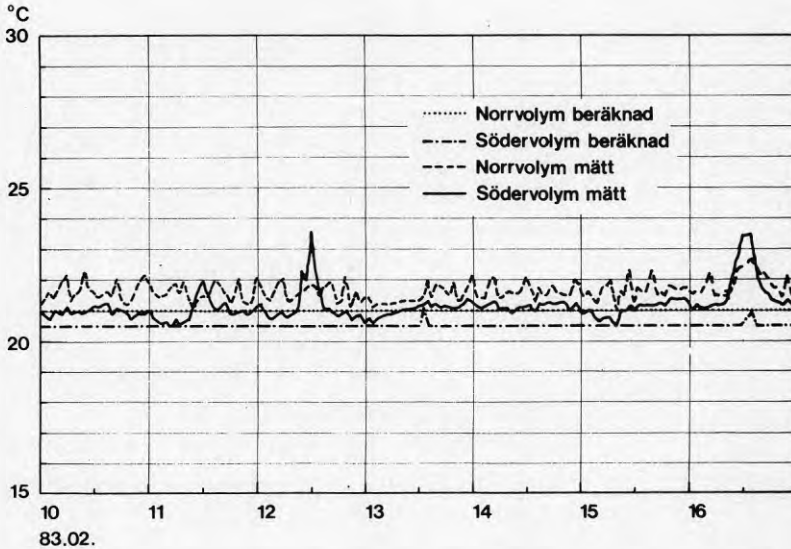


FIG.10.14 Jämförelse av uppmätt och beräknad temperatur i norr- och södervolym till lägenhet C4 (2 rok) under perioden 83.02.10-83.02.16

FIG.10.15 illustrerar beräknad och uppmätt totalt energibehov för lägenheten under "vinterperioden". Beräknad energi har dels genomförts med i Taberg uppmätt solstrålning som indata dels med enligt SOLTIMSYN-modellen beräknade solstrålningsdata korregerade enligt avsnitt 10.8. Av FIG.10.15 framgår att båda beräkningarna ger en god överensstämmelse med uppmätta variationer i energibehov. Under den redovisade simuleringsperioden har den totala elförbrukningen 223 kWh uppmätts. Från beräkningarna med soldata från Taberg och SOLTIMSYN-modellen erhålls den totala elförbrukningen 246 kWh resp 253 kWh, dvs en överskattning med 10% respektive 13%.

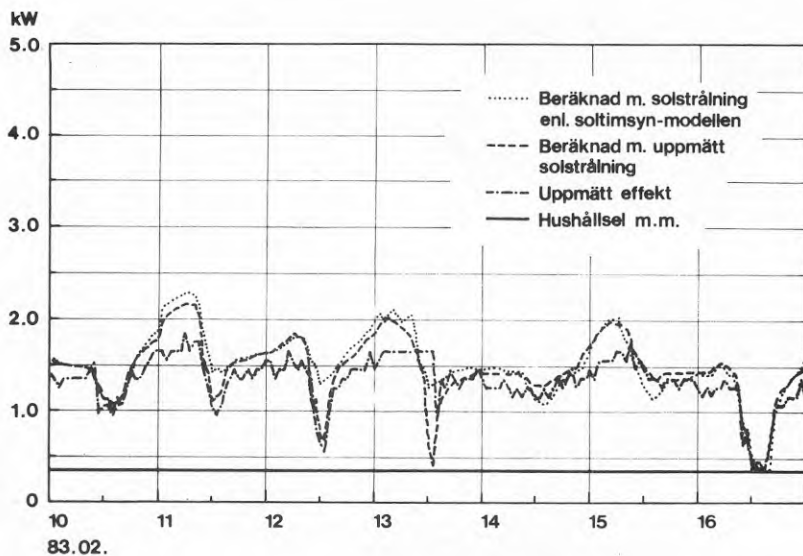


FIG.10.15 Jämförelse av uppmätt och beräknat totalt energibehov för lägenhet C4 (2 rok) under perioden 83.02.10-83.02.16. Beräknade värden redovisas baserade på solstrålningsdata dels uppmätta i Taberg och dels beräknade enligt SOLTIMSYN-modellen.

"Vårfallet" är den period som är mest utslagsgivande för den teoretiska modellen av lägenheten. Under den valda peioden är det kraftiga svängningar i utetemperatur och solstrålning. Dessutom hindras inte ännu den direkta solstrålningen av fönstrens överhäng som under sommarmånaderna.

FIG.10.16 illustrerar beräknade och uppmätta temperaturer i norra respektive södra lägenhetsvolymen. Som framgår av figuren är överensstämmelsen mellan beräknade och uppmätta värden inte längre så bra som tidigare studerade perioder. Dock är medeltemperaturerna för de båda volymerna enligt mätningar och beräkningar i stort sett lika under den redovisade veckan. För norrvolymen blir medeltemperaturen 21.5 och för södervolymen 21.1 °C. De snabbare beräknade temperaturvariationerna i södervolymen jämfört med de uppmätta tolkas som att lägenheten i den använda teoretiska

modellen har en för låg termisk tröghet. Detta är naturligt eftersom vissa i lägenheten ingående mellanväggar ej har beaktats på grund av begränsningar av antal beräkningsnoder i DEROB. Skillnaderna mellan teoretiska och mätta temperaturer beror även på att teoretiskt förutsätts värmesystemet reglera perfekt vid inställda termostatbörvärden, vilket naturligtvis ej sker i verkligheten. Det är endast vid relativt höga värmebehov som regleringen liknar den teoretiskt förutsatta funktionen.

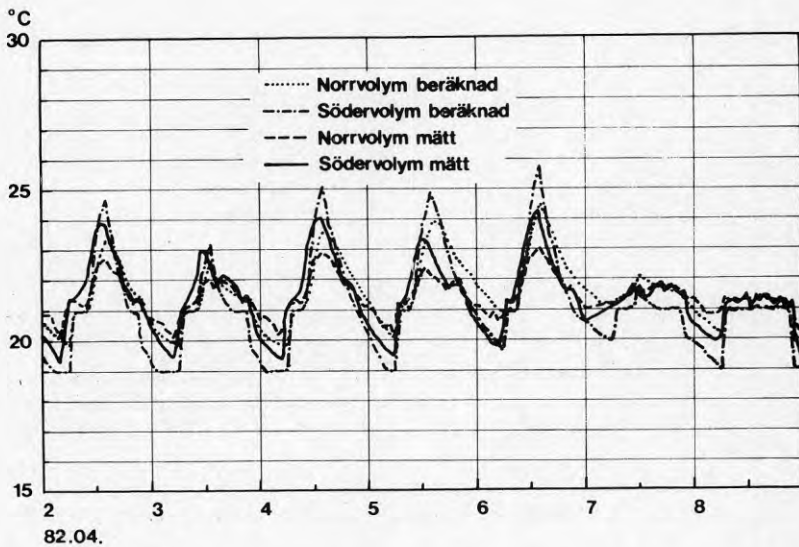


FIG.10.16 Jämförelse av uppmätt och beräknad temperatur i norr- och södervolym till lägenhet C4 (2 rok) under perioden 82.04.02-82.04.08. Under perioden har nattsänkningen varit i drift.

I FIG.10.17 sammanställs uppmätt och beräknat totalt energibehov för den studerade vårveckan. Det kan konstateras att den teoretiska beskrivningen av variationen i elförbrukning ger en god bild av den verkliga. I FIG.10.17 syns även tydligt effekten av nattsänkningen mellan kl 2200 och 0600. Denna resulterar i en kraftig effekttopp under förmiddagen för att återställa lägenhetstemperaturen till önskad dagtemperatur. Nyttjandet av natt-

sänkning är naturligtvis inte ekonomiskt försvarbart i detta fall eftersom eltaxan är differentierad med ett lägre energipris nattetid.

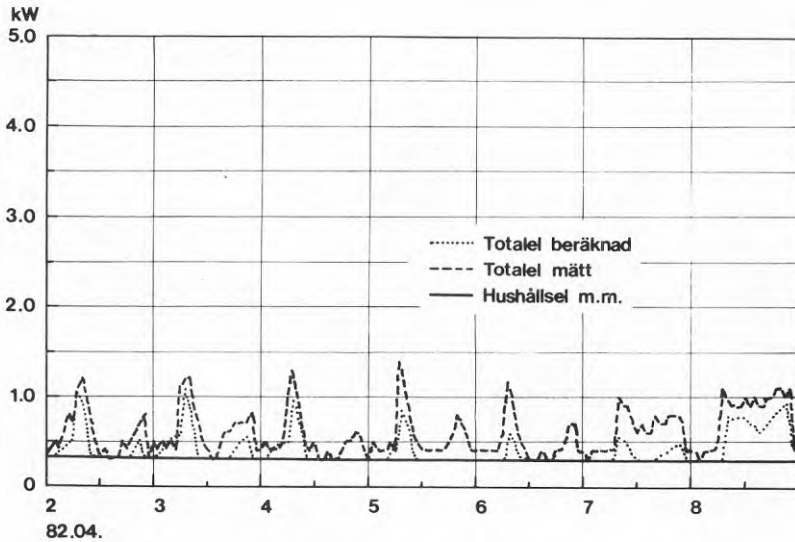


FIG.10.17 Jämförelse av uppmätt och beräknad totalt energibehov för lgh C4 (2 rok) under perioden 82.04.02-82.04.08. Under perioden har nattsänkningen varit i drift.

Uppmätt och beräknad temperatur i verandan till lägenhet C4 framgår av FIG.10.18 där även utetemperaturen redovisas som jämförelse. Av figuren framgår att den teoretiska modellen för verandan är tillfredsställande.

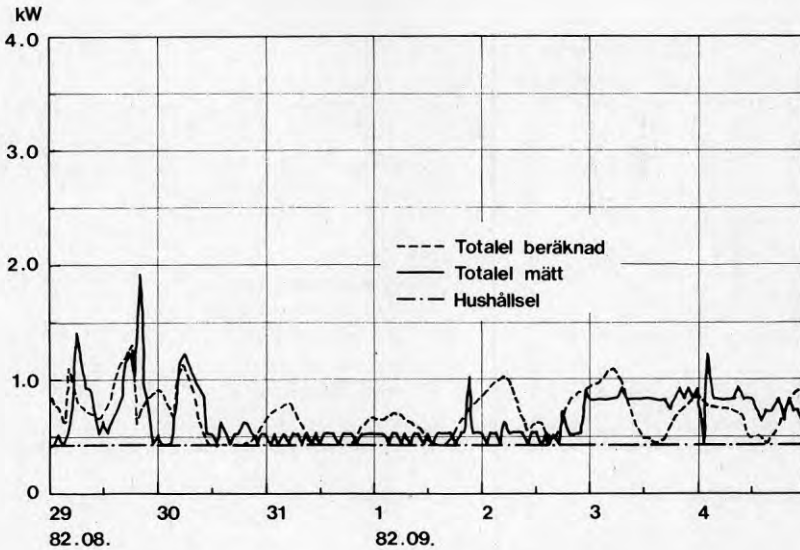


FIG.10.20 Jämförelse av uppmätt och beräknat totalt energibehov för lgh C1 (4 rok) under perioden 82.08.29-82.09.04

FIG.10.20 redovisar uppmätt och simulerat totalt energibehov för den studerade sommarveckan. Även här framgår svårigheterna att följa den uppmätta variationen i energiförbrukning. Den under veckan totalt uppmätta elförbrukningen är 116 kWh vilket skall jämföras med den beräknade förbrukningen 117 kWh.

I FIG.10.21 jämförs uppmätt och beräknad temperatur i bottenvåning och ovanvåning i verandan till lägenhet C1. Som framgår av figuren ger DEROB-modellen här en utmärkt uppfattning av både variationerna och nivåerna i verandatemperaturer på de båda våningarna.

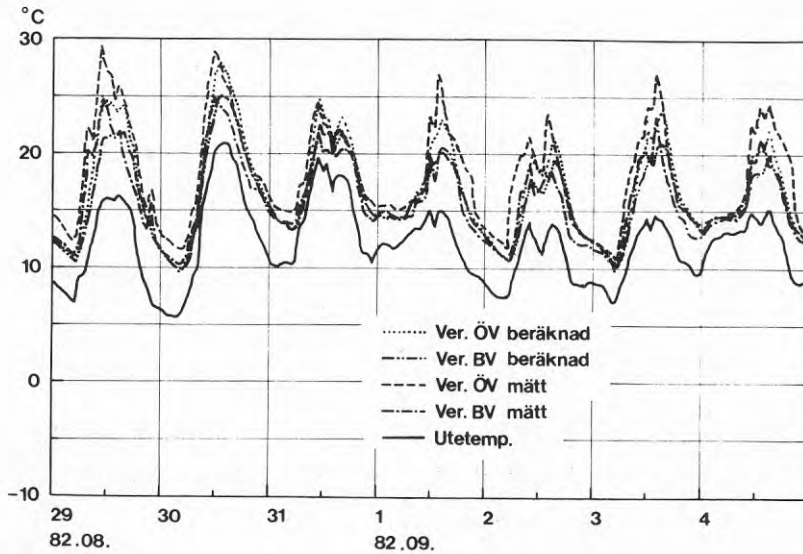


FIG.10.21 Jämförelse av uppmätt och beräknad temperatur i bottenvåning och ovanvåning i verandan till lägenhet C1 under perioden 82.08.29-82.09.04

I FIG.10.22-10.24 illustreras uppmätta och simulerade värden för lägenhet C1 under "vinteperioden". Under den studerade perioden har nattsänkningen varit i drift. Termostatbörvärden under dag- respektive natttid har vid simuleringen satts till 22 °C respektive 20.5 °C. Av figurerna framgår att de simulerade temperaturerna vid övergång mellan dag och natt ändras för snabbt. Förklaringen till detta ligger till stor del i att lägenhetsmodellen är förenklad med avseende på antalet termiskt aktiva mellanväggar. Temperaturnivåerna stämmer emellertid väl överens med uppmätta temperaturnivåer. Uppmätt medeltemperatur under den studerade veckan är 21.5 °C för ovanvåningen och 21.9 °C för bottenvåningen. Simuleringen ger medeltemperaturen 21.4 °C både för ovan- och bottenvåning.

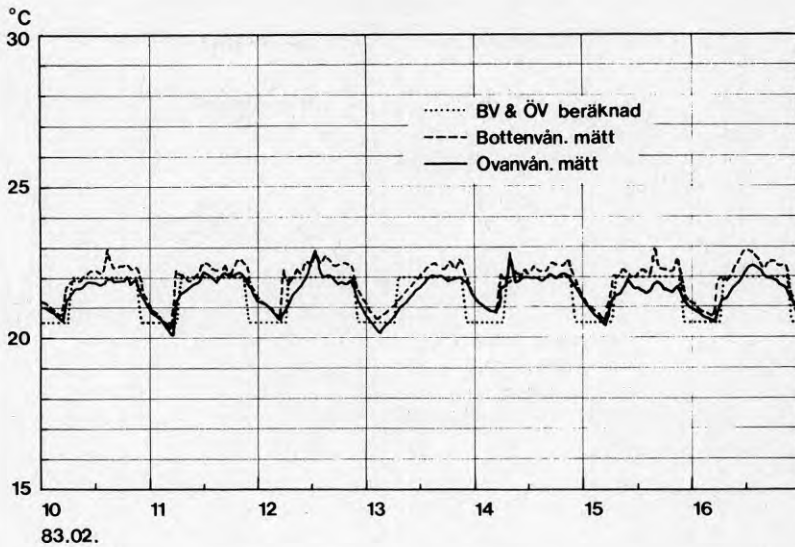


FIG.10.22 Jämförelse av uppmätt och beräknad temperatur på bottenvåningen och andra våningen till lägenhet C1 (4 rok) under peioden 83.02.10-83.02.16.

Uppmätt och simulerat totalt energibehov för lägenhet C1 under vinterperioden sammanställs i FIG.10.23. Totalt uppmätt elenergi under perioden är 397 kWh vilket skall jämföras med beräknat energibehov 440 kWh. Det beräknade energibehovet är en överskattning med ca 10%. Överskattningen hänförs framför allt till nattsänkingsperioderna vilket förklaras med det snabbare temperaturfallet på grund av underskattning i lägenheternas termiska tröghet.

FIG.10.24 redovisar en jämförelse av beräknad och uppmätt temperatur på botten- och ovanvåning i verandan till lägenhet C1 under vinterperioden. Av sambanden framgår att verandamodellen ger en tillfredsställande beskrivning av verandans termiska egenskaper.

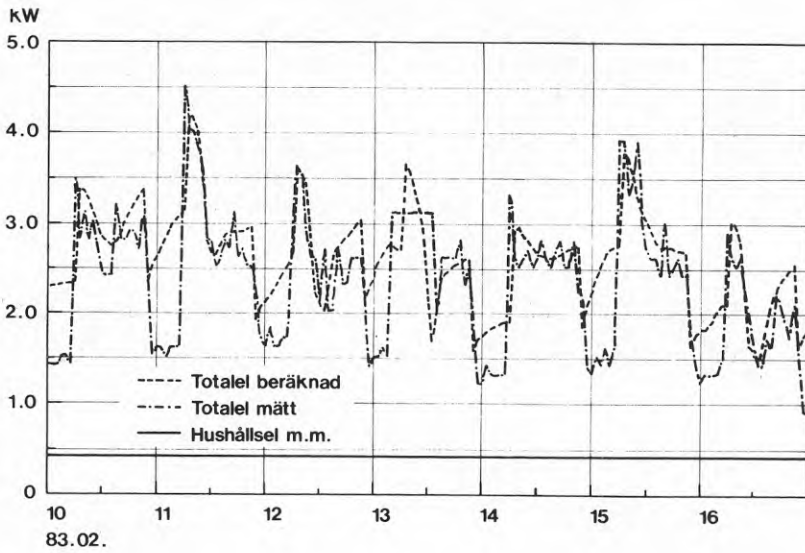


FIG.10.23 Jämförelse av uppmätt och beräknad totalt energibehov för lgh C1 (4 rok) under perioden 83.02.10-83.10.16.

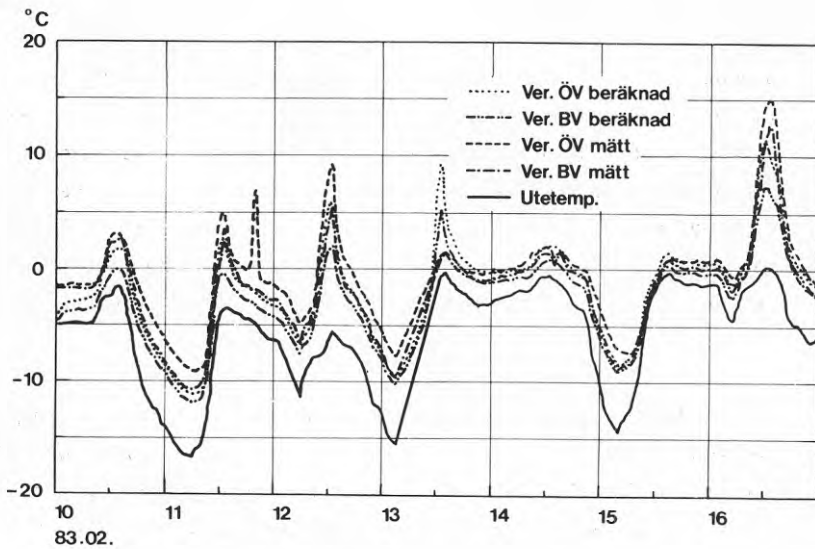


FIG.10.24 Jämförelse av beräknad och uppmätt temperatur på botten- och ovanvåning i veranda till lgh C1 (4 rok) under perioden 83.02.10-83.02.16.

10.10 Tidskonstant för lägenhet och veranda

En förenklad energibalans för lägenhet eller veranda kan skrivas som

$$M \frac{dT_i}{dt} = \sum kA(T_u - T_i) \quad (10.30)$$

där

- M = lägenhetens eller verandans termiska tröghet, Wh/°C
- T_i = innetemperatur, °C
- t = tid
- $\sum kA$ = lägenhetens eller verandans specifika förluster, W/°C
- T_u = utetemperatur, °C

Sambandet (10.30) gäller under förutsättningen att samtliga energitillskott som bovärme, radiatorenergi och solstrålning är noll.

Temperaturskillnaden mellan ute och inne vid en godtycklig tidpunkt är enligt (10.30) lika med $(M/\sum kA)(dT_i/dt)$. För en given variation av utetemperaturen T_u som funktion av tiden kan lägenhetens temperatur beräknas genom att integrera ekv (10.30)

För fallet med en momentan temperaturförändring i utetemperaturen från T_{u0} till T_u gäller

$$\frac{T_i - T_u}{T_{u0} - T_u} = e^{-(\sum kA/M)t} \quad (10.31)$$

Det förutsätts att innetemperaturen före temperaturändringen är lika med utetemperaturen T_{u0} .

Genom att definiera tiden τ som den tid det tar för inomhustemperaturen att halveras, dvs

$$\frac{T_i - T_u}{T_{u0} - T_u} = 0.5 \quad (10.32)$$

kan tidskonstanten beräknas enligt

$$\tau = 0.693 \frac{M}{\Sigma kA} \quad (10.33)$$

I FIG.10.25 redovisas med DEROB beräknade samband för söder- och norrvolymens samt verandans temperatur, lägenhet C4, vid en stegvis förändring i utetemperaturen från 10 °C till 0 °C. Den redovisade perioden har föregåtts av 14 dagars insvängningsförlopp vid 10 °C. I FIG.10.25 kan den enligt ovan definierade tidskonstanten utläsas för lägenhetsvolymerna och verandan. I TAB.10.6 sammanställs tidskonstanterna för de tre volymerna samt för hela lägenheten som ett medelvärde av de två lägenhetsvolymerna.

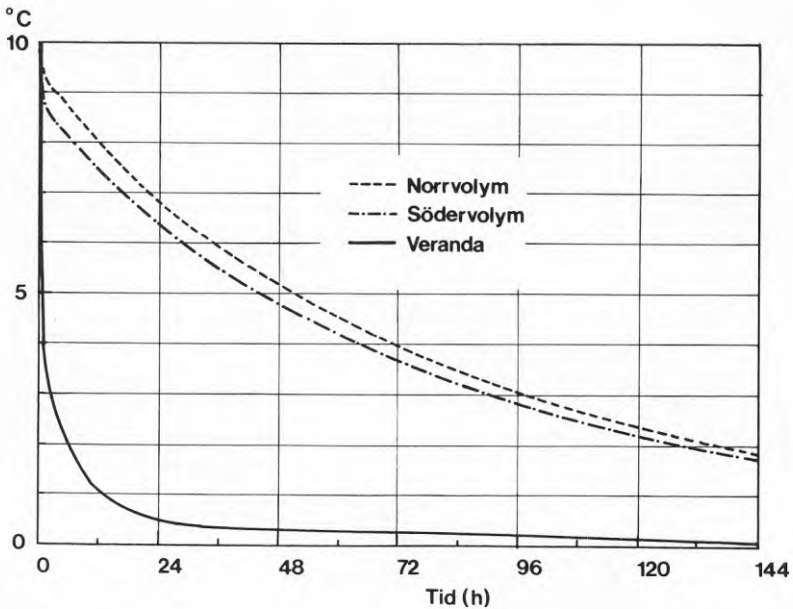


FIG.10.25 Beräknade samband för söder- och norrvolym samt verandans temperatur, lägenhet C4, vid en stegvis förändring i utetemperatur från 10 °C till 0 °C.

TAB.10.6 Tidskonstant för söder- och norrvolym samt veranda, lägenhet C4

Volym	Tidskonstant (h)
Veranda	0.8
Norrvolym	46.0
Södervolym	53.0
Lägenhet	49.5

Med utnyttjande av de beräknade tidskonstanterna kan lägenhetens och verandans termiska tröghet beräknas med utnyttjande av ekv (10.33).

Med specifika förlusterna $53.5 \text{ W/}^\circ\text{C}$ för lägenhet C4 enligt TAB.10.4 erhålls lägenhetens termiska tröghet

$$M_{\text{Lgh}} = 53.5 * 49.5 / 0.693 = 3821 \text{ Wh/}^\circ\text{C}$$

Verandans specifika förluster är $166.8 \text{ W/}^\circ\text{C}$ enligt TAB.5.2 och med i TAB.10.6 angiven tidskonstant beräknas verandans termiska tröghet

$$M_{\text{ver}} = 166.8 * 0.8 / 0.693 = 192.6 \text{ Wh/}^\circ\text{C}$$

Vid utnyttjande av verandan kvällstid är det önskvärt att tidskonstanten är så stor som möjligt. Som framgår av ekv (10.33) kan tidskonstanten påverkas genom att antingen höja den termiska trögheten eller att minska de specifika förlusterna. Om verandans nuvarande geometriska utformning och glasandel vill bibehållas återstår i princip endast möjligheten att minska transmissionsförlusterna genom att använda flera glasskikt. I TAB.10.7 redovisas beräknade tidskonstanter enligt ekv (10.33) med verandans termiska tröghet $M_{\text{ver}} = 192.6 \text{ Wh/}^\circ\text{C}$ och verandan glasad med 1- till 4-glasskikt.

TAB.10.7 Tidskonstant för verandan till lägenhet C4 vid varierande antal glaskikt

Antal glasskikt	Tidskonstant (h)
1	0.8
2	1.3
3	2.0
4	2.4

Som framgår av TAB.10.7 påverkas visserligen tidskonstanten av det ökade antalet glasskikt, men jämfört med lägenhetens tidskonstant 49.5 h är det marginella effekter.

10.11 Årssimulering med DEROB

De fyra lägenhetstyperna har simulerats med DEROB-programmet för kalenderåret 1982. Indata till beräkningarna är desamma som tidigare användes när lägenheternas energibehov studerades med hjälp av BKL-metoden. Indata sammanfattas i TAB.8.10 och fullständiga indata framgår av Bilaga H. Den i tabellen redovisade solfaktorn gäller endast för BKL-metoden.

I FIG.10.26 redovisas det uppmätta och det enligt DEROB beräknade totala årselenergiebehovet för respektive lägenhetstyp. Redovisningen gäller för en medellägenhet av respektive typ.

Av FIG.10.26 framgår att simuleringarna för lägenhet 4 rok, gavel överskattar energiförbrukningen med 10%. Beräkningarna för lägenhet 2 rok har lyckats speciellt bra med en beräknad elförbrukning som är lika med den uppmätta. För lägenheterna 4 rok och 2 1/2 rok underskattas årseenergiförbrukningen med 13 respektive 12%.

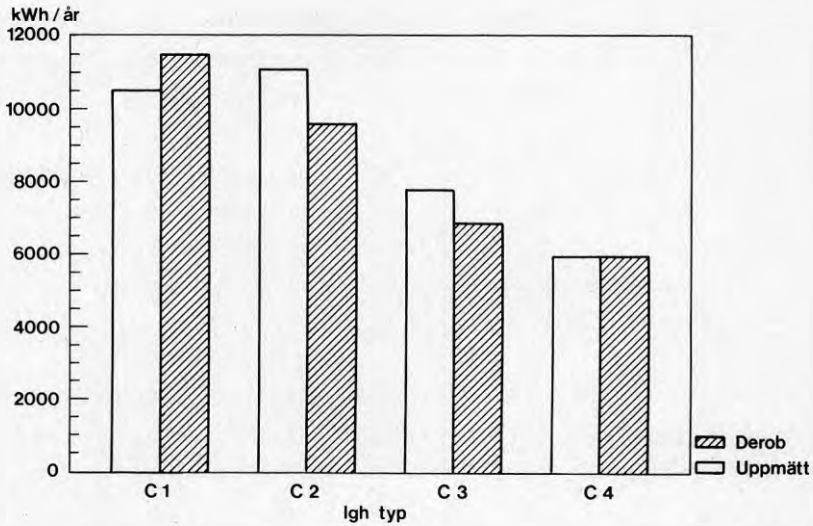


FIG.10.26 Jämförelse av uppmätt och enligt DEROB beräknat årsenergibehov för de fyra lägenhetstyperna under kalenderåret 1982

Skillnaderna i uppmätt och beräknad energiförbrukning antas bero på följande faktorer som inte direkt kan förutsägas med ledning av genomförda mätningar

- Osäkerhet om vid varje tillfälle inställda termostatt-nivåer samt användning av nattsänkning
- Fönstervädning, speciellt under den varmare delen av året i kombination med att radiatorsystemet ej är avstängt, kan medföra förhöjd elförbrukning
- Solavskärmning med persienner, gardiner eller skugggardiner i verandan
- Bovärme, speciellt sommartid då de boende vistas utomhus i större utsträckning

Uppmätta och enligt DEROB simulerade månadsmedeltemperaturer inomhus för respektive lägenhetstyp sammanställs i FIG.10.27-10.30. Termostatbörvärden har för samtliga lägenheter satts till 21 °C. För lägenhetstypen 4 rok,gavel har, som framgår av FIG. 10.27, verkliga termostatbörvärden under första delen av 1982 varit 1-2 °C lägre. Detta förklarar överskattningen i beräknad årsenergiförbrukning för denna lägenhetstyp.

Under den varmare delen av året fås med givna indata en konsekvent överskattning av beräknade inomhustemperaturer för samtliga lägenhetstyper. De boende kan undvika övertemperaturer genom vädring, avskärmning eller en kombination av vädring och avskärmning.

Om det antas att skillnader mellan simulerad och uppmätt lägenhetstemperatur representerar den övertemperatur som vädras bort, kan erforderlig total luftomsättning beräknas för månaderna maj-september. I FIG.10.27-10.30 har för dessa månader lagts in samband som illustrerar lägenhetstemperaturen för varierande total luftomsättning.

Det kan konstateras att lägenheterna måste vädras extra sommartid för att orimligt höga lägenhetstemperaturer skall undvikas. Omfattningen av denna vädring kan uppskattas med hjälp av sambanden i FIG.10.27-10.30.

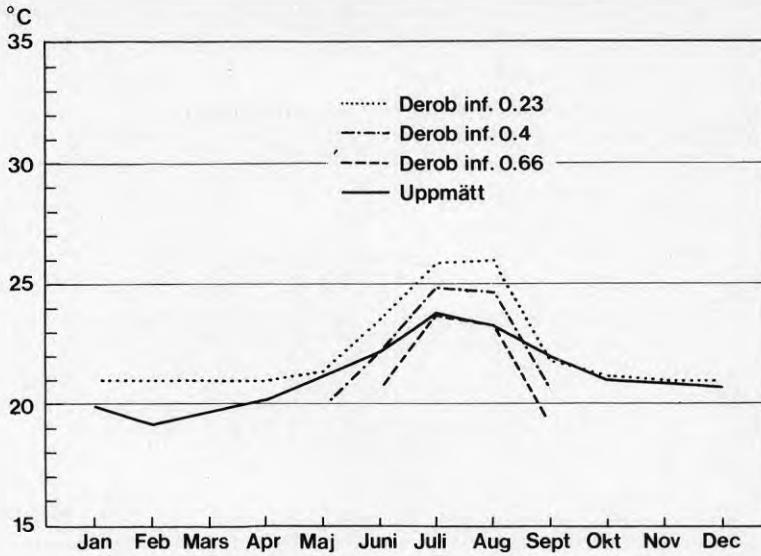


FIG.10.27 Beräknade och uppmätta månadsmedeltemperaturer för lägenhetstyp 4 rok,gavel under kalenderåret 1982. I figuren ges även samband för uppskattning av extra ventilation på grund av fönstervädning.

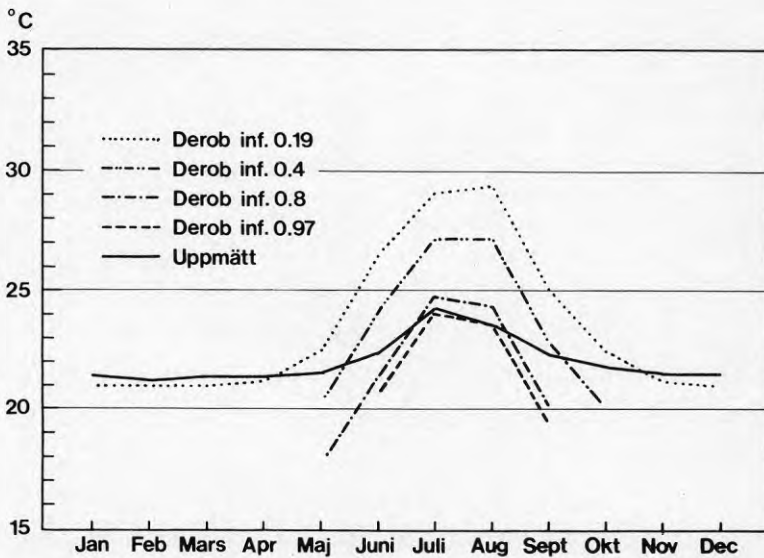


FIG.10.28 Beräknade och uppmätta månadsmedeltemperaturer för lägenhetstyp 4 rok under kalenderåret 1982. I figuren ges även samband för uppskattning av extra ventilation på grund av fönstervädning.

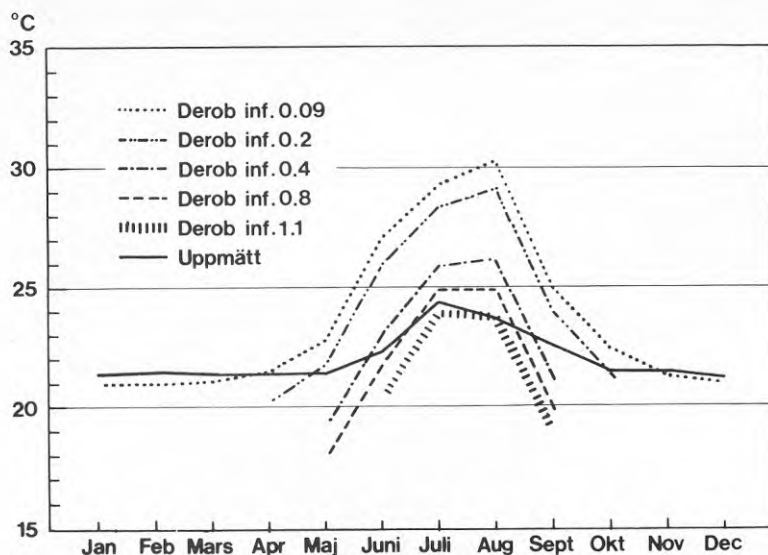


FIG.10.29 Beräknade och uppmätta månadsmedeltemperaturer för lägenhetstyp 2 1/2 rok under kalenderåret 1982. I figuren ges även samband för uppskattning av extra ventilation på grund av fönstervädning.

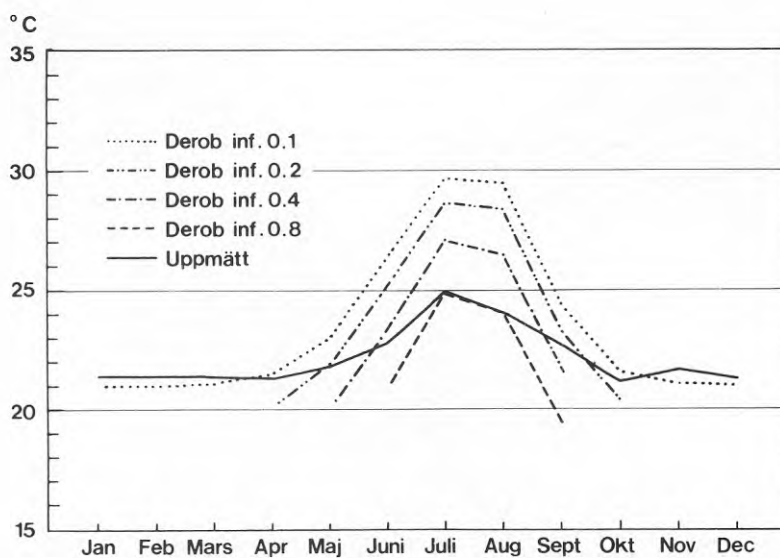


FIG.10.30 Beräknade och uppmätta månadsmedeltemperaturer för lägenhetstyp 2 rok under kalenderåret 1982. I figuren ges även samband för uppskattning av extra ventilation på grund av fönstervädning.

10.12 Generalisering av mätdata med hjälp av DEROB

När en tillförlitlig modell har ställts upp för lägenheter och veranda kan bostäderna studeras för andra förhållandena än de som gäller för mätprojektet. Exempel på parametrar som önskas varieras är klimat eller ort, bebyggelsens orientering, byggnadstekniska åtgärder, inverkan av skuggning på grund av ny byggnation eller förändringar i vegetation. Det ryms inte inom detta projekt att genomföra någon parameterstudie som gör anspråk på att täcka in alla de aspekter som kan vara av intresse. Som ett exempel på förändringar av byggnaderna har verandan till en lägenhet av typ 4 rok,gavel studerats när bebyggelsen orienteras med verandorna mot sydväst. Dessutom jämförs verandorna för fallet då dessa utförs enkel- respektive dubbelglasade. Inverkan av antal glas-skikt på verandans tidskonstant har tidigare studerats i avsnitt 10.10.

I FIG.10.31 redovisas beräknad verandatemperatur för fallen söder- och sydvästorienterad veranda till lägenheten 4 rok,gavel under perioden 82.08.01-82.08-06. I figuren redovisas även utetemperaturen. Som framgår av figuren fördröjs tidpunkten för verandans maximala temperatur ca 2 timmar då verandan orienteras mot sydväst. Dessutom ökar verandans maximala temperatur 2-3 °C. Under kvällstid, dvs under den period då hyresgästerna sannolikt i första hand önskar utnyttja verandan, erhålls emellertid inte någon nämnvärd skillnad mellan de två fallen.

I TAB.10.8 sammanställs temperaturen i verandans övre och undre volym vid söder- respektive sydvästorienterad veranda då denna utförs som enkel- och dubbelglasad. Perioden avser augusti 1982.

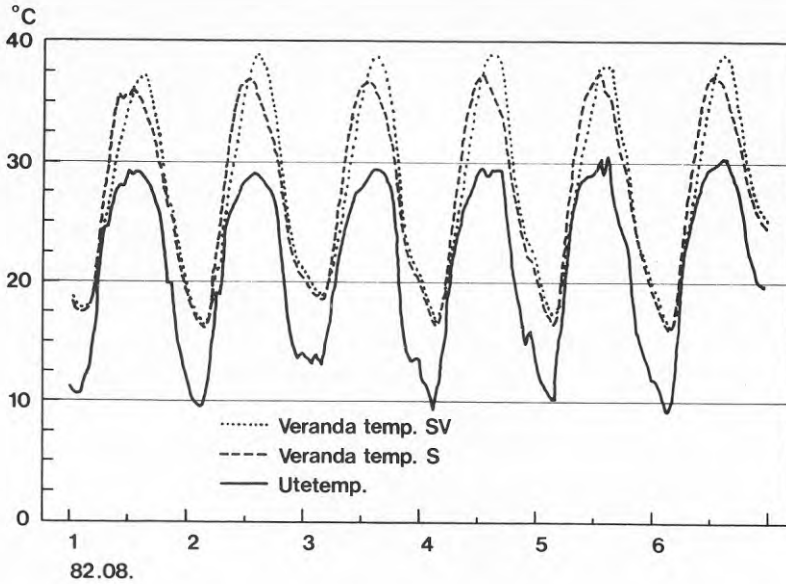


FIG.10.31 Beräknad verandatemperatur för en söder- och sydväst-orienterad veranda till lägenheten 4 rok,gavel under perioden 82.08.01-82.08.06.

TAB.10.8 Maximal, medel och minsta temperatur i de två volymerna i verandan till lägenhet 4 rok,gavel i augusti 1982. Verandan orienteras mot söder respektive sydväst med enkel- eller dubbelglasning. Verandan förutsätts vara oskärmd med avseende på skugggardiner och med luftomsättningen 3.0 h^{-1} .

Volym/glasning	Söderorienterad veranda			Sydvästorienterad veranda		
	Tmin °C	Tmedel °C	Tmax °C	Tmin °C	Tmedel °C	Tmax °C
Övre, 1-glas	7.3	19.4	37.0	7.6	19.7	39.3
Nedre, 1-glas	6.8	19.9	38.2	7.2	19.7	39.1
Övre, 2-glas	10.1	22.1	41.5	10.6	22.6	44.5
Nedre, 2-glas	8.3	21.1	40.3	8.9	21.3	41.5

11 SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER

Projektet avser fyra tvåvånings flerbostadshus med därtill hörande garagebyggnad, förråd och kvarterslokal/tvättstuga. I varje bostadshus ingår 8 lägenheter fördelade på 4 st 4 rok, 2 st 2 1/2 rok samt 2 st 2 rok. Karakteristiskt för bebyggelsen är söderfasaderna med sina glasverandor i anslutning till balkonger och uteplatser.

Bostäderna förvaltas av stiftelsen Tabergshem och uppfördes av ABV Armerad Betong Vägförbättringar AB, Jönköping. Inflyttningen skedde i maj 1981.

I projekteringsarbetet har speciellt stor vikt lagts vid passivt energibesparande åtgärder. Bland annat har följande punkter bedömts som väsentliga av projektörerna

- Bebyggelsen orienteras i syd-nordlig riktning med stora glasytor mot söder
- Varje lägenhet förses med en glasveranda mot söder
- Mekanisk till- och frånluft med värmeåtervinning
- Extra kraftig isolering i golv ($0.18 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$), vägg ($0.16 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ mot norr, $0.21 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ mot söder) och tak ($0.11 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$)
- Fönster mot söder har försetts med horisontell avskärmning som avpassats så att besvärande sommar-sol avskärmas men vintersolen släppes in

Den genomförda fältundersökningen baseras på mätningar i samtliga 32 lägenheter. Mätningarna har grovt indelats i dels automatiska mätningar i fyra detaljmätta lägenheter varje timme med överföring av resultaten via telefonnätet till institutionens utvärderingsdator dels manuella veckoavläsningar av energier, vattenmängder och innetemperaturer i samtliga lägenheter. Speciellt värdefullt har det varit att en av de detaljmätta lägenheterna har hyrts av institutionen och tjänat som obebodd referenslägen-

het. Mätningarna har genomförts under perioden 81.06.05-84.06.27.

Totala specifika förluster för lägenheterna är enligt mätningarna cirka

4 rok	100 W/K
2 1/2 rok	70 W/K
2 rok	60 W/K

De uppmätta specifika förlusterna visar att klimatskalet har fungerat som avsett.

En analys av klimatdata från Jönköpings flygplats och Taberg visar att det råder en god korrelation mellan klimatet vid SMHI:s klimatstation och vid projektet uppmätt klimat. I rapporten ges en genomgång hur diffus och direkt solstrålning kan beräknas med utgångspunkt från meteorologiska observationer. Framställningen bygger på den så kallade SOLTIMSYN-modellen utvecklad vid SMHI. Modellen utnyttjas med vissa korrektioner i analysen av lägenheterna.

En energibalans baserad på anvisningarna till BKL-metoden har ställts upp med en antagen solfaktor = 0.5. Förenklade klimatdata för åren 1981-1984 framtagna från SMHI klimatdata för Jönköpings flygplats används vid beräkningarna. Den beräknade totalenergin dvs inklusive varmvatten och hushållsel, blir för 1982 $141 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Den under samma period uppmätta energiåtgången blir $111-135 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ beroende på huslänga (medel 122 kWh/m^2).

En förfinad energibalans har ställts upp, med hjälp av BKL-metoden, för en medelhuslänga under 1982 där indata baserats på genomförda mätningar. Solutnyttjande och specifika förluster har här bestämts genom regressionsanalys. Solfaktorn studeras för ett söderorienterat modellfönster med skärm. Modellfönstret ges dimensioner som representerar ett medelfönster till lägenheterna. Det visas att modellen för beskrivning av solinstrålning genom modellfönstret, BKL-metoden och genomförda mätningar innanför och utanför fönstret ger samstämmiga resultat.

Från den förfinade energibalansen har följande resultat erhållits under kalenderåret 1982. Den totalt uppmätta elförbrukningen är $122 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ och den beräknade $126 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Beräknad elförbrukning till uppvärmning är $59 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$, resterande elenergi $67 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ åtgår för hushållsel, varmvattenproduktion, fläktar, trapphusbelysning samt viss utebelysning. Till detta kommer elförbrukningen i gemensamhetsanläggning och tvättstuga som uppgår till $18 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Samtliga elförbrukningar är baserade på en uppvärmd yta = $765 \text{ m}^2/\text{huslänga}$.

Värmetillskottet från solinstrålning (förutom glasverandan) uppgår till endast $13 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ eller 8% av huslängans totala förluster.

Den årliga totala vattenförbrukningen är 112 m^3 per år och lägenhet, varav ca 16% utgör tvättstugans vattenförbrukning. Vattenförbrukningen per person är i genomsnitt ca 100 liter per dygn.

Lägenhetstemperaturernas medeltemperatur baserade på veckoavläsningar är vintertid ca $21 \text{ }^\circ\text{C}$. Sommartid stiger inomhustemperaturen till maximalt ca $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Verandatemperaturen är till stor del en funktion av utetemperaturen och solinstrålningen. Vintertid är månadsmedeltemperaturen i storleksordningen 3-4 $^\circ\text{C}$ högre än utetemperaturen. Sommartid stiger övertemperaturen till ca 6-7 $^\circ\text{C}$.

Den reduktion i transmissionsförluster från lägenheten som erhålls på grund av verandans uppvärmning har beräknats till $4 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Denna blygsamma besparing motiverar inte ensamt valet att förse lägenheterna med glasverandor. Om det dessutom beaktas att verandakonstruktionen och verandaglasat reducerar solinstrålningen i lägenheten minskar inverkan av verandans bidrag i energibalansen med ca hälften, dvs ca $2 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Med ett energipris på 0.35 kr/kWh motsvarar detta för fyrrumslägenheten med ca 100 m^2 lägenhetsyta en årlig besparing med 77 kr.

Luftomsättningen i lägenheterna varierar kraftigt eftersom hyresgästerna själva kan påverka fläktaggregatets inställning. Baserat

på intervjuundersökningar och mätta luftomsättningar vid olika fläktvarv har luftomsättningar i samtliga lägenheter beräknats. Luftomsättningarna varierar inom intervallet $0.31 - 0.80 \text{ h}^{-1}$. Med utgångspunkt från mätningar i fyra lägenheter har ventilationsvärmeväxlarens verkningsgrad beräknats till mellan 0.47 och 0.60. Verkningsgraden är något låg, men acceptabel.

De horisontella skärmarna utefter söderfassaden, ca 1.4 m breda och 0.5 m ovanför fönstren, har vid analysen av solinstrålning genom fönster visat sig vara väl avpassade. De ger en effektiv solavskärmning sommartid utan att hindra direkt solinstrålning höst t o m vår.

Rapporten ger en kortfattad beskrivning av beräkningsprogrammet DEROB och de modifieringar som föranletts av 100-talet genomförda simuleringar. En jämförelse av beräknad solstrålning enligt DEROB och BKL-metoden för det tidigare nämnda modellfönstret visar att de båda metoderna ger samstämmiga resultat. Vissa påtalade brister återstår dock i DEROB, t ex diffust strålningsutbyte mellan volymer, solavskärmningen "släpper" igenom diffus strålning samt transmitterad strålning varierar med rumsgeometri. Dessa felaktigheter i DEROB avses avhjälpas i en senare programversion från institutionen.

Som ett exempel på möjligheterna att simulera temperaturvariationerna i veranda och lägenheter med hjälp av DEROB redovisas uppmätta och beräknade temperaturer samt energier för uppställda lägenhetsmodeller och verandamodeller. Generalisering av mätresultat diskuteras och exemplifieras för en veranda.

Slutsatserna enligt DEROB är att det är svårt att med byggnadstekniska åtgärder, som t ex fler glasskikt eller ökad massa, förlänga tiden för en önskad verandatemperatur kvällstid. Även en orientering mot sydväst ger marginella effekter.

En jämförelse mellan beräknad totalenergi för en hel huslänga enligt BKL-metoden och DEROB med uppmätt energiförbrukning under kalenderåret 1982 visar att båda metoderna ger en tillfredsställande beskrivning av hur energiåtgången varierar under året (se FIG.11.1).

De största principiella skillnaderna mellan BKL-metoden och DEROB ligger i att BKL-metoden inte beaktar lägenheternas termiska tröghet samt att innetemperaturerna måste antas. Det går alltså inte att utan vidare beräkna t ex verandatemperaturer i verandor med BKL-metoden.

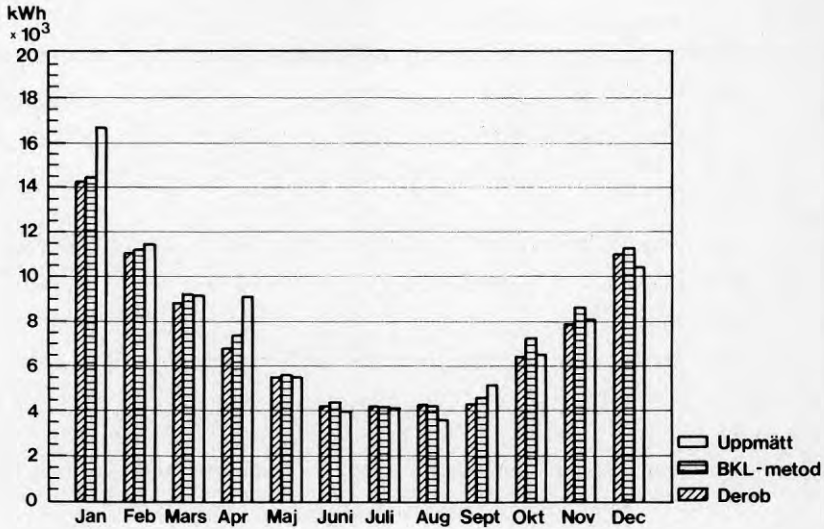


FIG.11.1 Jämförelse av beräknad totalel för en hel huslänga enligt BKL-metoden och DEROB med uppmätt energiförbrukning under kalenderåret 1982.

Avslutningsvis konstateras att lägenheterna i Taberg har en god energiekonomi. Detta beror framför allt på hög isoleringsstandard i kombination med direktverkande elvärme som har ett reglersystem som snabbt reagerar på gratisenergitillskott. Verandorna har en underordnad betydelse för lägenheternas energiförbrukning. Vid projekteringsarbetet har verandornas täthet och möjligheterna att utnyttja energitillskott från solstrålning överskattats. Bidraget från bovärme har underskattats. Dessa felskattningar har dock jämnat ut varandra och projekterad energiförbrukning för uppvärmning stämmer väl överens med den som erhålls ur en uppställd energibalans baserad på mätningarna, ca 60 kWh/m²,år. Detta kan jämföras med den energiförbrukning, 93 kWh/m²,år, som erhålls om husen utförs i SBN80-standard och utan glasverandor.

12 REFERENSER

- (1) ERIKSSON, B., 1982, Data rörande Sveriges temperaturklimat. Normalvärden 1951-80. SMHI, Rapport nr RMK 39.
- (2) TAESLER, R., 1972, Klimatdata för Sverige. Statens råd för byggnadsforskning.
- (3) ERIKSSON, B., 1977, Den dagliga och årliga variationen av temperatur, fuktighet och vindhastighet vid några orter i Sverige. SMHI, Rapport RMK 8.
- (4) ROBINSON, N., 1966, Solar Radiation. Elsevier Publishing Company, Amsterdam/London/New York.
- (5) MAZRIA, E., 1979, The Passive Solar Energy Book. Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- (6) SELLER, W.D., 1965, Physical climatology. University of Chicago Press, Chicago & London.
- (7) BROWN, G., ISFÄLT, E., 1974, Solinstrålning och solavskärmning. Statens råd för Byggnadsforskning, Rapport R19:1974.
- (8) Den svenska almanackan med utförligare astronomiska uppgifter för året 1986. ESSELTE, Stockholm 1985.
- (9) Handbook on methods of estimating solar radiation. Statens råd för Byggnadsforskning, D7:1985.
- (10) TAESLER, R., 1985, Klimatberoendet i bebyggelsens energibudget. Data och beräkningsmetoder. Statens råd för Byggnadsforskning, Rapport R116:1985.
- (11) TAESLER, R., ANDERSSON, C., 1985, En metod för beräkning av solstrålning från normala meteorologiska observationer. SEAS-bladet nr 1, Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH.

- (12) VOLZ, F.E., 1968, Turbidity at Uppsala from 1909 to 1922 from Sjöström's Solar Radiation Measurements, Sw.Met.Hydr. Inst., Communications Series B, No 22, sid 100-104.
- (13) LILJEQUIST, G.H., 1979, Strålning. Dept of Meteorology, University of Uppsala.
- (14) HOUGHTON, J.T., 1977, The physics of atmospheres, Appendices 8. Cambridge University Press, Cambridge.
- (15) THEKAEKARA, M.P., 1973, Solar Energy, 14, 107-27, Pergamon.
- (16) HAY, J.E., 1973, Short wave Radiation on Inclined Surfaces, Final Report, Dep. of Geography, Univ.of Br.Colombia, Vancouver.
- (17) VALKO, P., 1980, Some Empirical Properties of Solar Radiation and Related Parameters. Swiss Meteorological Institute, Zürich, sid 8.35-8.36.
- (18) HÖGLUND, B.I., MITALAS, G.P., STEPHENSON, D.G., 1967, Surface Temperatures and Heat Fluxes for flat Roofs. Journal Building Science, Vol 2, No 1, pp 29-36.
- (19) HÖGLUND, B.I., 1975, Calculating Extreme Surface Temperatures. Institutionen för Byggnadsteknik, KTH, meddelande nr 104.
- (20) BRUNT, D., 1952, Physical and Dynamic Meteorology. University Press, Cambridge.
- (21) FREDLUND, B., 1982, Energibesparing genom värmelagring i innertak med glaubersalt. Byggforskningsrådet, Rapport R26:1982.
- (22) ANDERSSON, H.E.B., LIEDQUIST, L., LINDBLAD, J., NORSTEN, L-Å., 1981, Kalibrering och provning av pyranometrar. Laboratoriet för fysikalisk mätteknik. Statens Provningsanstalt, SP-rapport 1981:1.

- (23) Svensk Byggnorm 1980, Utgåva 2, 1983, Statens Planverks författningssamling 1983:2. Stockholm.
- (24) Kommentarer till Svensk Byggnorm, Energihushållning mm, 1972, Statens Planverk 1977:3. Stockholm.
- (25) KÄLLBLAD, K., ADAMSON, B., 1984, The BKL-method. A simplified method to predict energy consumption in buildings. Swedish Council for Building Research, Document D8:1984.
- (26) KÄLLBLAD, K., 1985, Användarbeskrivning, datorprogrammet BKLMETODEN, Ver 85:1. Institutionen för Byggnadskonstruktionslära
- (27) SVENSSON, A., 1981, Värmeåtervinning ur ventilationsluft, Anderstorp 20, Skellefteå. Statens Institut för Byggnadsforskning. Meddelande M81:23. Gävle, dec 1981.
- (28) KÄLLBLAD, K., Personlig korrespondens.
- (29) TRNSYS, A Transient System Simulation Program. Engineering Experiment Station Report 38. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison, Madison Wisconsin, 1979.
- (30) ARUMI, F.N., WYSOCKI, M., 1979, The DEROB System Volume I, User's manual for the DEROB system. Numerical Simulation Laboratory, School of Architecture, University of Texas, Austin, USA.
- (31) ARUMI, F.N., 1979, The DEROB System Volume II, Explanatory Notes and Theory. Numerical Simulation Laboratory, School of Architecture, University of Texas, Austin, Texas, USA.
- (32) FREDLUND, B., KÄLLBLAD, K., 1985, Internt dokument, KBKL*DRBBKL1-FK. Institutionen för Byggnadskonstruktionslära, Lunds Tekniska Högskola.
- (33) BROWN, G., 1963, Metod för datamaskinberäkning av kyl- och värmebehov. VVS nr 11.

BILAGA A

I TAB.A1 redovisas teoretiska värmeövergångskoefficienter och i TAB.A2 till och med A8 sammanställs specifika transmissionsförluster för lägenheter, trapphus, verandor och för en hel huslänga.

TAB.A1 Teoretiska värmeövergångskoefficienter för ingående byggnadsdelar.

Byggnadsdel	Tjocklek (mm)	Material	Konduktivitet (W/m, °C)	Värmemotstånd (m ² °C/W)
Golv	160	Betong	1.7	0.09
	2x60	Märskkiva A-kval	0.04	3.00
	150	Lättklinker	0.6	0.25
		$m_i+m_u+m_j$ (inre/yttre randfält)	$k=0.18/0.25$	$\frac{2.2/0.7}{M_{tot}=5.54/4.04}$
Södervägg	13	Gipsskiva	0.22	0.06
	170	Mineralull	0.04	4.25
	9	Gipsskiva	0.22	0.04
	22	Träpanel	0.14	0.16
		m_i+m_u	$k=0.21$	$M_{tot}=4.76$
Norrvägg	13	Gipsskiva	0.22	0.06
	240	Mineralull	0.04	6.00
	9	Gipsskiva	0.23	0.04
	22	Träpanel	0.14	0.16
		m_i+m_u	$k=0.16$	$M_{tot}=6.26$
Gavelvägg, bottenvån	140	Betong	1.7	0.08
	200	Mineralull	0.04	5.00
	9	Gipsskiva	0.23	0.04
	22	Träpanel	0.14	0.16
		m_i+m_u	$k=0.18$	$M_{tot}=5.53$
Gavelvägg, övervån	13	Gipsskiva	0.22	0.06
	295	Regelskiva	0.04	7.38
	9	Gipsskiva	0.23	0.04
	22	Träpanel	0.14	0.16
		m_i+m_u	$k=0.13$	$M_{tot}=7.89$
Vindsbjälklag	13	Gipsskiva	0.22	0.06
	350	Bjälklagsskiva	0.04	8.75
		Yttertak		0.15
		m_i+m_u	$k=0.11$	$\frac{0.25}{M_{tot}=9.21}$
"Vindsbjälklag" för 2.5 rummare	135	Betong	1.7	0.08
	90	Mineralull	0.04	2.25
	13	Gipsskiva	0.33	0.04
		m_i+m_u	$k=0.38$	$M_{tot}=2.62$
"Vindsbjälklag" trapphus utbyggnad	180	Betong	1.7	0.11
	200	Mineralull	0.04	5.00
		Yttertak		0.15
		m_i+m_u	$k=0.18$	$\frac{0.25}{M_{tot}=5.51}$

TAB.A2 4-rums gavellägenhet. Areor, k-värden och summa kA

Byggnadsdel	k-värde W/m ² °C	Area m ²	kA W/°C
Golv		55.38	11.42
inre zon	0.18	34.68	
yttre randfält	0.25	20.7	
Tak	0.11	55.38	6.09
Vägg		87.73	14.86
norr	0.16	29.12	
söder	0.21	18.17	
öster/väster	0.16	39.91	
Fönster inkl karm		25.52	41.50
norr	1.70	5.82	
söder	1.60	18.89	
öster/väster	1.70	0.81	
Dörr	0.80	2.12	1.70
SUMMA			75.57
Lägenhetens volym =			276.9 m ³
Lägenhetens yta =			110.76 m ²

TAB.A3 4-rums mellanlägenhet. Areor, k-värden och summa kA

Byggnadsdel	k-värde W/m ² °C	Area m ²	kA W/°C
Golv		56.16	11.20
inre zon	0.18	40.56	
yttre randfält	0.25	15.60	
Tak	0.11	56.16	6.18
Vägg		48.28	8.69
norr	0.16	29.64	
söder	0.21	18.69	
Fönster inkl karm		24.71	40.12
norr	1.70	5.82	
söder	1.60	18.89	
Dörr	0.8	2.12	1.70
SUMMA			67.89
Lägenhetens volym =			280.8 m ³
Lägenhetens yta =			112.32 m ²

TAB.A4 2 1/2-rums lägenhet. Areor, k-värden och summa kA

Byggnadsdel	k-värde W/m ² °C	Area m ²	kA W/°C
Golv		69.33	13.83
inre zon	0.18	50.03	
yttre randfält	0.25	19.30	
Tak	0.38	4.98	1.89
Vägg		30.88	5.71
norr	0.16	15.34	
söder	0.21	11.67	
öster/väster	0.21	3.87	
Fönster inkl karm		19.04	30.81
norr	1.70	3.45	
söder	1.60	12.35	
öster/väster	1.60	3.24	
SUMMA			52.24
Lägenhetens volym =			173.3 m ³
Lägenhetens yta =			69.33 m ²

TAB.A5 2-rums lägenhet. Areor, k-värden och summa kA

Byggnadsdel	k-värde W/m ² °C	Area m ²	kA W/°C
Golv	-	-	-
Tak	0.11	64.35	7.08
Vägg		26.76	4.84
norr	0.16	15.34	
söder	0.21	11.42	
Fönster inkl karm		16.30	26.43
norr	1.70	3.45	
söder	1.60	12.85	
SUMMA			38.35
Lägenhetens volym =			160.9 m ³
Lägenhetens yta =			64.35 m ²

TAB.A6 Trapphus. Areor, k-värden och summa kA

Byggnadsdel	k-värde W/m ² °C	Area m ²	kA W/°C
Golv		25.58	5.22
inre zon	0.18	16.78	
yttre randfält	0.25	8.8	
Tak		25.98	3.53
	0.11	16.38	
	0.18	9.6	
Vägg		27.01	7.15
norr	0.16	9.28	
norr	0.32	5.54	
öster/väster	0.32	12.19	
Fönster	1.70	1.98	3.37
Dörr	1.80	4.62	8.32
SUMMA			27.59
Trapphusvolym =			105.9 m ³
Trapphusyta =			51.56 m ²

TAB.A7 Huslänga. Areor, k-värden och summa kA

Byggnadsdel	k-värde W/m ² °C	Area m ²	kA W/°C
Golv		387.32	
inre zon	0.18	267.32	48.12
yttre randfält	0.25	120.00	30.00
Tak		387.72	
vindsbjälklag	0.11	368.16	40.50
vid veranda	0.38	9.96	3.78
trapphuset	0.18	9.60	1.73
Vägg			
norr	0.16	188.16	30.11
norr	0.32	5.54	1.77
söder	0.21	119.90	25.18
öster/väster	0.16	79.82	12.77
öster/väster	0.32	12.19	3.90
öster/väster	0.21	7.74	1.63
Fönster inkl karm			
norr	1.70	39.06	66.40
söder	1.60	125.96	201.54
öster/väster	1.70	1.62	2.75
öster/väster	1.60	6.48	10.36
Dörr			
lägenhet	0.80	8.48	6.78
trapphus	1.80	4.62	8.32
SUMMA			495.64
Huslängans volym =			1889.7 m ³
Huslängans yta =			765.08 m ²

TAB.A8 Veranda. Areor, k-värden och summa kA

Lägenhetstyp	Byggnadsdel	k-värde W/m ² °C	Area m ²	kA W/°C
4 rok	Golv yttre	1.37	6.45	8.84
	Golv inre	0.45	7.42	3.34
	Tak	2.22	5.21	11.57
	Glastak	5.0	10.12	50.60
	Glasväggar	5.0	31.55	157.73
	SUMMA		60.75	232.08
	Verandans volym			60.17 m ³
2.5 rok	Golv yttre	1.37	6.57	9.00
	Golv inre	0.45	2.56	1.15
	Glastak	5.0	5.59	27.95
	Glasväggar	5.0	19.80	99.00
	SUMMA		34.52	137.10
	Verandans volym			23.59 m ³
2 rok	Tak	2.22	5.51	12.23
	Glastak	5.0	5.11	25.55
	Glasväggar	5.0	20.65	103.25
	SUMMA		31.27	141.03
	Verandans volym			25.28 m ³
Verandornas volym, hela längan				338.28 m ³

BILAGA B

Indata till BKL-metoden

I TAB.B1-B4 redovisas de enligt BKL-METOD-CLIMA beräknade förenklade klimatdata för Jönköpings flygplats åren 1981-1984. Beteckningar enligt nedan.

- I_{dH0} = diffus solstrålning för dag i månaden med den högsta totalstrålningen
- I_{RH0} = riktad solstrålning för dag i månaden med den högsta totalstrålningen
- I_{dH1} = diffus solstrålning dag d1 i varaktighetsdiagram för månadens solstrålning
- I_{RH1} = riktad solstrålning dag d1 i varaktighetsdiagram för månadens solstrålning
- I_{dH2} = diffus solstrålning dag d2 i varaktighetsdiagram för månadens solstrålning
- d1 = sista dag i varaktighetsdiagrammet för vilken den riktade solstrålningen $I_{RH}=0$, alt sista dag med solstrålning eller sista dag i diagrammet
- d2 = sista dag i varaktighetsdiagrammet för vilken solstrålningen $I_{RH}+I_{dH}=0$, alt sista dag i diagrammet
- d_m = antal dagar i månaden
- T_{um} = månadens medeltemperatur
- W_{RH} = total riktad solstrålning för månaden
- W_{dH} = total diffus solstrålning för månaden

TAB.B1 Klimatdata för Jönköpings flygplats 1981.

Latitud 57⁰45', longitud 14⁰05'.

(kWh)											
Mån	IdH0	IRH0	IdH1	IRH1	IdH2	d1	d2	dm	Tum	WRH	WdH
JAN	0.426	0.381	0.361	0.000	0.206	23	31	31	-3.80	4.38	11.32
FEB	1.109	0.885	0.956	0.000	0.380	18	28	28	-2.32	7.97	25.26
MAR	1.919	2.150	1.710	0.000	0.889	23	31	31	-1.20	24.73	52.13
APR	1.540	4.560	2.603	0.000	2.482	29	30	30	3.42	66.12	62.62
MAJ	2.681	4.644	2.815	0.000	2.665	30	31	31	11.06	69.66	85.18
JUN	3.500	3.288	2.808	0.000	2.366	27	30	30	12.31	44.39	92.92
JUL	1.878	5.422	3.172	0.000	2.560	27	31	31	14.42	73.20	79.64
AUG	2.574	3.878	2.140	0.000	1.996	30	31	31	13.53	58.17	72.78
SEP	1.927	2.666	1.458	0.000	0.504	23	30	30	10.65	30.66	45.79
OKT	1.103	1.004	0.703	0.000	0.293	24	31	31	4.83	12.05	25.16
NOV	0.443	0.664	0.364	0.000	0.046	21	30	30	0.72	6.97	10.32
DEC	0.379	0.171	0.303	0.000	0.168	20	31	31	-8.25	1.71	9.41

TAB.B2 Klimatdata för Jönköpings flygplats 1982.

Latitud 57⁰45', longitud 14⁰05'.

(kWh)											
Mån	IdH0	IRH0	IdH1	IRH1	IdH2	d1	d2	dm	Tum	WRH	WdH
JAN	0.479	0.435	0.361	0.000	0.097	21	31	31	-7.45	4.57	11.11
FEB	0.981	1.044	0.934	0.000	0.417	19	28	28	-4.44	9.92	24.27
MAR	2.381	1.773	1.520	0.000	0.888	25	31	31	1.49	22.16	55.99
APR	1.649	3.958	2.453	0.000	2.102	27	30	30	4.19	53.43	62.21
MAJ	2.467	5.300	2.725	0.000	1.515	25	31	31	8.93	66.25	77.62
JUN	2.253	6.570	2.938	0.000	2.517	28	30	30	12.09	91.98	78.13
JUL	1.746	7.119	2.719	0.391	2.719	31	31	31	17.04	116.40	69.21
AUG	1.728	5.393	2.319	0.000	1.804	28	31	31	15.36	75.50	62.84
SEP	1.840	2.496	1.586	0.000	1.491	29	30	30	11.39	36.19	51.22
OKT	1.180	0.751	0.585	0.000	0.192	24	31	31	7.27	9.01	23.90
NOV	0.474	0.628	0.330	0.000	0.000	21	30	30	3.75	6.59	9.93
DEC	0.273	0.188	0.211	0.000	0.092	21	31	31	-0.31	1.97	6.60

TAB.B3 Klimatdata för Jönköpings flygplats 1983.
 Latitud 57⁰45', longitud 14⁰05'.

(kWh)											
Mån	IdH0	IRH0	IdH1	IRH1	IdH2	d1	d2	dm	Tum	WRH	WdH
JAN	0.453	0.239	0.192	0.000	0.072	25	31	31	1.84	2.99	8.85
FEB	1.148	1.158	0.817	0.000	0.569	24	28	28	-4.70	13.90	26.35
MAR	2.412	1.177	1.474	0.000	0.609	22	31	31	0.87	12.95	52.12
APR	2.746	2.227	1.910	0.000	1.144	24	30	30	4.46	26.72	65.03
MAJ	3.470	2.781	2.457	0.000	1.894	27	31	31	9.31	37.54	88.72
JUN	2.004	6.668	3.346	0.000	2.526	26	30	30	13.07	86.68	81.29
JUL	2.325	5.714	2.973	0.667	2.973	31	31	31	16.62	98.91	82.12
AUG	1.806	5.227	2.582	0.000	2.433	30	31	31	15.83	78.41	68.33
SEP	1.794	2.356	1.424	0.000	1.005	26	30	30	10.77	30.63	46.69
OKT	0.964	1.116	0.705	0.000	0.501	27	31	31	6.67	15.07	24.94
NOV	0.456	0.614	0.372	0.000	0.118	22	30	30	0.83	6.75	11.07
DEC	0.296	0.192	0.190	0.000	0.069	22	31	31	-1.03	2.11	6.51

TAB.B4 Klimatdata för Jönköpings flygplats 1984.
 Latitud 57⁰45', longitud 14⁰05'.

(kWh)											
Mån	IdH0	IRH0	IdH1	IRH1	IdH2	d1	d2	dm	Tum	WRH	WdH
JAN	0.547	0.106	0.273	0.020	0.273	31	31	31	-2.42	1.95	12.71
FEB	1.296	0.341	0.910	0.000	0.582	20	29	29	-3.04	3.41	28.77
MAR	2.091	2.128	1.771	0.000	1.602	29	31	31	-2.29	30.86	59.37
APR	2.207	4.690	2.550	0.000	1.464	24	30	30	4.62	56.28	69.13
MAJ	1.887	5.600	3.004	0.000	2.340	27	31	31	10.34	75.60	76.72
JUN	3.067	4.153	3.086	0.000	2.791	28	30	30	12.52	58.14	92.02
JUL	2.804	4.929	2.863	0.000	2.863	31	31	31	14.95	76.40	87.84
AUG	2.190	4.440	2.069	0.000	1.917	30	31	31	15.20	66.60	65.88
SEP	1.595	2.521	1.523	0.000	0.580	22	30	30	9.06	27.73	42.71
OKT	1.068	0.919	0.681	0.000	0.226	23	31	31	8.58	10.57	23.74
NOV	0.471	0.355	0.308	0.000	0.049	20	30	30	3.48	3.55	9.57
DEC	0.257	0.132	0.173	0.000	0.055	20	31	31	0.41	1.32	5.55

I TAB.B5-B9 redovisas indata för beskrivning av lägenheter och trapphus enligt BKL-metoden.

Anvisningar till BKL-metodens kommandon i TAB.B4-B8 ges nedan

BOV månad	= energi/dygn
DÖRR nr	= bredd, höjd, väggnr, k-värde
FÖNSTER nr	= bredd, höjd, väggnr, k-värde
GLAS nr	= antal glas, solreduktion, k-värde
GOLV nr	= bredd, längd, k-värde
HÖGERSKÄRM nr	= bredd, avstånd underkant fönster, avstånd överkant fönster, avstånd höger- kant fönster
HÖJD	= rumshöjd
INFILTRATION månad	= infiltration
KARM nr	= bredd, k-värde
ORIENTERING väggnr	= riktning (0-360), lutning (0-90)
SOLFAKTOR månad	= reduceringsfaktor
TAK nr	= bredd, längd, k-värde
TIN månad	= temperatur
VENTILATION månad	= ventilation
VVX månad	= verkningsgrad
VÄGG nr	= bredd, höjd, k-värde
VÄNSTERSKÄRM nr	= bredd, avstånd underkant fönster, avstånd överkant fönster, avstånd vänster- kant fönster
YTA	= golvyta
ÖVERHÄNG nr	= bredd, avstånd vänsterkant fönster, avstånd högerkant fönster, avstånd över- kant fönster

TAB.B5 Indatabeskrivning enligt BKL-metoden för 4 rum och kök,
gavel.

100	TAK 1 = 10,5.538,0.11	440	KARM 1=.08,0
110	VÄGG 1 = 7.4124,5,0.21	450	KARM 2=.17,0
120	VÄGG 2=7.4124,5,0.16	460	KARM 3-4=.08,0
130	VÄGG 3=8.1432,5,.16	470	KARM 5=.19,0
140	GOLV 1=10,3.468,0.18	480	KARM 6=.21,0
150	GOLV 2=10,2.070,0.25	490	KARM 7=.11,0
160	ORI 1=180	500	KARM 8=.18,0
170	ORI 2=0	510	KARM 9-10=.11,0
180	ORI 3=90	520	KARM 11=.18,0
190	HÖJD=2.5	530	KARM 12=.21,0
200	VVX 1-12=0.5	540	KARM 13=.11,0
210	VENT 1-12=0.50	550	KARM 14=.11,0
220	INF 1-12=0.20	560	ÖVERHANG 1=1.4,10,10,.42
230	YTA=112.8	570	ÖVERHANG 2=1.4,10,10,.33
240	FÖ 1=.9,1.8,1,1.6	580	ÖVERHANG 3=1.4,10,10,.42
250	FÖ 2=1.2,2.07,1,1.6	590	ÖVERHANG 4=1.4,10,10,.42
260	FÖ 3=.9,1.8,1,1.6	600	ÖVERHANG 5=1.4,10,10,.31
270	FÖ 4=.9,1.8,1,1.6	610	ÖVERHANG 8=1.4,10,10,.32
280	FÖ 5=1.7,1.8,1,1.6	620	ÖVERHANG 9=1.4,10,10,.39
290	FÖ 6=1.75,1.2,2,1.7	630	ÖVERHANG 10=1.4,10,10,.39
300	FÖ 7=.9,.9,2,1.7	640	ÖVERHANG 11=1.4,10,10,.32
310	FÖ 8 =1.7,1.4,1,1.6	650	HÖG 1=3.7,10,.5,.15
320	FÖ 9=.9,2.07,1,1.6	660	HÖG 2=3.7,10,.5,1.25
330	FÖ 10=.9,2.07,1,1.6	670	HÖG 3=3.7,10,.5,2.65
340	FÖ 11=1.7,1.4,1,1.6	680	HÖG 4=3.7,10,.5,4.
350	FÖ 12=1.75,1.2,2,1.7	690	HÖG 5=3.7,10,.5,5.15
360	FÖ 13=.9,.9,2,1.7	700	VÄN 1=1.4,10,10,6.05
370	FÖ 14=1,.81,3,1.7	710	VÄN 2=1.4,10,10,4.65
380	DÖRR 1=1.0095,2.1,2,.8	720	VÄN 3=1.4,10,10,3.6
390	GLAS 1-5=4,0,0	730	VÄN 4=1.4,10,10,2.2
400	GLAS 8-11=4,0,0	740	VÄN 5=1.4,10,10,.2
410	GLAS 6-7=3,0,0	750	VÄN 8=1.4,10,10,5
420	GLAS 12-13=3,0,0	760	VÄN 9=1.4,10,10,3.8
430	GLAS 14=3,0,0	770	VÄN 10=1.4,10,10,2.2
		780	VÄN 11=1.4,10,10,.2
		790	TIN 1-12=20
		800	BOV 1-12=9.2
		810	SOLF 1-12=0.5
		820	ORT=9

TAB.B6 Indatabeskrivning enligt BKL-metoden för 4 rum och kök.

100	TAK 1 = 10,5.616,0.11	630	HÖG 3=3.7,10,.5,2.65
110	VÄGG 1 = 7.516,5,0.21	640	HÖG 4=3.7,10,.5,4.
120	VÄGG 2=7.516,5,0.16	650	HÖG 5=3.7,10,.5,5.15
130	GOLV 1=10,4.056,0.18	660	HÖG 8=2.6,10,10,.35
140	GOLV 2=10,1.560,0.25	670	HÖG 9=2.6,10,10,2.4
150	ORI 1=180	680	HÖG 10=2.6,10,10,3.95
160	ORI 2=0	690	HÖG 11=2.6,10,10,5.15
170	HÖJD=2.5	700	VÄN 1=1.4,10,10,6.05
180	VVX 1-12=0.50	710	VÄN 2=1.4,10,10,4.65
190	VENT 1-12 =0.50	720	VÄN 3=1.4,10,10,3.6
200	INF 1-12=0.20	730	VÄN 4=1.4,10,10,2.2
210	YTA=114	740	VÄN 5=1.4,10,10,.2
220	FÖ 1=.9,1.8,1,1.6	750	VÄN 8=1.4,10,10,5
230	FÖ 2=1.2,2.07,1,1.6	760	VÄN 9=1.4,10,10,3.8
240	FÖ 3=.9,1.8,1,1.6	770	VÄN 10=1.4,10,10,2.2
250	FÖ 4=.9,1.8,1,1.6	780	VÄN 11=1.4,10,10,.2
260	FÖ 5=1.7,1.8,1,1.6	790	TIN 1-12=20
270	FÖ 6=1.75,1.2,2,1.7	800	BOV 1-12=9.2
280	FÖ 7=.9,.9,2,1.7	810	SOLF 1-12=0.5
290	FÖ 8 =1.7,1.4,1,1.6	820	ORT=9
300	FÖ 9=.9,2.07,1,1.6		
310	FÖ 10=.9,2.07,1,1.6		
320	FÖ 11=1.7,1.4,1,1.6		
330	FÖ 12=1.75,1.2,2,1.7		
340	FÖ 13=.9,.9,2,1.7		
350	DÖRR 1=1.0095,2.1,2,.8		
360	GLAS 1-5=4,0,0		
370	GLAS 8-11=4,0,0		
380	GLAS 6-7=3,0,0		
390	GLAS 12-13=3,0,0		
400	KARM 1=.08,0		
410	KARM 2=.17,0		
420	KARM 3-4=.08,0		
430	KARM 5=.19,0		
440	KARM 6=.21,0		
450	KARM 7=.11,0		
460	KARM 8=.18,0		
470	KARM 9-10=.11,0		
480	KARM 11=.18,0		
490	KARM 12=.21,0		
500	KARM 13=.11,0		
510	ÖVERHANG 1=1.4,10,10,.42		
520	ÖVERHANG 2=1.4,10,10,.33		
530	ÖVERHANG 3=1.4,10,10,.42		
540	ÖVERHANG 4=1.4,10,10,.42		
550	ÖVERHANG 5=1.4,10,10,.31		
560	ÖVERHANG 8=1.4,10,10,.32		
570	ÖVERHANG 9=1.4,10,10,.39		
580	ÖVERHANG 10=1.4,10,10,.39		
590	ÖVERHANG 11=1.4,10,10,.32		
600	ÖVERHANG 8-11 =1.4,10,10,.5		
610	HÖG 1=3.7,10,.5,.15		
620	HÖG 2=3.7,10,.5,1.25		

TAB.B7 Indatabeskrivning enligt BKL-metoden för 2.5 rum och kök.

100	GOLV 1	=	10,5.003,0.18	550	ÖVERHANG 1	=	1.4,10,10,0.32
110	GOLV 2	=	10,1.934,0.25	560	ÖVERHANG 7	=	1.4,10,10,0.39
120	VÄGG 1	=	9.61,2.5,0.21	570	ÖVERHANG 8	=	1.4,10,10,0.32
130	VÄGG 2	=	7.52,2.5,0.16	580	ÖVERHANG 2	=	100,0.4,10,0.42
140	VÄGG 3	=	2.844,2.5,0.21	590	ÖVERHANG 6	=	100,0.4,10,0.42
145	TAK 1	=	3.56,1.4,.34	600	HÖGERSKÄRM 1	=	1.4,10,10,0.2
150	ORI 1	=	180	610	HÖGERSKÄRM 2	=	100,10,10,0
160	ORI 2	=	0	620	VÄNSTERSKÄRM 6	=	100,10,10,0
170	ORI 3	=	90	630	HÖGERSKÄRM 7	=	1.4,10,10,0
180	HÖJD	=	2.5	640	HÖGERSKÄRM 8	=	1.410,10,1.2
190	VVX 1-12	=	0.50	650	VÄNSTERSKÄRM 1	=	1.4,10,10,0
200	INF 1-12	=	0.20	660	VÄNSTERSKÄRM 7	=	1.4,10,10,2.3
210	YTA	=	69.69	670	VÄNSTERSKÄRM 8	=	1.4,10,10,0.2
220	FÖ 1	=	1.7,1.4,1,1.6	680	TIN 1-12	=	20
230	FÖ 2	=	0.9,1.8,3,1.6	690	BOV 1-12	=	7.0
240	FÖ 3	=	0.9,1.8,1,1.6	700	SOLF 1-12	=	0.5
250	FÖ 4	=	1.2,2.07,1,1.6	710	ORT=9		
260	FÖ 5	=	0.9,1.8,1,1.6	720	VENT 1-12	=	.50
270	FÖ 6	=	0.9,1.8,3,1.6				
280	FÖ 7	=	0.9,2.07,1,1.6				
290	FÖ 8	=	1.7,1.4,1,1.6				
300	FÖ 9	=	1.75,1.2,2,1.7				
310	FÖ 10	=	0.6,0.9,2,1.7				
320	FÖ 11	=	0.9,0.9,2,1.7				
330	GLAS 1	=	4,0,0				
340	GLAS 3	=	4,0,0				
350	GLAS 4	=	4,0,0				
360	GLAS 5	=	4,0,0				
370	GLAS 7	=	4,0,0				
380	GLAS 8	=	4,0,0				
390	GLAS 2	=	4,0.00,0				
400	GLAS 6	=	4,0.00,0				
410	GLAS 9	=	3,0,0				
420	GLAS 10	=	3,0,0				
430	GLAS 11	=	3,0,0				
440	KÄRM 1	=	0.18,0				
450	KÄRM 8	=	0.18,0				
460	KÄRM 2	=	0.08,0				
470	KÄRM 3	=	0.08,0				
480	KÄRM 5	=	0.08,0				
490	KÄRM 6	=	0.08,0				
500	KÄRM 4	=	0.17,0				
510	KÄRM 7	=	0.11,0				
520	KÄRM 10	=	0.11,0				
530	KÄRM 11	=	0.11,0				
540	KÄRM 9	=	0.21,0				

TAB.B8 Indatabeskrivning enligt BKL-metoden för 2 rum och kök.

100 TAK 1=10,6.435,.11
110 VÄGG 1 = 9.71,2.5,0.21
120 VÄGG 2 = 7.52,2.5,0.16
130 ORI 1 = 180
140 ORI 2 = 0
150 HÖJD 2.5
160 VVX 1-12 = 0.50
170 VENT 1-12 = 0.50
180 INF 1-12 = 0.20
190 YTA = 64.67
200 FÖ 1 = 1.7,1.8,1,1.6
210 FÖ 2 = 1.2,2.1,1,1.6
220 FÖ 3 = 1.7,1.8,1,1.6
230 FÖ 4 = 0.9,2.1,1,1.6
240 FÖ 5 = 1.7,1.4,1,1.6
250 FÖ 6 = 1.75,1.2,2,1.7
260 FÖ 7 = 0.6,0.9,2,1.7
270 FÖ 8 = 0.9,0.9,2,1.7
280 GLAS 1-5 = 4,0,0,0
290 GLAS 6-8 = 3,0,0,0
300 KARM 1 = 0.19,0
310 KARM 2 = 0.17,0
320 KARM 3 = 0.19,0
330 KARM 4 = 0.11,0
340 KARM 5 = 0.18,0
350 KARM 6 = 0.21,0
360 KARM 7-8 = 0.11,0
370 ÖVERHÄNG 1 = 1.4,10,10,0.31
380 ÖVERHÄNG 2 = 1.4,10,10,0.33
390 ÖVERHÄNG 3 = 1.4,10,10,0.31
400 ÖVERHÄNG 4 = 1.4,10,10,0.39
410 ÖVERHÄNG 5 = 1.4,10,10,0.32
420 HÖGERSKÄRM 1 = 1.4,10,10,0.2
430 HÖGERSKÄRM 2 = 1.4,10,10,2.4
440 HÖGERSKÄRM 3 = 1.4,10,10,3.9
450 HÖGERSKÄRM 4 = 1.4,10,10,6.1
460 HÖGERSKÄRM 5 = 1.4,10,10,7.3
470 VÄNSTERSKÄRM 1 = 1.4,10,10,7.2
480 VÄNSTERSKÄRM 2 = 1.4,10,10,6.7
490 VÄNSTERSKÄRM 3 = 1.4,10,10,3.6
500 VÄNSTERSKÄRM 4 = 1.4,10,10,2.2
510 VÄNSTERSKÄRM 5 = 1.4,10,10,0.2
520 TIN 1-12 = 20
530 BOV 1-12 = 7.0
540 ORT=9
550 SOLF 1-12=0.50

TAB.B9 Indatabeskrivning enligt BKL-metoden för trapphus.

100 TAK 1=10,1.638,.11
110 TAK 2=10,.96,.18
120 VÄGG 1=4.504,2.5,.15
130 VÄGG 2=4.064,2.5,.32
140 VÄGG 3=4.876,2.5,.32
150 GOLV 1=10,1.678,.18
160 GOLV 2=10,.88,.25
170 ORI 1=0
180 ORI 2=0
190 ORI 3=90
200 HÖJD=2.5
210 VVX 1-12=0
220 VENT 1-12=.5
230 INF 1-12=.20
240 YTA=41.2
250 FÖ 1=2.2,.9,1,1.7
260 GLAS 1=3,0,0
270 KARM 1=.1,0
280 DÖRR 1=2.2,2.1,2,1.8
290 TIN 1-12=20
300 BOV 1-12=0
310 SOLF 1-12=0.5
320 ORT=9

BILAGA C

I TAB.C1 redovisas en sammanställning av ventilationsaggregatets inställning i varje lägenhet baserad på intervjuundersökningar.

I TAB.C2 har data enligt TAB.C1, med de förutsättningar som anges i avsnitt 7.4, omräknats till motsvarande luftomsättningar och specifika ventilationsförluster.

TAB.C1 Grundventilationens inställning vintertid enligt hushållens egna utsagor vinter 1 och 2. Antal h/dygn fördelat på normalläge och minläge. Ev forcerad ventilation vid matlagning ingår ej.

Lgh- beteckn	Vinter 1 (1981-82)			Vinter 2 (1982-83)			Anm
	Normal- läge h/dygn	Min- läge h/dygn	Motor- varvs- inställn	Normal- läge h/dygn	Min- läge h/dygn	Motor- varvs- inställn	
A1	8	16	2	8	16	2	
A2	24	0	2	24	0	2	
A3	-	-	-	-	-	-	Bortfall
A4	16	8	1	16	8	1	
A5	2	22	1	16	8	1	Vinter 1; vädrar dagl
A6	24	0	1	24	0	1	
A7	20	4	2	2	22	2	
A8	24	0	2	24	0	2	
B1	0	24	2	0	24	2	Vädrar,öppet på övervån dygnet runt
B2	24	0	2	24	0	2	
B3	16	8	2	-	-	-	Bortfall,nytt hushåll
B4	24	0	1	24	0	1	
B5	16	8	1	24	0	1	
B6	4	20	2	12	12	2	
B7	0	24	2	2	22	2	
B8	0	24	2	2	22	2	
C1	1)	1)	1)	2)	2)	2)	
C2	22	2	3	24	0	3	
C3	24	0	1	24	0	1	
C4	24	0	1	24	0	1	
C5	24	0	1	24	0	1	
C6	20	4	1	4	20	1	
C7	0	24	3	20	4	3	
C8	20	4	3	20	4	3	
D1	24	0	3	24	0	3	
D2	24	0	3	0*	24	3	*)morgonvädr
D3	24	0	2	16	8	2	
D4	24	0	2	24	0	2	
D5	16	8	2	16	8	2	
D6	16	8	1	16	8	1	
D7	0	24	3	0	24	3	
D8	24	0	2	24	0	2	

1) inflyttning 17 april

2) motstridiga uppgifter

TAB.C2 Fläktstyrd luftomsättning och totala specifika ventilationsförluster baserade på grundventilationens inställning enligt TAB.C1. Verkningsgrad värmeväxlare = 0.5 och infiltration = 0.07 h^{-1} . Total luftomsättning erhålls genom att addera infiltrationen 0.07 h^{-1}

Lgh- beteckn	Vinter 1 (1981-82)		Vinter 2 (1982-83)	
	Luft- omsättning	Specifika förluster	Luft- omsättning	Specifika förluster
	h^{-1}	$\text{W}/^{\circ}\text{C}$	h^{-1}	$\text{W}/^{\circ}\text{C}$
A1	0.29	20.0	0.29	20.0
A2	0.40	25.4	0.40	25.4
A3	0.59	21.2	0.59	21.2
A4	0.56	18.9	0.56	18.9
A5	0.38	15.1	0.51	18.9
A6	0.64	21.1	0.64	21.1
A7	0.37	24.0	0.25	18.3
A8	0.40	25.1	0.40	25.1
B1	0.24	17.7	0.24	17.7
B2	0.40	25.4	0.40	25.4
B3	0.57	20.6	0.57	20.6
B4	0.64	21.1	0.64	21.1
B5	0.51	18.9	0.59	21.2
B6	0.44	15.7	0.56	18.9
B7	0.24	17.9	0.25	18.3
B8	0.24	17.7	0.25	18.1
C1	0.46	27.9	0.46	27.9
C2	0.44	27.3	0.46	28.2
C3	0.59	21.2	0.59	21.2
C4	0.64	21.1	0.64	21.1
C5	0.59	21.2	0.59	21.2
C6	0.60	20.0	0.43	15.4
C7	0.24	17.9	0.42	26.3
C8	0.42	26.1	0.42	26.1
D1	0.46	27.9	0.46	27.9
D2	0.46	28.2	0.24	17.9
D3	0.68	23.8	0.57	20.6
D4	0.73	23.5	0.73	23.5
D5	0.57	20.6	0.57	20.6
D6	0.56	18.9	0.56	18.9
D7	0.24	17.9	0.24	17.9
D8	0.46	27.9	0.46	27.9

BILAGA D Innetemperaturer och energiförbrukning i lägenhet
C1-C4

Redovisning av uppmätta innetemperaturer och energiförbrukningar
månadsvis i lägenheterna C1-C4 under kalenderåret 1982.

Den förhöjda ventilationselelen under höst och vår beror på att
eftervärmningen i ventilationsvärmväxlaren startar på grund av
låga tilluftstemperaturer. I den senare analysen av energiför-
brukningen för lägenheterna har den förhöjda ventilationselelen
utöver den som åtgår för fläktarna adderats till radiatorelelen.

Elförbrukningarna i TAB.D1-D4 redovisas med decimalerna helt
strukna, varför en årssummering av dessa värden ger en total-
energi som är något mindre än den totalt uppmätta.

TAB.D1 Energiförbrukning och innetemperatur månadsvis
i lägenhet C1. Under januari, februari och mars
var lägenheten obebodd.

Månad	TOTEL kWh	RADEL kWh	VENTEL kWh	VVBEL kWh	HHEL kWh	TEMP °C
1	1532	1323	29	154	24	16.7
2	1203	1022	27	147	6	17.5
3	970	788	31	149	1	18.2
4	1042	675	31	257	77	20.3
5	1024	488	32	346	157	22.6
6	693	193	30	308	159	22.9
7	394	28	31	204	129	23.9
8	614	92	32	300	189	23.8
9	687	203	31	276	177	22.6
10	1089	531	41	309	206	21.9
11	1309	757	50	299	201	22.0
12	1840	1021	181	351	285	21.4

TAB.D2 Energiförbrukning och innetemperatur månadsvis
i lägenhet C2

Månad	TOTEL kWh	RADEL kWh	VENTEL kWh	VVBEL kWh	HHEL kWh	TEMP °C
1	2459	1641	178	325	315	21.9
2	2080	1319	185	310	266	21.7
3	1838	1048	108	388	294	21.9
4	1589	875	94	368	252	22.0
5	1114	396	90	387	241	22.2
6	763	200	84	268	211	22.6
7	753	53	89	365	246	24.1
8	778	53	93	362	270	23.6
9	935	249	82	333	271	22.6
10	1282	536	89	338	319	22.1
11	1510	733	97	371	309	22.0
12	1751	912	116	368	355	21.6

TAB.D3 Energiförbrukning och innetemperatur månadsvis
i lägenhet C3

Månad	TOTEL kWh	RADEL kWh	VENTEL kWh	VVBEL kWh	HHEL kWh	TEMP °C
1	1519	657	149	399	313	20.2
2	1259	608	117	375	158	20.7
3	1126	408	96	440	180	20.7
4	834	225	69	380	158	20.6
5	693	137	54	354	147	21.3
6	535	0	50	325	159	22.5
7	437	0	52	241	143	22.2
8	509	0	52	285	172	24.4
9	534	0	51	296	186	22.4
10	697	102	50	338	205	20.7
11	895	319	47	338	190	20.6
12	1276	589	49	385	252	20.7

TAB.D4 Energiförbrukning och innetemperatur månadsvis
i lägenhet C4

Månad	TOTEL kWh	RADEL kWh	VENTEL kWh	VVBEL kWh	HHEL kWh	TEMP °C
1	1131	877	58	157	37	20.9
2	835	588	79	138	28	20.7
3	721	434	61	159	66	21.1
4	556	288	52	131	83	21.8
5	509	174	55	132	147	22.5
6	321	35	51	139	94	23.9
7	303	0	53	143	106	25.5
8	283	0	53	132	96	25.7
9	241	0	52	125	62	22.2
10	632	356	54	146	76	21.9
11	735	493	52	126	62	21.7
12	1030	646	53	177	153	21.4

BILAGA E Bovärme, beredarförluster och avloppsförluster
i lägenhet C1-C4.

I TAB.E1 redovisas beredarförluster som bidrar till lägenheternas bovärme och avloppsförluster för lägenheterna C1-C4. Uppdelningen av till varmvattenberedaren tillförd energi har genomförts enligt de riktlinjer som redovisas i avsnitt 7.5.3.

I TAB.E2 sammanställs bovärmerna i lägenheterna C1-C4 beräknad enligt

$$\text{Bovärme} = \text{Personvärme} + \text{Beredarförluster} + \text{Tilluftsfläkt} + \text{Hushållsel}$$

I TAB.E3 redovisas bovärmerna för lägenheterna C1-C4 korrigerad för transmission mellan lägenheter respektive lägenheter och trapphus enligt TAB.7.13.

TAB.E1 Beredarförluster och avloppsförluster i lgh C1-C4 kalenderåret 1982.

Månad	Lägenhet C1	Lägenhet C2	Lägenhet C3	Lägenhet C4
	beredar förl W	av- lopp W	beredar förl W	av- lopp W
Jan	208	0	141	296
Febr	208	11	141	320
Mars	199	2	141	381
April	141	217	141	371
Maj	141	324	141	380
Juni	141	288	141	232
Juli	141	134	141	351
Aug	141	263	141	346
Sept	141	242	141	322
Okt	141	275	141	314
Nov	141	275	141	375
Dec	141	331	141	354

TAB.E2 Sammanställning av bovärme i lägenhet C1-C4 under kalenderåret 1982.

Månad	Bovärme (W)			
	Lgh C1	Lgh C2	Lgh C3	Lgh C4
Jan	263	854	703	286
Febr	239	828	517	271
Mars	222	827	525	316
April	349	781	502	333
Maj	531	756	479	410
Juni	542	725	503	330
Juli	494	763	475	330
Aug	575	795	513	320
Sept	566	809	541	298
Okt	597	860	558	313
Nov	599	861	547	299
Dec	704	908	620	427

TAB.E3 Bovärme enligt TAB.E2 korrigerad för transmission mellan lägenheter respektive lägenheter och trapphus enligt TAB.7.13 uttryckt i Wh/dygn.

Månad	Bovärme (Wh/dygn)			
	Lgh C1	Lgh C2	Lgh C3	Lgh C4
Jan	9048	17040	15408	5568
Febr	7947	17136	11376	6456
Mars	7274	17376	11616	7056
April	9264	17400	12168	6768
Maj	12528	18168	11880	8472
Juni	12840	17856	12504	6144
Juli	11952	18576	11664	7296
Aug	13704	19920	12336	5784
Sept	13584	19272	11928	7080
Okt	14424	20088	13848	5856
Nov	13848	20736	13128	5304
Dec	16992	21384	13920	8640

BILAGA F

Indata till BKL-metoden

I TAB.F1-F5 redovisas indata för beskrivning av lägenheter och trapphus enligt BKL-metoden baserade på mätningar.

Anvisningar till BKL-metodens kommandon i TAB.F1-F5 ges nedan

BOV månad	= energi/dygn
DÖRR nr	= bredd, höjd, väggnr, k-värde
FÖNSTER nr	= bredd, höjd, väggnr, k-värde
GLAS nr	= antal glas, solreduktion, k-värde
GOLV nr	= bredd, längd, k-värde
HÖGERSKÄRM nr	= bredd, avstånd underkant fönster, avstånd överkant fönster, avstånd höger- kant fönster
HÖJD	= rumshöjd
INFILTRATION månad	= infiltration
KARM nr	= bredd, k-värde
ORIENTERING väggnr	= riktning (0-360), lutning (0-90)
SOLFAKTOR månad	= reduceringsfaktor
TAK nr	= bredd, längd, k-värde
TIN månad	= temperatur
VENTILATION månad	= ventilation
VVX månad	= verkningsgrad
VÄGG nr	= bredd, höjd, k-värde
VÄNSTERSKÄRM nr	= bredd, avstånd underkant fönster, avstånd överkant fönster, avstånd vänster- kant fönster
YTA	= golvyta
ÖVERHÄNG nr	= bredd, avstånd vänsterkant fönster, avstånd högerkant fönster, avstånd över- kant fönster

TAB.F1 Indatabeskrivning enligt BKL-metoden för 4 rum och kök,
gavel, lgh C1.

100	TAK 1 = 10,5.538,0.11	670	HÖG 1=3.7,10,,.5,.15
110	VÄGG 1 = 7.4124,5,0.21	680	HÖG 2=3.7,10,,.5,1.25
120	VÄGG 2=7.4124,5,0.16	690	HÖG 3=3.7,10,,.5,2.65
130	VÄGG 3=8.1432,5,.16	700	HÖG 4=3.7,10,,.5,4.
140	GOLV 1=10,3.468,0.18	710	HÖG 5=3.7,10,,.5,5.15
150	GOLV 2=10,2.070,0.25	720	VÄN 1=1.4,10,10,6.05
160	ORI 1=180	730	VÄN 2=1.4,10,10,4.65
170	ORI 2=0	740	VÄN 3=1.4,10,10,3.6
180	ORI 3=90	750	VÄN 4=1.4,10,10,2.2
190	HÖJD=2.5	760	VÄN 5=1.4,10,10,.2
200	VVX 1-12=0.5	770	VÄN 8=1.4,10,10,5
210	VENT 1-4=0.24	780	VÄN 9=1.4,10,10,3.8
220	VENT 5-12=0.24	790	VÄN 10=1.4,10,10,2.2
230	INF 1-4=0.07	800	VÄN 11=1.4,10,10,.2
240	INF 5-12=.34	810	SOLF 1-4 = 0.38
250	YTA=112.8	820	SOLF 5-12 = 0.20
260	FÖ 1=.9,1.8,1,1.6	830	ORT=8
270	FÖ 2=1.2,2.07,1,1.6	840	TIN 1 = 16.7
280	FÖ 3=.9,1.8,1,1.6	850	TIN 2 = 17.5
290	FÖ 4=.9,1.8,1,1.6	860	TIN 3 = 18.2
300	FÖ 5=1.7,1.8,1,1.6	870	TIN 4 = 20.3
310	FÖ 6=1.75,1.2,2,1.7	880	TIN 5 = 22.6
320	FÖ 7=.9,.9,2,1.7	890	TIN 6 = 22.9
330	FÖ 8 =1.7,1.4,1,1.6	900	TIN 7 = 23.9
340	FÖ 9=.9,2.07,1,1.6	910	TIN 8 = 23.8
350	FÖ 10=.9,2.07,1,1.6	920	TIN 9 = 22.6
360	FÖ 11=1.7,1.4,1,1.6	930	TIN 10 = 21.9
370	FÖ 12=1.75,1.2,2,1.7	940	TIN 11 = 22.0
380	FÖ 13=.9,.9,2,1.7	950	TIN 12 = 21.4
390	FÖ 14=1,.81,3,1.7	960	BOV 1 = 9.053
400	DÖRR 1=1.0095,2.1,2,.8	970	BOV 2 = 7.947
410	GLAS 1-5=4,0,0	980	BOV 3 = 7.278
420	GLAS 8-11=4,0,0	990	BOV 4 = 9.270
430	GLAS 6-7=3,0,0	1000	BOV 5 = 12.532
440	GLAS 12-13=3,0,0	1010	BOV 6 = 12.833
450	GLAS 14=3,0,0	1020	BOV 7 = 11.943
460	KARM 1=.08,0	1030	BOV 8 = 13.696
470	KARM 2=.17,0	1040	BOV 9 = 13.587
480	KARM 3-4=.08,0	1050	BOV 10 = 14.424
490	KARM 5=.19,0	1060	BOV 11 = 13.852
500	KARM 6=.21,0	1070	BOV 12 = 16.992
510	KARM 7=.11,0		
520	KARM 8=.18,0		
530	KARM 9-10=.11,0		
540	KARM 11=.18,0		
550	KARM 12=.21,0		
560	KARM 13=.11,0		
570	KARM 14=.11,0		
580	ÖVERHÄNG 1=1.4,10,10,.42		
590	ÖVERHÄNG 2=1.4,10,10,.33		
600	ÖVERHÄNG 3=1.4,10,10,.42		
610	ÖVERHÄNG 4=1.4,10,10,.42		
620	ÖVERHÄNG 5=1.4,10,10,.31		
630	ÖVERHÄNG 8=1.4,10,10,.32		
640	ÖVERHÄNG 9=1.4,10,10,.39		
650	ÖVERHÄNG 10=1.4,10,10,.39		
660	ÖVERHÄNG 11 =1.4,10,10,.32		

TAB.F2 Indatabeskrivning enligt BKL-metoden för 4 rum och kök,
lgh C2.

100	TAK 1	=	10,5.616,0.11
110	VÄGG 1	=	7.516,5,0.21
120	VÄGG 2	=	7.516,5,0.16
130	GOLV 1	=	10,4.056,0.18
140	GOLV 2	=	10,1.560,0.25
150	ORI 1	=	180
160	ORI 2	=	0
170	HÖJD	=	2.5
180	VVX 1-12	=	0.50
190	VENT 1-12	=	0.46
200	INF 1-12	=	0.20
210	YTA	=	114
220	FÖ 1	=	.9,1.8,1,1.6
230	FÖ 2	=	1.2,2.07,1,1.6
240	FÖ 3	=	.9,1.8,1,1.6
250	FÖ 4	=	.9,1.8,1,1.6
260	FÖ 5	=	1.7,1.8,1,1.6
270	FÖ 6	=	1.75,1.2,2,1.7
280	FÖ 7	=	.9,.9,2,1.7
290	FÖ 8	=	1.7,1.4,1,1.6
300	FÖ 9	=	.9,2.07,1,1.6
310	FÖ 10	=	.9,2.07,1,1.6
320	FÖ 11	=	1.7,1.4,1,1.6
330	FÖ 12	=	1.75,1.2,2,1.7
340	FÖ 13	=	.9,.9,2,1.7
350	DÖRR 1	=	1.0095,2.1,2,.8
360	GLAS 1-5	=	4,0,0
370	GLAS 8-11	=	4,0,0
380	GLAS 6-7	=	3,0,0
390	GLAS 12-13	=	3,0,0
400	KARM 1	=	.08,0
410	KARM 2	=	.17,0
420	KARM 3-4	=	.08,0
430	KARM 5	=	.19,0
440	KARM 6	=	.21,0
450	KARM 7	=	.11,0
460	KARM 8	=	.18,0
470	KARM 9-10	=	.11,0
480	KARM 11	=	.18,0
490	KARM 12	=	.21,0
500	KARM 13	=	.11,0
510	ÖVERHÄNG 1	=	1.4,10,10,.42
520	ÖVERHÄNG 2	=	1.4,10,10,.33
530	ÖVERHÄNG 3	=	1.4,10,10,.42
540	ÖVERHÄNG 4	=	1.4,10,10,.42
550	ÖVERHÄNG 5	=	1.4,10,10,.31
560	ÖVERHÄNG 8	=	1.4,10,10,.32
570	ÖVERHÄNG 9	=	1.4,10,10,.39
580	ÖVERHÄNG 10	=	1.4,10,10,.39
590	ÖVERHÄNG 11	=	1.4,10,10,.32
600	HÖG 1	=	3.7,10,.5,.15
610	HÖG 2	=	3.7,10,.5,1.25
620	HÖG 3	=	3.7,10,.5,2.65
630	HÖG 4	=	3.7,10,.5,4.
640	HÖG 5	=	3.7,10,.5,5.15
650	HÖG 8	=	2.6,10,10,.35
660	HÖG 9	=	2.6,10,10,2.4
670	HÖG 10	=	2.6,10,10,3.95
680	HÖG 11	=	2.6,10,10,5.15
690	VÄN 1	=	1.4,10,10,6.05
700	VÄN 2	=	1.4,10,10,4.65
710	VÄN 3	=	1.4,10,10,3.6
720	VÄN 4	=	1.4,10,10,2.2
730	VÄN 5	=	1.4,10,10,.2
740	VÄN 8	=	1.4,10,10,5
750	VÄN 9	=	1.4,10,10,3.8
760	VÄN 10	=	1.4,10,10,2.2
770	VÄN 11	=	1.4,10,10,.2
780	SOLF 1-12	=	0.0
790	ORT	=	9
800	TIN 1	=	21.9
810	TIN 2	=	21.7
820	TIN 3	=	21.9
830	TIN 4	=	22.0
840	TIN 5	=	22.2
850	TIN 6	=	22.6
860	TIN 7	=	24.1
870	TIN 8	=	23.6
880	TIN 9	=	22.6
890	TIN 10	=	22.1
900	TIN 11	=	22.0
910	TIN 12	=	21.6
920	BOV 1	=	17.045
930	BOV 2	=	17.136
940	BOV 3	=	17.369
950	BOV 4	=	17.401
960	BOV 5	=	18.165
970	BOV 6	=	17.849
980	BOV 7	=	18.566
990	BOV 8	=	19.914
1000	BOV 9	=	19.259
1010	BOV 10	=	20.092
1020	BOV 11	=	20.729
1030	BOV 12	=	21.381

TAB.F3 Indatabeskrivning enligt BKL-metoden för 2.5 rum och kök,
lgh C3.

100 GOLV 1 = 10,5.003,0.18	610 HÖGERSKÄRM 1 = 1.4,10,10,0.2
110 GOLV 2 = 10,1.934,0.25	620 HÖGERSKÄRM 2 = 100,10,10,0
120 VÄGG 1 = 9.61,2.5,0.21	630 VÄNSTERSKÄRM 6 =100,10,10,0
130 VÄGG 2 = 7.52,2.5,0.16	640 HÖGERSKÄRM 7 = 1.4,10,10,0
140 VÄGG 3 = 2.844,2.5,0.21	650 HÖGERSKÄRM 8 = 1.410,10,1.2
150 TAK 1=3.56,1.4,.34	660 VÄNSTERSKÄRM 1 = 1.4,10,10,0
160 ORI 1 = 180	670 VÄNSTERSKÄRM 7 = 1.4,10,10,2.3
170 ORI 2 = 0	680 VÄNSTERSKÄRM 8 = 1.4,10,10,0.2
180 ORI 3 = 90	690 SOLF 1-12 = 0.26
190 HÖJD = 2.5	700 ORT = 9
200 VVX 1-12 = 0.58	710 VENT 1-12=.43
210 INF 1-12 = 0.07	720 TIN 1 = 20.2
220 YTA = 69.69	730 TIN 2 = 20.7
230 FÖ 1 = 1.7,1.4,1,1.6	740 TIN 3 = 20.7
240 FÖ 2 = 0.9,1.8,3,1.6	750 TIN 4 = 20.6
250 FÖ 3 = 0.9,1.8,1,1.6	760 TIN 5 = 21.3
260 FÖ 4 = 1.2,2.07,1,1.6	770 TIN 6 = 22.5
270 FÖ 5 = 0.9,1.8,1,1.6	780 TIN 7 = 24.2
280 FÖ 6 = 0.9,1.8,3,1.6	790 TIN 8 = 24.4
290 FÖ 7 = 0.9,2.07,1,1.6	800 TIN 9 = 22.4
300 FÖ 8 = 1.7,1.4,1,1.6	810 TIN 10 = 20.7
310 FÖ 9 = 1.75,1.2,2,1.7	820 TIN 11 = 20.6
320 FÖ 10 = 0.6,0.9,2,1.7	830 TIN 12 = 20.7
330 FÖ 11 = 0.9,0.9,2,1.7	840 BOV 1 = 15.399
340 GLAS 1 = 4,0,0	850 BOV 2 = 11.365
350 GLAS 3 = 4,0,0	860 BOV 3 = 11.607
360 GLAS 4 = 4,0,0	870 BOV 4 = 12.162
370 GLAS 5 = 4,0,0	880 BOV 5 = 11.882
380 GLAS 7 = 4,0,0	890 BOV 6 = 12.500
390 GLAS 8 = 4,0,0	900 BOV 7 = 11.657
400 GLAS 2 = 4,0.00,0	910 BOV 8 = 12.329
410 GLAS 6 = 4,0.00,0	920 BOV 9 = 11.917
420 GLAS 9 = 3,0,0	930 BOV 10 = 13.848
430 GLAS 10 = 3,0,0	940 BOV 11 = 13.115
440 GLAS 11 = 3,0,0	950 BOV 12 = 13.925
450 KÄRM 1 = 0.18,0	
460 KÄRM 8 = 0.18,0	
470 KÄRM 2 = 0.08,0	
480 KÄRM 3 = 0.08,0	
490 KÄRM 5 = 0.08,0	
500 KÄRM 6 = 0.08,0	
510 KÄRM 4 = 0.17,0	
520 KÄRM 7 = 0.11,0	
530 KÄRM 10 = 0.11,0	
540 KÄRM 11 = 0.11,0	
550 KÄRM 9 = 0.21,0	
560 ÖVERHÄNG 1 = 1.4,10,10,0.32	
570 ÖVERHÄNG 7 = 1.4,10,10,0.39	
580 ÖVERHÄNG 8 = 1.4,10,10,0.32	
590 ÖVERHÄNG 2 = 100,0.4,10,0.42	
600 ÖVERHÄNG 6 = 100,0.4,10,0.42	

TAB.F4 Indatabeskrivning enligt BKL-metoden för 2 rum och kök,
lgh C4.

100 TAK 1=10,6.435,.11	500 ORT=9
110 VÄGG 1 = 9.71,2.5,0.21	510 SOLF 1-12 = 0.55
120 VÄGG 2 = 7.52,2.5,0.16	520 TIN 1 = 20.9
130 ORI 1 = 180	530 TIN 2 = 20.7
140 ORI 2 = 0	540 TIN 3 = 21.1
150 HÖJD 2.5	550 TIN 4 = 21.8
160 VVX 1-12 = 0.54	560 TIN 5 = 22.5
170 VENT 1-12 = 0.57	570 TIN 6 = 23.9
180 INF 1-12 = 0.07	580 TIN 7 = 25.5
190 YTA = 64.67	590 TIN 8 = 25.7
200 FÖ 1 = 1.7,1.8,1,1.6	600 TIN 9 = 22.2
210 FÖ 2 = 1.2,2.1,1,1.6	610 TIN 10 = 21.9
220 FÖ 3 = 1.7,1.8,1,1.6	620 TIN 11 = 21.7
230 FÖ 4 = 0.9,2.1,1,1.6	630 TIN 12 = 21.4
240 FÖ 5 = 1.7,1.4,1,1.6	640 BOV 1 = 5.556
250 FÖ 6 = 1.75,1.2,2,1.7	650 BOV 2 = 6.461
260 FÖ 7 = 0.6,0.9,2,1.7	660 BOV 3 = 7.050
270 FÖ 8 = 0.9,0.9,2,1.7	670 BOV 4 = 6.758
280 GLAS 1-5 = 4,0,0,0	680 BOV 5 = 8.473
290 GLAS 6-8 = 3,0,0,0	690 BOV 6 = 6.137
300 KARM 1 = 0.19,0	700 BOV 7 = 7.283
310 KARM 2 = 0.17,0	710 BOV 8 = 5.790
320 KARM 3 = 0.19,0	720 BOV 9 = 7.072
330 KARM 4 = 0.11,0	730 BOV 10 = 5.846
340 KARM 5 = 0.18,0	740 BOV 11 = 5.313
350 KARM 6 = 0.21,0	750 BOV 12 = 8.648
360 KARM 7-8 = 0.11,0	
370 ÖVERHÄNG 1 = 1.4,10,10,0.31	
371 ÖVERHÄNG 2 = 1.4,10,10,0.33	
372 ÖVERHÄNG 3 = 1.4,10,10,0.31	
373 ÖVERHÄNG 4 = 1.4,10,10,0.39	
374 ÖVERHÄNG 5 = 1.4,10,10,0.32	
380 HÖGERSKÄRM 1 = 1.4,10,10,0.2	
390 HÖGERSKÄRM 2 = 1.4,10,10,2.4	
400 HÖGERSKÄRM 3 = 1.4,10,10,3.9	
410 HÖGERSKÄRM 4 = 1.4,10,10,6.1	
420 HÖGERSKÄRM 5 = 1.4,10,10,7.3	
430 VÄNSTERSKÄRM 1 = 1.4,10,10,7.2	
440 VÄNSTERSKÄRM 2 = 1.4,10,10,6.7	
450 VÄNSTERSKÄRM 3 = 1.4,10,10,3.6	
460 VÄNSTERSKÄRM 4 = 1.4,10,10,2.2	
470 VÄNSTERSKÄRM 5 = 1.4,10,10,0.2	

TAB.F5 Indatabeskrivning enligt BKL-metoden för trapphus, hus C.

100 TAK 1=10,1.638,.11
110 TAK 2=10,.96,.18
120 VÄGG 1=4.504,2.5,.15
130 VÄGG 2=4.064,2.5,.32
140 VÄGG 3=4.876,2.5,.32
150 GOLV 1=10,1.678,.18
160 GOLV 2=10,.88,.25
170 ORI 1=0
180 ORI 2=0
190 ORI 3=90
200 HÖJD=2.5
210 VVX 1-12=0
220 VENT 1-12=.5
230 INF 1-12=.20
240 YTA=41.2
250 FÖ 1=2.2,.9,1,1.7
260 GLAS 1=3,0,0
270 KARM 1=.1,0
280 DÖRR 1=2.2,2.1,2,1.8
290 TIN 1=8.38
300 TIN 2=15.4
310 TIN 3=13.66
320 TIN 4=15.25
330 TIN 5=18.06
340 TIN 6-8=20.0
350 TIN 9=19.50
360 TIN 10=17.08
370 TIN 11=15.0
380 TIN 12=12.60
390 BOV 1=9.936
400 BOV 2=9.936
410 BOV 3=5.424
420 BOV 4=4.056
430 BOV 5=1.656
440 BOV 6-8=0
450 BOV 9=0.432
460 BOV 10=2.496
470 BOV 11=4.272
480 BOV 12=6.312
490 SOLF 1-12=0.5
500 ORT=9

BILAGA G Energibalans enligt BKL-metoden för lägenhet C1-C4 under kalenderåret 1982 med indata baserade på mätningar enligt kapitel 7 och Bilaga F.

TAB.G1 Uppmätt radiatorenergi samt energibalansen månadsvis för lägenhet C1 beräknad enligt BKL-metoden för kalenderåret 1982. Solfaktor = 0.38 under perioden januari-april då lägenheten är obebodd och resterande del av året 0.20.

Månad	Transmissions- och ventila- tionsförluster kWh	Nyttig bovärme kWh	Nyttig solvärme kWh	Nyttig solvärme veranda kWh	Radiator- energi kWh	Radiator- energi mätt kWh
Jan	1675	281	99	45	1251	1320
Febr	1375	223	128	63	961	1021
Mars	1159	226	184	54	695	788
April	1082	278	183	81	540	676
Maj	1204	388	89	61	666	489
Juni	921	385	92	68	376	194
Juli	604	370	95	72	67	28
Aug	743	425	93	61	165	93
Sept	955	408	95	66	387	203
Okt	1288	447	51	42	748	542
Nov	1555	416	55	30	1054	778
Dec	1912	527	29	33	1324	1171
Totalt	14474	4372	1129	676	8234	7303

TAB.G2 Uppmätt radiatorenergi samt energibalansen månadsvis för lägenhet C2 beräknad enligt BKL-metoden för kalenderåret 1982. Solfaktor = 0.0.

Månad	Transmissions- och ventila- tionsförluster kWh	Nyttig bovärme kWh	Nyttig solvärme kWh	Nyttig solvärme veranda kWh	Radiator- energi kWh	Radiator- energi mätt kWh
Jan	2365	528	0	51	1785	1732
Febr	1902	480	0	54	1369	1426
Mars	1645	538	0	60	1046	1069
April	1389	522	0	83	784	884
Maj	1069	563	0	69	437	399
Juni	820	535	0	70	214	200
Juli	569	569	0	0	0	56
Aug	664	617	0	47	0	59
Sept	874	578	0	60	236	247
Okt	1195	623	0	49	528	538
Nov	1423	622	0	32	769	745
Dec	1765	663	0	30	1073	942
Totalt	15680	6839	0	605	8236	8298

TAB.G3 Uppmätt radiatorenergi samt energibalansen månadsvis för lägenhet C3 beräknad enligt BKL-metoden för kalenderåret 1982. Solfaktor = 0.26.

Månad	Transmissions- och ventila- tionsförluster kWh	Nyttig bovärme kWh	Nyttig solvärme kWh	Nyttig solvärme veranda kWh	Radiator- energi kWh	Radiator- energi mätt kWh
Jan	1367	477	43	27	820	756
Febr	1125	318	55	29	721	680
Mars	950	360	79	32	479	453
April	785	365	89	46	286	245
Maj	612	368	87	39	117	140
Juni	498	375	92	31	0	1
Juli	354	354	0	0	0	1
Aug	447	382	61	4	0	1
Sept	527	358	82	34	53	2
Okt	664	429	41	22	172	102
Nov	806	393	45	13	355	317
Dec	1039	432	24	13	571	587
Totalt	9173	4612	697	290	3574	3285

TAB.G4 Uppmätt radiatorenergi samt energibalansen månadsvis för lägenhet C4 beräknad enligt BKL-metoden för kalenderåret 1982. Solfaktor = 0.55.

Månad	Transmissions- och ventila- tionsförluster kWh	Nyttig bovärme kWh	Nyttig solvärme kWh	Nyttig solvärme veranda kWh	Radiator- energi kWh	Radiator- energi mätt kWh
Jan	1185	172	94	25	893	882
Febr	949	181	121	28	619	619
Mars	819	219	159	35	407	441
April	712	203	150	57	302	288
Maj	567	263	138	51	115	176
Juni	478	184	145	47	101	34
Juli	354	226	127	1	0	0
Aug	432	179	142	41	69	0
Sept	437	212	150	35	40	0
Okt	611	181	88	20	322	356
Nov	726	159	101	14	452	493
Dec	907	268	52	5	583	645
Totalt	8177	2447	1466	359	3904	3934

BILAGA H Sammanställning av indata för beskrivning av lägenhetsmodeller enligt DEROB.

Rotation från söder = 0.
 Latitud = 57.7
 RPM = 10 (10 inkörningslooper).
 NORMAL = 9 (klimatfilerna innehåller temp, *, *, diffus, global)
 RSOIL (markmotsånd) = 1.4 (0 för C4).
 K.ALFA = -1 (defaultvärde).
 FURN = -1 (ingen möblering).

Indata för fönster:

Reflektion = 0.08
 Transmission = 0.85
 Absorption = 0.07

K-värde 2-glas = 2.94
 3-glas = 1.96
 4-glas = 1.47

TAB.H1 Tid för normal termostatinställning, dag- och natt-termostat, infiltration och flätkapacitet i l/min, lgh C1, 4 rok,gavel.

Lgh C1, IVROKG.	Vol 1 kök	Vol 2 vard	Vol 3 öv	Vol 4 ver. bv	Vol 5 ver. öv
ARSKÖRNING					
tid	0/24	0/24	0/24	--	--
temp	21	21	21	--	--
infilt	0.23	0.23	0.23	6.0	0.0
fläkt	0.0	7.0	7.0	0.0	0.0
VAR (obeb)					
tid	8/24	8/24	8/24	--	--
temp	19/17.2	19/17.2	20/18	--	--
infilt	0.1	0.1	0.1	6.0	0.0
fläkt	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SOMMAR (beb)					
tid	8/24	8/24	8/24	--	--
temp	23/21.5	23/21.5	23/21.5	--	--
infilt	0.34	0.34	0.34	6.0	0.0
fläkt	0.0	4.55	4.55	0.0	0.0
VINTER (beb)					
tid	6/22	6/22	6/22	--	--
temp	22/20.5	22/20.5	22/20.5	--	--
infilt	0.25	0.25	0.25	6.0	0.0
fläkt	0.0	4.55	4.55	0.0	0.0

TAB.H2 Tid för normal termostatinställning, dag- och natt-
termostat, infiltration och fläktkapacitet i l/min,
lgh C2, 4 rok.

Lgh C2, IVROK.	Vol 1 kök	Vol 2 vard	Vol 3 öv	Vol 4 ver. bv	Vol 5 ver. öv
<u>ARSKÖRNING</u>					
tid	0/24	0/24	0/24	--	--
temp	21	21	21	--	--
infiltr	0.19	0.19	0.19	6.0	0.0
fläkt	0.0	6.26	6.26	0.0	0.0
<u>VAR</u>					
tid	6/22	6/22	6/22	--	--
temp	21/20.5	21/20.5	21/20.5	--	--
infiltr	0.58	0.58	0.58	6.0	0.0
fläkt	0.0	8.72	8.72	0.0	0.0
<u>SOMMAR</u>					
tid	6/22	6/22	6/22	--	--
temp	21/20.5	21/20.5	21.5/21	--	--
infiltr	0.58	0.58	0.58	6.0	0.0
fläkt	0.0	8.72	8.72	0.0	0.0
<u>VINTER</u>					
tid	7/23	7/23	7/23	--	--
temp	22/21	22/21	21.5/21	--	--
infiltr	0.18	0.18	0.18	6.0	0.0
fläkt	0.0	8.72	8.72	0.0	0.0

TAB.H3 Tid för normal termostatinställning, dag- och natt-
termostat, infiltration och flätkapacitet i l/min,
lgh C3, 2.5 rok.

Lgh C3, IIHROK.	Vol 1 kök	Vol 2 vard/sov	Vol 3 bursp	Vol 4 veranda
<u>ARSKÖRNING</u>				
tid	0/24	0/24	--	--
temp	21	21	--	--
infiltr	0.09	0.09	0.09	3.0
fläkt	0.0	13.54	0.0	0.0
<u>VAR</u>				
tid	6/22	6/22	--	--
temp	21/19	21/19	--	--
infiltr	0.07	0.07	0.07	3.0
fläkt	0.0	14.01	0.0	0.0
<u>SOMMAR</u>				
tid	6/22	6/22	--	--
temp	21/19	21/19	--	--
infiltr	0.07	0.07	0.07	3.0
fläkt	0.0	14.01	0.0	0.0
<u>VINTER</u>				
tid	6/22	6/22	--	--
temp	20/20	20/20	--	--
infiltr	0.07	0.07	0.07	3.0
fläkt	0.0	14.01	0.0	0.0

TAB.H4 Tid för normal termostatinställning, dag- och natt-termostat, infiltration och fläktkapacitet i l/min, lgh C4, 2 rok.

Lgh C4, IIROK.	Vol 1 vard/sov	Vol 2 kök	Vol 3 takvol	Vol 4 veranda
<u>ARSKÖRNING</u>				
tid	0/24	0/24	--	--
temp	21	21	--	--
infiltr	0.1	0.1	1.0	3.0
fläkt	13.1	0.0	0.0	0.0
<u>VAR</u>				
tid	6/22	6/22	--	--
temp	21/19	21/19	--	--
infiltr	0.07	0.07	1.0	3.0
fläkt	13.33	0.0	0.0	0.0
<u>SOMMAR</u>				
tid	--	--	--	--
temp	--	--	--	--
infiltr	0.07	0.07	1.0	3.0
fläkt	13.33	0.0	0.0	0.0
<u>VINTER</u> uglas				
tid	6/22	6/22	--	--
temp	20.5/20.5	21/21	--	--
infiltr	0.07	0.07	1.0	3.0
fläkt	13.33	0.0	0.0	0.0

TAB.H5 Tid för normal termostatinställning, dag- och natt-termostat, infiltration och flätkapacitet i l/min, trapphus.

Trapphus	Vol 1 bv	Vol 2 öv		
<u>ARSKÖRNING</u>				
tid	0/24	0/24		
temp	se tab	se tab		
infiltr	0.7	0.7		
fläkt	--	--		

TAB.H6 Geometriska indata samt specificering av materialtyper
 och väggtyper till lägenhet C1, 4 rok,gavel.

	----- Vol 1, kök bv -----					----- Vol 2, vard bv -----			
	GOLV	VÄGG N	VÄGG Ø	VÄGG S	VÄGG V	GOLV	VÄGG Ø	VÄGG S,Ø	VÄGG S,V
Vägg nummer	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Form index	1.	3.	1.	1.	1.	1.	1.	3.	3.
Zenitvinkel	180.	90.	90.	90.	90.	180.	90.	90.	90.
Azmutvinkel	0.	-180.	90.	0.	-90.	0.	90.	0.	0.
X-koordinat	0.	0.	3.9	3.9	0.	3.9	7.8	7.8	7.8
Y-koordinat	0.	7.	7.	0.	0.	0.	7.	3.85	0.
Z-koordinat	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Framsida mot vol	-1.	0.	0.	2.	0.	-1.	0.	0.	4.
Baksida mot vol	1.	1.	1.	1.	1.	2.	2.	2.	2.
Dim: A	7.0	7.0	3.9	7.0	3.9	7.	3.9	3.15	3.85
B	3.9	2.5	2.5	2.5	2.5	3.9	2.5	2.5	2.5
C		1.0						0.4	0.26
D		3.25						0.35	0.74
E		2.						1.97	1.93
F		4.48						2.32	3.12
Material	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Typ	1.	2.	8.	7.	4.	1.	8.	3.	3.
Absorbtion: fram	0.9	0.3	0.3	0.3	0.1	0.9	0.3	0.3	0.3
bak	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3
Antal Glas		3.						4.	3.

	----- Vol 3, sov öv -----								
	VÄGG V	GOLV	VÄGG N	VÄGG Ø	VÄGG V	GOLV	VÄGG S,Ø	VÄGG S,V	TAK
Vägg nummer	10.	11.	12.	13.	15.	16.	18.	19.	22.
Form index	1.	1.	3.	3.	1.	1.	3.	3.	1.
Zenitvinkel	90.	180.	90.	90.	90.	180.	90.	90.	0.
Azmutvinkel	-90.	0.	180.	90.	-90.	0.	0.	0.	0.
X-koordinat	3.9	0.	0.	7.8	0.	3.9	7.8	7.8	7.8
Y-koordinat	0.	0.	7.	7.	0.	0.	3.85	0.	0.
Z-koordinat	0.	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	5.
Framsida mot vol	0.	1.	0.	0.	0.	2.	0.	5.	0.
Baksida mot vol	2.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
Dim: A	3.9	7.0	7.	7.8	7.8	7.	3.15	3.85	7.
B	2.5	3.9	2.5	2.5	2.5	3.9	2.5	2.5	7.8
C			1.0	0.95			0.5	0.5	
D			3.25	4.54			0.48	0.97	
E			2.0	1.62			1.89	1.89	
F			4.84	5.24			2.38	2.87	
Material	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Typ	4.	5.	2.	9.	4.	5.	3.	3.	6.
Absorption: fram	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3
bak	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.18
Antal Glas			3.	3.			4.	3.	

TAB.H7 Geometriska indata samt specificering av materialtyper och väggtyper till lägenhet C2, 4 rok.

	Vol 1, kök bv					Vol 2, vard bv			
	GOLV	VAGG N	VAGG Ø	VAGG S	VAGG V	GOLV	VAGG Ø	VAGG S,Ø	VAGG S,V
Vägg nummer	1.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	9.	10.
Form index	1.	3.	1.	1.	1.	1.	1.	3.	3.
Zenitvinkel	180.	90.	90.	90.	90.	180.	90.	90.	90.
Azimutvinkel	0.	180.	90.	0.	-90.	0.	90.	0.	0.
X-koordinat	0.	0.	3.9	3.9	0.	3.9	7.8	7.8	7.8
Y-koordinat	0.	7.	7.	0.	0.	0.	7.	3.15	0.
Z-koordinat	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Framsida mot vol	-1.	0.	0.	2.	0.	-1.	0.	4.	0.
Baksida mot vol	1.	1.	1.	1.	1.	2.	2.	2.	2.
Dim: A	7.	7.	3.9	7.	3.9	7.	3.9	3.85	3.15
B	3.9	2.5	2.5	2.5	2.5	3.9	2.5	2.5	2.5
C		1.						0.26	0.4
D		2.16						0.73	0.83
E		2.0						1.93	1.97
F		3.75						3.11	2.8
Material	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Typ	1.	2.	4.	7.	4.	1.	4.	3.	3.
Absorption: fram	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0.5	0.1	0.3	0.3
bak	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5
Antal Glas		3.						3.	4.

	Vol 3, sov öv									
	VAGG V	GOLV	VAGG N	VAGG V	GOLV	VAGG Ø	VAGG S,Ø	VAGG S,V	TAK	
Vägg nummer	11.	12.	13.	16.	17.	18.	19.	20.	23.	
Form index	1.	1.	3.	1.	1.	1.	3.	3.	1.	
Zenitvinkel	90.	180.	90.	90.	180.	90.	90.	90.	0.	
Azimutvinkel	-90.	0.	180.	-90.	0.	90.	0.	0.	0.	
X-koordinat	3.9	0.	0.	0.	3.9	7.8	7.8	7.8	7.8	
Y-koordinat	0.	0.	7.	0.	0.	7.	3.15	0.	0.	
Z-koordinat	0.	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	5.	
Framsida mot vol	0.	1.	0.	0.	2.	0.	5.	0.	0.	
Baksida mot vol	2.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	
Dim: A	3.9	7.	7.	7.8	7.	7.8	3.85	3.15	7.	
B	2.5	3.9	2.5	2.5	3.9	2.5	2.5	2.5	7.8	
C			1.				0.5	0.5		
D			2.16				0.98	0.77		
E			2.				1.89	1.89		
F			3.75				2.88	2.67		
Material	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	
Typ	4.	5.	2.	10.	5.	4.	3.	3.	6.	
Absorption: fram	0.1	0.9	0.3	0.1	0.9	0.1	0.3	0.3	0.3	
bak	0.5	0.9	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.9	
Antal Glas			3.				3.	4.		

TAB.H7 (forts)

	----- Vol 4, veranda bv -----					--- Vol 5, veranda öv ---			
	GOLV	VÄGG Ö,N	VÄGG Ö,S	VÄGG S	SNEDTAK	VÄGG V	GOLV N	GOLV S	VÄGG Ö,N
Vägg nummer	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.
Form index	1.	1.	4.	1.	1.	5.	1.	1.	1.
Zenitvinkel	180.	90.	90.	90.	35.	90.	180.	180.	90.
Azimutvinkel	0.	90.	90.	0.	0.	-90.	0.	0.	90.
X-koordinat	7.8	10.3	11.3	11.3	11.3	7.8	7.8	9.2	9.3
Y-koordinat	3.15	7.	7.	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	7.
Z-koordinat	0.	0.	0.	0.	1.8	0.	2.5	2.5	2.5
Framsida mot vol	-1.	0.	0.	0.	0.	0.	4.	4.	0.
Baksida mot vol	4.	4.	4.	4.	4.	4.	5.	5.	5.
Dim: A	3.85	2.5	1.0	3.85	3.85	3.5	3.85	3.85	1.5
B	3.5	2.5	1.0	1.8	1.2	3.5	1.4	1.1	2.5
C			2.5			2.5			
D			0.0			0.			
E			1.8			1.8			
F						2.5			
Material	1.	1.	1.	2.	2.	2.	0.	6.	1.
Typ	9.	4.	4.						4.
Absorption: fram	0.9	0.1	0.1						0.1
bak	0.5	0.3	0.3						0.3
Antal Glas				1.	1.	1.		1.	

	----- Skärmar (yttertak) -----								
	VÄGG Ö,S	VÄGG S	VÄGG V	TAK	SNEDTAK	ÖV BALK	VÄGG Ö	VÄGG V	TAK N
Vägg nummer	40.	41.	43.	25.	42.	26.	27.	28.	29.
Form index	4.	1.	5.	1.	1.	1.	2.	2.	1.
Zenitvinkel	90.	90.	90.	0.	35.	180.	90.	90.	7.
Azimutvinkel	90.	0.	-90.	0.	0.	0.	90.	-90.	180.
X-koordinat	10.3	10.3	7.8	9.3	10.3	7.8	9.3	0.	0.
Y-koordinat	7.	3.15	3.15	3.15	3.15	0.	7.	0.	7.
Z-koordinat	2.5	2.5	2.5	5.	4.3	5.	5.	5.	5.
Framsida mot vol	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Baksida mot vol	5.	5.	5.	5.	5.	0.	0.	0.	0.
Dim: A	1.0	3.85	2.5	3.85	3.85	3.15	9.3	9.3	7.
B	1.0	1.8	2.5	1.5	1.2	1.5	4.65	4.65	4.7
C	2.5		1.5				0.6	0.6	
D	0.		0.						
E	1.8		1.8						
F			2.5						
Material	1.	2.	2.	1.	2.	0.	0.	0.	0.
Typ	4.			6.					
Absorption: fram	0.1			0.3					
bak	0.3			0.18					
Antal Glas		1.	1.		1.				

TAB.H7 (forts)

LGH: C2, 4rokM	----- Skärmar -----					
	TAK S	V SIDA	BALKONG	RACKE	20° Ø	20° V
Vägg nummer	30.	44.	45.	46.	47.	48.
Form index	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Zenitvinkel	7.	90.	0.	90.	90.	90.
Azimuthvinkel	0.	-90.	0.	0.	90.	90.
X-koordinat	9.3	7.8	9.3	9.3	10.	10.
Y-koordinat	0.	0.	0.	0.	100.	-100.
Z-koordinat	5.	0.	2.5	2.5	0.	0.
Framsida mot vol	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Baksida mot vol	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Dim: A	7.	1.5	3.15	3.15	100.	100.
B	4.7	5.0	1.5	0.9	36.4	36.4
C						
D						
E						
F						
Material	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Typ						
Absorption: fram						
bak						
Antal Glas						

TAB.H8 Geometriska indata samt specificering av materialtyper och väggtyper till lägenhet C3, 2.5 rok.

	LGH: C3, 2½rok						Vol 1, kök			Vol 2, vard		
	GOLV	VAGG N	VAGG Ö	VAGG S	VAGG V	TAK	GOLV	VAGG Ö	VAGG S, Ö	GOLV	VAGG Ö	VAGG S, Ö
Vägg nummer	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.			
Form index	1.	3.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	3.			
Zenitvinkel	180.	90.	90.	90.	90.	0.	180.	90.	90.			
Azimuthvinkel	0.	180.	90.	0.	-90.	0.	0.	90.	0.			
X-koordinat	0.	0.	3.9	3.9	0.	3.9	3.9	7.8	7.8			
Y-koordinat	2.1	9.1	9.1	2.1	2.1	2.1	0.	9.1	7.1			
Z-koordinat	0.	0.	0.	0.	0.	2.5	0.	0.	0.			
Framsida mot vol	-1.	0.	0.	2.	0.	0.	-1.	0.	0.			
Baksida mot vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	2.	2.			
Dim: A	7.	7.	3.9	7.	3.9	7.	9.1	3.9	2.			
B	3.9	2.5	2.5	2.5	2.5	3.9	3.9	2.5	2.5			
C		1.2							0.8			
D		2.37							0.45			
E		2.0							2.			
F		4.62							1.6			
Material	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.			
Typ	1.	2.	4.	6.	4.	5.	1.	4.	3.			
Absorption: fram	0.8	0.3	0.9	0.3	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9			
bak	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.5	0.3	0.3			
Antal Glas		3.							4.			

	LGH: C3, 2½rok						Vol 3, burspråk			
	VAGG S, M	VAGG S, V	VAGG V	VAGG N	TAK	GOLV	VAGG Ö	VAGG S	VAGG V	
Vägg nummer	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
Form index	1.	3.	1.	1.	1.	1.	3.	3.	3.	
Zenitvinkel	90.	90.	90.	90.	0.	180.	90.	90.	90.	
Azimuthvinkel	0.	0.	-90.	180.	0.	0.	90.	0.	-90.	
X-koordinat	7.8	7.8	3.9	3.9	7.8	7.8	9.3	9.3	7.8	
Y-koordinat	3.2	0.	0.	2.1	0.	3.2	7.1	3.2	3.2	
Z-koordinat	0.	0.	0.	0.0	2.5	0.	0.	0.	0.	
Framsida mot vol	3.	0.	0.	0.	0.	-1.	0.	4.	0.	
Baksida mot vol	2.	2.	2.	2.	2.	3.	3.	3.	3.	
Dim: A	3.9	3.2	3.9	2.1	9.1	3.9	1.5	3.9	1.5	
B	2.5	2.5	2.5	2.5	3.9	1.5	2.5	2.5	2.5	
C		0.6					0.4	0.26	0.4	
D		0.6					0.32	0.76	0.41	
E		2.0					2.0	1.93	2.0	
F		2.6					1.09	3.14	1.18	
Material	5.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	
Typ	1.	3.	4.	4.	4.	1.	8.	3.	8.	
Absorption: fram		0.9	0.9	0.9	0.9	1.	0.9	0.9	0.9	
bak		0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3	
Antal Glas	1.	4.					4.	3.	4.	

TAB.H9 Geometriska indata samt specificering av materialtyper och väggtyper till lägenhet C4, 2 rok.

	Vol 1, vard / sov								
	GOLV	TAK	VAGG S,V	VAGG S,M	VAGG S,Ø	VAGG Ø	VAGG V	VAGG N	GOLV
Vägg nummer	1.	3.	5.	6.	7.	9.	10.	12.	2.
Form index	1.	1.	3.	3.	3.	1.	1.	1.	1.
Zenitvinkel	180.	0.	90.	90.	90.	90.	90.	90.	180.
Azimutvinkel	0.	0.	0.	0.	0.	90.	-90.	180.	0.
X-koordinat	0.	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	0.	0.	-3.9
Y-koordinat	-4.6	-4.6	-4.6	-1.4	2.5	4.5	-4.6	-2.5	-2.5
Z-koordinat	0.	2.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Framsida mot vol	-1.	3.	0.	4.	0.	0.	0.	0.	-1.
Baksida mot vol	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.
Dim: A	9.1	9.1	3.2	3.9	2.0	3.9	3.9	2.1	7.0
B	3.9	3.9	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.9
C			0.6	0.3	0.4				
D			0.64	0.94	0.44				
E			2.0	2.0	2.0				
F			2.56	2.96	1.56				
Material	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Typ	10.	2.	3.	3.	3.	9.	9.	9.	1.
Absorption: fram	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.9	0.9	1.0
bak	0.5	0.18	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.5
Antal Glas			4.	3.	4.				

	Vol 2, kök					Vol 3, takvolym			
	TAK	VAGG N	VAGG V	VAGG Ø	VAGG S	YTAK N,Ø	YTAK N,V	YTAK S	UTAK S,V
Vägg nummer	4.	8.	11.	31.	32.	13.	14.	15.	16.
Form index	1.	3.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Zenitvinkel	0.	90.	90.	90.	90.	7.	7.	7.	180.
Azimutvinkel	0.	180.	-90.	90.	0.	180.	180.	0.	0.
X-koordinat	0.	-3.9	-3.9	0.	0.	-3.9	0.	5.4	3.9
Y-koordinat	-2.5	4.5	-2.5	4.5	-2.5	4.5	-2.5	-4.6	-4.6
Z-koordinat	2.5	0.	0.	0.	0.	2.5	3.0	2.5	2.5
Framsida mot vol	3.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.
Baksida mot vol	2.	2.	2.	2.	2.	3.	3.	3.	3.
Dim: A	7.0	7.	3.9	3.9	7.0	7.0	2.1	9.1	3.2
B	3.9	2.5	2.5	2.5	2.5	4.7	0.9	4.7	1.5
C		1.2							
D		2.37							
E		2.0							
F		4.62							
Material	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Typ	2.	4.	9.	9.	8.	5.	5.	5.	6.
Absorption: fram	0.3	0.3	0.9	0.3	0.3	0.9	0.9	0.9	0.9
bak	0.18	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.9	0.9	0.9
Antal Glas		3.							

TAB.H11 Beskrivning av väggtyper till lägenhet C1, 4 rok,gavel.

Typ Nr	Byggnadsdel	d cm	Material	Värme k	Spec V	Densitet
1.	GOLV	15.	LÄTTKLINKER	0.6	0.24	1300.
		12.	MARKSKIVA	0.044	0.24	150.
		16.	BETONG	1.7	0.24	2300.
2.	VÄGG, NORR	2.2	TRÅPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		24.	MINERALULL	0.158	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
3.	VÄGG, SÖDER	2.2	TRÅPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		17.	MINERALULL	0.173	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
4.	VÄGG, BV ADIABATISK	50.	ADIABATISK	0.001	0.001	0.001
		7.	BETONG	1.7	0.24	2300.
5.	MELLAN- BJÄLKLAG	1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		9.	MINERALULL	0.04	0.24	22.
		13.5	BETONG	1.7	0.24	2300.
6.	VINDSBJÄLKLAG	35.	MINERALULL	0.042	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
7.	MELLANVÄGG	1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		7.5	LUFTSPALT			
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
8.	VÄGG GAVEL BV	2.2	TRÅPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		20.	MINERALULL	0.038	0.24	22.
		14.	BETONG	1.7	0.24	2300.
9.	VÄGG GAVEL ÖV	2.2	TRÅPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		29.5	MINERALULL	0.064	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
10.	GOLV VERANDA	20.	SAND	0.33	0.22	1602.
		6.	BETONG	1.7	0.24	2300.

TAB.H12 Beskrivning av väggtyper till lägenhet C2, 4 rok.

Typ Nr	Byggnadsdel	d	Material	Värme k	Spec V	Densitet
1.	GOLV	15.	LÄTTKLINKER	0.6	0.24	1300.
		12.	MARKSKIVA	0.043	0.24	150.
		16.	BETONG	1.7	0.24	2300.
2.	VÄGG NORR	2.2	TRAPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		24.	MINERALULL	0.092	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
3.	VÄGG SÖDER	2.2	TRAPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		17.	MINERALULL	0.170	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
4.	VÄGG, BV ADIABATISK	50.	ADIABATISK	0.001	0.001	0.001
		7.	BETONG	1.7	0.24	2300.
5.	MELLAN- BJÄLKLAG	1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		9.	MINERALULL	0.04	0.24	22.
		13.5	BETONG	1.7	0.24	2300.
6.	VINDS- BJÄLKLAG	1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		35.	MINERALULL	0.043	0.24	22.
7.	MELLANVÄGG	1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		7.5	LUFTSPALT			
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
8.	YTTERTAK	0.06	PLAT	60.	0.127	7800.
		0.45	HARD TRÄFIB	0.13	0.37	1000.
9.	VERANDAGOLV	20.	SAND	0.33	0.22	1602.
		6.	BETONG	1.7	0.24	2300.
10.	VÄGG, ÖV ADIABATISK	50.	ADIABATISK	0.001	0.001	0.001
		2.6	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.

TAB.H13 Beskrivning av väggtyper till lägenhet C3, 2.5 rok.

Typ Nr	Byggnadsdel	d cm	Material	Värme k	Spec V	Densitet
1.	GOLV	15.	LÄTTKLINKER	0.6	0.24	1300.
		12.	MARKSKIVA	0.045	0.24	150.
		16.	BETONG	1.7	0.24	2300.
2.	VÄGG NORR	2.2	TRÄPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		24.	MINERALULL	0.102	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
3.	VÄGG SÖDER	2.2	TRÄPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		17.	MINERALULL	0.202	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
4.	MELLAN LGH ADIABATISK	50.	ADIABATISK	0.001	0.001	0.001
		7.	BETONG	1.7	0.24	2300.
5.	TAK ADIABATISKT	50.	ADIABATISK	0.001	0.001	0.001
		7.	BETONG	1.7	0.24	2300.
		9.	MINERALULL	0.102	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
6.	MELLANVÄGG	1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		7.5	LUFTSPALT			
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
7.	GOLV VERANDA	20.	SAND	0.33	0.22	1602.
		6.	BETONG	1.7	0.24	2300.
8.	VÄGG BURSP ÖST & VÄST	2.2	TRÄPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		17.	MINERALULL	0.143	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.

TAB.H14 Beskrivning av väggtyper till lägenhet C4, 2 rok.

Typ Nr	Byggnadsdel	d cm	Material	Värme k	Spec V	Densitet
1.	GOLV KÖK	10.	ADIABATISK	0.001	0.2	2300.
		9.	BETONG	1.7	0.24	2300.
2.	INNERTAK	35.	GLASULL	0.044	0.24	22.
		2.8	LUFTSPALT			
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
3.	VÄGG SÖDER	2.2	TRÄ	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		17.	MINERALULL	0.166	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
4.	VÄGG NORR	2.2	TRÄ	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		24.	MINERALULL	0.091	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
5.	YTTERTAK	0.1	PLAT	60.	0.127	7800.
		5.	LUFTSPALT			
		0.5	HARD TRÄFIB SK	0.13	0.37	1000.
6.	UNDERTAK	2.2	TRÄ	0.14	0.6	500.
7.	GOLV VERANDA	10.	ADIABATISK	0.001	0.2	20.
		6.8	BETONG	1.7	0.24	2300.
8.	MELLANVÄGG	1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		7.5	LUFTSPALT			
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
9.	GAVELVÄGG TAKVOLYM	10.	ADIABATISK	0.001	0.2	20.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
10.	GOLV VARD	10.	ADIABATISK	0.001	0.2	20.
		9.	BETONG	1.7	0.24	2300.
		1.5	TRÄ	00.14	0.6	500.

TAB.H15 Beskrivning av väggtyper till trapphus.

Typ Nr	Byggnadsdel	d cm	Material	Värme k	Spec V	Densitet
1.	GOLV BV	15.	LÄTTKLINKER	0.6	0.24	1300.
		12.	MARKSKIVA	0.052	0.24	150.
		16.	BETONG	1.7	0.244	2300.
3.	YTTERVÄGG NORR BV	2.2	TRÅPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		14.	MINERALULL	0.168	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
4.	YTTERVÄGG NORR ÖV	2.2	TRÅPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		24.	MINERALULL	0.102	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
5.	YTTERTAK BV	20.	MINERALULL	0.045	0.24	22.
		18.	BETONG	1.7	0.244	2300.
6.	GOLV ÖV	15.	BETONG	1.7	0.244	2300.
7.	YTTERTAK ÖV	35.	MINERALULL	0.045	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
8.	YTTERVÄGG ÖST & VÄST	2.2	TRÅPANEL	0.14	0.6	500.
		0.9	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.
		14.	MINERALULL	0.57	0.24	22.
		1.3	GIPSSKIVA	0.22	0.233	1249.





Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 851090-5 från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lunds tekniska högskola, Lund.

R106: 1987

ISBN 91-540-4812-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707106

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer
Z. Konstruktioner och material

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirka pris: 72 kr exkl moms