



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.

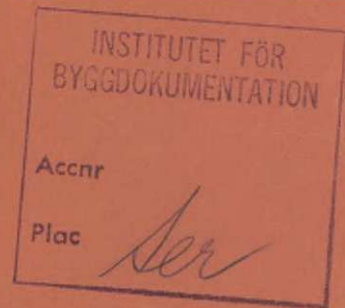
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may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



Individuell värmemätning — komplettering med elvärmare

Förstudie

Anders Nilson
Stellan Vargman



BYGGDOK

Sankt Eriksgatan 46
112 34 Stockholm
tel: 08-617 74 50
fax: 08-617 74 60

R118:1982

INDIVIDUELL VÄRMEMÄTNING - KOMPLETTERING
MED ELVÄRMARE

Förstudie

Anders Nilson
Stellan Vargman

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810989-9
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Göteborgs-
hem, Göteborg.

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

R118:1982

ISBN 91-540-3802-2
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLL

1	FÖRORD	5
2	SAMMANFATTNING	7
3	TEKNISKT UNDERLAG	9
3.1	Beskrivning av husen	9
3.2	Installationstekniska lösningar ..	11
3.3	Beräkning av värmeströmning mellan lägenheter och temperaturförlopp.	13
4	TEKNISK ANALYS	17
4.1	Fördelar och nackdelar med ett bivalent uppvärmningssystem	17
4.2	Energibehov och energibesparing vid individuell värmemätning	19
4.3	Analys av värmeströmning mellan lägenheter och temperaturförlopp .	20
4.4	Riktad operativ temperatur	22
5	EKONOMISK ANALYS	25
5.1	Allmänt	25
5.2	Lönsamhetsbedömning	25
6	SLUTORD	29
BILAGA 1	31
BILAGA 2	43

3

1 FÖRORD

Sedan mitten av 1970-talet har intensiva diskussioner förts om de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för individuell mätning och debitering av värmeförbrukningen i lägenheter i flerbostadshus. Ett flertal studier har gjorts på området, såväl med teoretisk som praktisk inriktning. Den av riksdagen tillsatta Värmemätning utredningen studerar för närvarande olika metoder för individuell värmemätning.

Inom AB Göteborgshem har en idé väckts om att utnyttja det befintliga vattenburna värmesystemet som ett basvärmesystem och komplettera detta med separata elvärmare för individuell temperaturreglering i lägenheterna. Systemet har bedömts vara av intresse att pröva i ett specifikt objekt. Denna bedömning delas av Värmemätning utredningen, som följer projektet genom sitt deltagande i referensgruppen.

Den värmeförbrukning, som svarar mot en viss bastemperatur i lägenheterna skall ingå i hyran. Värmeförbrukningen som svarar mot en högre rumstemperatur än denna bastemperatur och som fås av elvärmarna mäts och debiteras separat. Avsikten är att dessa elvärmare skall kopplas via befintliga mätare för hushållselförbrukningen. På så sätt kan "flaskhalsen" med debitering vid individuell värmemätning undanröjas.

Föreliggande rapport avser en förstudie av de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för ett fullskaleprojekt, där systemet är tänkt att prövas i ett flerbostadshus i stadsdelen Tynnered i Göteborg. Rapporten behandlar också problematiken med värmeledning mellan lägenheter. Omfattande datorberäkningar avseende detta har utförts, där de dynamiska temperatur- och effektförloppen p g a ackumulering i stomme m m studerats.

Anslagsmottagare är AB Göteborgshem. Projektet genomföres av Bengt Dahlgren AB i samråd med AB Göteborgshem.

2 SAMMANFATTNING

Förstudien behandlar individuell värmemätning i flerbostadshus med hjälp av ett bivalent uppvärmningssystem, där det befintliga vattenburna värmesystemet utnyttjas för basvärme och separata elvärmare för den individuella temperaturregleringen.

I förstudien behandlas de tekniska och ekonomiska möjligheterna för applikation av ett sådant system i en byggnad i stadsdelen Tynnered i Göteborg.

Rapporten behandlar också problematiken med värme-strömning mellan lägenheter vid individuell temperaturreglering och de dynamiska temperaturförlopp som erhålles i lägenheter vid olika placering i byggnadskroppen. Härvid tas hänsyn till sådana faktorer som solinstrålning, personvärme och värmeackumulering i byggnadsstommen etc.

Ett bivalent uppvärmningssystem av här skisserat slag visar sig vara tekniskt möjligt och i högsta grad intressant ur nationell energiförsörjningssynpunkt. Dock kan någon lönsamhet ej uppnås, till största delen beroende på kostnadsbilden för ingående komponenter, energisparpotentialen och dagens energipriser för olja och el. Bromsande för systemets introduktion i det befintliga flerbostadshusbeståndet kommer troligen att vara den låga energisparpotentialen, eftersom en del av denna kommer att tas i anspråk vid den inreglering av basvärmesystemet som erfordras.

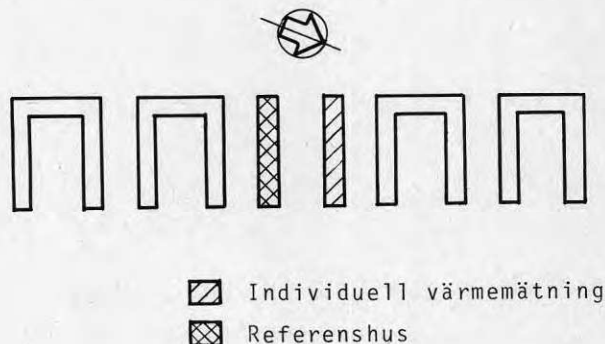
För den studerade byggnaden ligger brytpunkten för lönsamhet, vid dagens energipriser och allmänna kostnadsläge, på en investeringskostnad på ca 1800 kr/lgh

Besparingskostnaden för det bivalenta uppvärmningssystemet är ca 40 öre/kWh vid en real kalkylränta på 6%, en real energiprisökning på 2%/år och en brukstid på 15 år.

3 TEKNISKT UNDERLAG

3.1 Beskrivning av husen

De studerade byggnaderna är belägna på Grevegårdsvägen i stadsdelen Tynnered i Göteborg och ingår i AB Göteborgshems bestånd. Byggnaderna är uppförda under mitten av 1960-talet. Stommen består av platsgjuten betong med utfackningsväggar av prefabricerade sandwichelement av betong.



Figur 3.1 Områdesskiss (Grevegårdsvägen)

De byggnader som är aktuella att ingå i projektet är lika, fast spegelvända och består vardera av 27 lägenheter fördelade på 3 våningsplan jämte markplan med en total lägenhetsyta på ca 2.250 m².

De tre våningsplanen är identiska och innehåller vardera 2 st 5-rumslägenheter (placerade i gavlarna) samt 6 st 3-rumslägenheter. Samtliga dessa lägenheter är genomgående i fastigheten. I markplanet finns förutom en del allmänna utrymmen även 1 st 2-rumslägenhet och 2 st 1-rumslägenheter. Ingen av dessa lägenheterna är genomgående i byggnaden.

Byggnaderna har ett vattenburet värmesystem och är anslutna till en oljeeldad kvarterscentral belägen inom området. Båda byggnaderna har separata undercentraler med värmemängdsmätningstrustning.

Ventilationssystemet är av självdragstyp dock med undantag av trapphusen där man har inblåsning av uppvärmd tilluft i markplanet.

Beräknade k-värden för byggnadernas klimatskärmsdelar framgår enligt nedan.

• Fasader	0.45 W/m ² °C
• Gavlar	0.40 W/m ² °C
• Fönster, dörrar och utfackning mellan fönster	2.70 W/m ² °C
• Takbjälklag	0.25 W/m ² °C
• Lägenhetsskiljande väggar	2.60 W/m ² °C

Tabell 3.1 k-värden för byggnadens klimatskärmsdelar



Figur 3.2 Foto av aktuell byggnad

3.2 Installationstekniska lösningar

För detta projekt har förekommande fabrikat av elvärmare studerats.

Av dessa har i dagsläget valet fallit på AB Frico:s typ Thermoplus, försedda med separat rumstermostat.



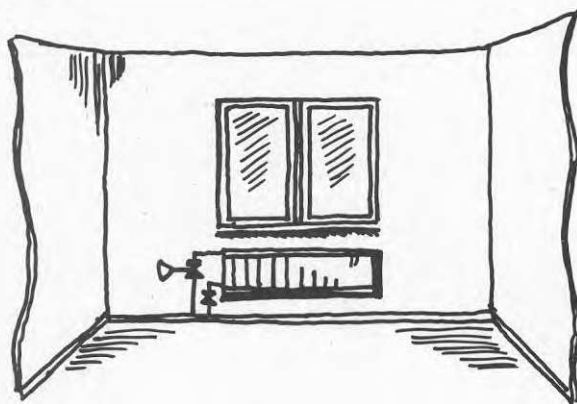
Figur 3.3 Exempel på installation av elvärmare

Dessa elvärmare har bedömts lämpligast bli med tanke på placeringen i rummet ovan fönster. Värmarna är av strålningstyp. Normalt placeras de på vägg ovan fönster men bör i detta fall placeras i tak ovan fönster för att minimera intrånget i lägenheterna.

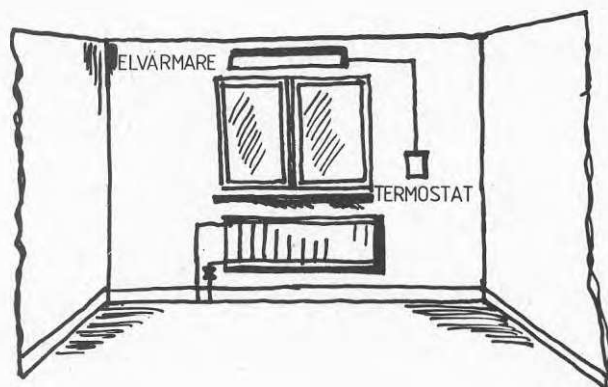
De elvärmare som finns på marknaden idag är dimensionerade för att som enda värmekälla tillgodose uppvärmningsbehovet. När man som i detta fall enbart skall använda värmarna för att ge visst värmetillskott är de av förklarliga skäl inte helt anpassade för att fullgöra denna sin "nya" uppgift.

Enligt vår bedömning bör enklare typer av elvärmare kunna utvecklas. Kontakter med tillverkare av s.k. värmefolier (Bulten-Kanthal) har tagits. Därvid har framkommit att utvecklingsarbeten pågår i syfte att använda värmefolier vid tillverkning av konventionella elradiatorer. Enligt uppgift kan man med denna teknik erhålla en bättre elradiator än i dag bl a med hänsyn till nya krav på en sänkt ytemperatur. Ur kostnadssynpunkt bedömer man dock inte att denna teknik i sig själv skall leda till billigare radiatorer.

Nedan illustreras skillnaden mellan ett vanligt vattenburet värmesystem och ett system där en viss bas-temperatur upprätthålles med hjälp av ett vattenburet värmesystem.



Figur 3.4 Principskiss för ett konventionellt vattenburet värmesystem



Figur 3.5 Principskiss för ett basvärmesystem kompletterat med elvärmare

3.3 Beräkning av värmeströmning mellan lägenheter och temperaturförlopp

För att kunna kvantifiera sådana storheter som lägenhetstemperatur, effektbehov och värmeströmning mellan olika lägenheter har beräkningar gjorts för en 3-rumslägenhet i en av de aktuella byggnaderna. Lägenheten är av genomgående typ i byggnadskroppen. Hänsyn till värmeackumulering i lägenhetens mellanväggar har ej tagits.

En av svårigheterna med ett system av här aktuellt slag är bestämningen av bastemperaturnivån. Enligt de bedömningar som gjorts bör bastemperaturen med hänsyn tagen till den s k gratisenergin ligga på ca 16°C. Detta motsvarar en teoretisk bastemperatur på ca 13°C. Följande faktorer ligger till grund för denna bedömning:

- En lägre temperatur skulle medföra att den ofrånkomliga "värmestölden" mellan lägenheter skulle bli för stor. Vidare skulle en lägre temperatur medföra att elvärmarnas installerade effekt skulle bli för stor för att kunna belasta befintliga elsystem och för debitering via hushållsmätare.
- En högre temperatur får till följd att inkopplingstiden för elvärmarna blir liten, vilket reducerar möjligheterna till individuell temperaturreglering.

I figur 3.7 redovisas temperaturförloppet i en mittenlägenhet (jfr. figur 3.6) under februari månad, där hänsyn till sådana faktorer som solinstrålning, personvärme o dyl ("gratisenergi") ej tagits. Figuren ger således hur den teoretiska bastemperaturen varierar över dygnet.

Följande två huvudfrågeställningar har beräkningarna avsett att ge svar på:

- 1) Vilken temperatur erhålles i en lägenhet som uppvärms med basvärme till 16°C, med hänsyn tagen till "gratisenergi" (se ovan), när omgivande lägenhetstemperaturer varierar enligt nedan.
 - Samtliga grannlägenheter håller konstant 22°C (figur 3.8-3.12, kurva 1).
 - Samtliga grannlägenheter håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00 (figur 3.8-3.12, kurva 2).

Anm.: Figurerna 3.7-3.18 är placerade i bilaga 1.

- En grannlägenhet håller konstant 18°C, två grannlägenheter håller konstant 20°C (i fallet tak- respektive tak-gavellägenhet håller en grannlägenhet konstant 20°C) medan återstående grannlägenhet håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00 (figur 3.8-3.12, kurva 3).
- 2) Vilket effektbehov har en lägenhet som uppvärms till 22°C. Uppvärmningen sker dels med basvärme inkl "gratisenergi" (16°C) dels med elvärmare. Den betraktade lägenheten kan ha nattsänkning. Omgivande lägenhetstemperaturer varierar enligt nedan.
- Grannarna håller konstant 22°C. Effektbehovet täcker enbart transmissions- och ventilationsförlusterna för lägenheten. (figur 3.13-3.15)
 - Grannarna har en temperatur som varierar enligt kurva 1 (figur 3.8-3.12) för aktuell månad och lägenhetsplacering, ca 20°C (figur 3.13-3.15).
 - Grannarna har en temperatur som varierar enligt kurva 2 (figur 3.8-3.12) för aktuell månad och lägenhetsplacering, ca 17-19°C. I detta beräkningsfall har den betraktade lägenheten nattsänkning till 18°C mellan kl 21.00-06.00 (figur 3.16-3.18).

Båda beräkningsfallen har genomförts med olika placering av lägenheten i byggnaden enligt nedan.

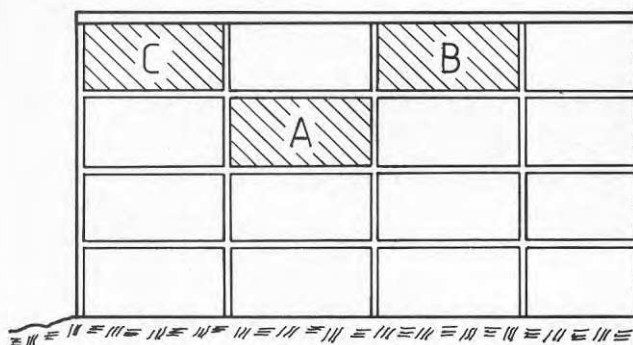


Fig. 3.6 Lägenhetsplacering (sektion)

- A - Mittenlägenhet
- B - Taklägenhet
- C - Tak-gavellägenhet

Beräkningarna har utförts för november, februari och april månad. Detta gäller dock inte samtliga lägenhetsplaceringar. Beräkningsförfarandet framgår av följande matris.

	Temp	Eff.behov
November	A	
Februari	A B C	A B C
April	A	

Som framgår av beräkningsmatrisen har förhållandena i februari studerats mer ingående då klimatpåfrestringarna är störst.

Beräkningarna är inte dimensionerande, dvs har inte baserats på LUT, utan genomförts med de statistiska medelvärden från SMHI som finns tillgängliga (månadsmedeltemperatur och solintensitet).

Beräkningarna har genomförts med hjälp av dator och ett klimatanalysprogram som har utvecklats hos Bengt Dahlgren AB.

Beräkningsmodellen baseras på ett dygnsperiodiskt förlopp, varför alla belastningar är lika från dygn till dygn. Förhållandena i den studerade lägenheten beräknas var 15:e minut och i varje beräkningscykel bestäms rumsluftens temperatur, temperaturerna i samtliga begränsningsytors olika skikt, effektbehovet för ventilation samt den nya radiator-effekten som motsvarar de framräknade temperaturerna. Programmet tar ingen hänsyn till de eventuella luftströmningar som sker. Vidare antas den effekt som tillföres lägenheten från radiatorer, belysning m m vara omedelbart jämnt fördelad (jfr bilaga 2).

4 TEKNISK ANALYS

4.1 Fördelar och nackdelar med ett bivalent uppvärmningssystem

Det föreliggande systemet med vattenburen basvärme kompletterad med elvärmare som individuellt kan behövsstyras till önskad rumstemperatur kan sägas ha följande fördelar:

- Enkel avläsning och debitering genom utnyttjande av befintliga elmätare för hushålls-förbrukning.
- Möjlighet till lägenhetsvis/rumsvis dygnsreglering av temperaturen.
- Snabb temperaturreglering genom utnyttjande av elvärmare.
- Individuell värmemätning skapar incitament till energibesparing på grund av en ökad medvetenhet hos hyresgästerna.
- Genom introduktionen av ett bivalent värmesystem erhålles en ökad flexibilitet inför framtiden.
- Vid ett omfattande genomslag av ett sådant system utnyttjas det elöverskott som finns samtidigt som detta bidrar till att minska landets oljeberoende.
- Genom att i det vattenburna basvärmesystemet, framledningstemperaturen sänks skapas en förbättrad möjlighet att utnyttja alternativ energi för uppvärmning i befintlig bebyggelse, såsom värmepumpar, spillvärme och solvärme.

Naturligtvis innebär inte introduktionen av ett sådant system enbart fördelar utan det finns även nackdelar och problem.

Några av dessa är:

- Genom att basvärmens andel minskar gentemot dagens nivå, fås en viss överkapacitet på befintliga värmeproduktionsanläggningar. Detta medför krav på vissa följdåtgärder, så att energibesparingen vid individuell värmemätning inte "äts upp" av en försämrad verkningsgrad för själva produktionsanläggningen.
- Introduktion av systemet i fjärrvärmevermda områden kan försvåras på grund av den överkapacitet som blir följd i befintliga nät. Detta ger dock möjlighet att öka utbyggnaden i andra områden men det kan ändå vara hindrande. I Göteborg skulle troligen en sådan introduk-

tion inte tillåtas enligt uppgift från Energi-
verken.

- Gemensamt för alla individuella värmemätningssystem är att man alltid får en intern värme-strömning genom lägenhetsskiljande väggar på grund av olika rumstemperaturer. Genom en lämpligt vald bastemperatur bör dock detta problem kunna reduceras till ett minimum.
- Vissa problem föreligger att kontrollera att fastighetsägaren levererar basvärme motsvarande en viss överenskommen bastemperatur. Troligen får en förhandling ske mellan parterna på hyresmarknaden om att basvärmeanläggningen körs med ett specifikt kurvval på reglercentralen. Systemets introduktion kräver ett "perfekt" inreglerat basvärmesystem och ventilationssystem.
- Problemet med att olika belägna lägenheter i ett hus har olika värmebehov kanske kan lösas genom att de olika lägenheterna "värmetaxeras", eftersom basvärmen skall ingå i normalhyran för lägenheten.

4.2 Energibehov och energibesparing vid individuell värmemätning

Minskningen av energiförbrukningen vid individuell mätning är osäker. I vissa rapporter har tidigare redovisats värden på 10-15% energibesparing vid individuell mätning. Dock måste man utgå ifrån att en del av denna besparing tas i anspråk genom den inreglering av basvärmesystemet som är nödvändig.

En mer sannolik bedömning är att energisparpotentialen p g a individuell värmemätning ligger på i storleksordningen 5-10% av den ursprungliga energiförbrukningen för transmission och ventilation.

Med en maximal effekt på 10%, motsvarande en sänkning av medelrumstemperaturen på i storleksordningen 2°C, skulle detta ge en energibesparing på i genomsnitt 15 kWh/m² uppvärmd yta, år eller ca 1000 kWh/lgh, år för en normal 3-rumslägenhet.

För beräkning av hyresgästens minskade boendekostnad på grund av individuell värmedebitering med aktuellt system, krävs att den nuvarande energiförbrukningen (exkl varmvatten) per lägenhet kan uppdelas i dels energiförbrukning upp till aktuell bastemperatur dels individuellt påverkbar energiförbrukning (16-22°C).

För att kvantifiera detta har den s k gradtimmetoden använts. Härvid har antagits att en teoretisk bas-temperatur på 13°C ger en medelrumstemperatur på 16°C d v s "gratisenergi" motsvarar en temperaturhöjning på 3°C (jfr figur 3.7). Detta innebär att en rumstemperatur på 22°C motsvarar en teoretisk uppvärmning till 19°C.

Detta ger följande fördelning på energiförbrukningen i de olika intervallen:

$$\frac{\text{Basvärme (16°C)}}{\text{Totalvärme (22°C)}} = \frac{Q_{13}}{Q_{19}}$$

För Göteborg gäller att:

$$Q_{13} \approx 53180^{\circ}\text{Ch}$$

$$Q_{19} \approx 85730^{\circ}\text{Ch}$$

Härav följer att:

$$\text{Basvärme (16°C)} = 0,62 \times \text{Totalvärme (22°C)}$$

Med en energiförbrukning på 10.000 kWh/lgh,år (exkl varmvatten), vilket förutsätter ett väl inreglerat värmesystem, ger detta att basvärmesystemet svarar för ca 6200 kWh/lgh,år. Resterande 3800 kWh/lgh,år (E₁) levereras således av lägenhetens elvärmare.

Denna måttliga energibesparing kan ej bära någon större investering, varför en produktutveckling är nödvändig för att skapa ett billigt och enkelt kompletteringsvärmesystem för framtiden.

4.3 Analys av värmeströmning mellan lägenheter och temperaturförlopp

Datorberäkningarna har genomförts för det fall att basvärmesystemet ger en rumstemperatur på 16°C , med hänsyn tagen till "gratisenergin" enligt tidigare.

Som framgår av de redovisade kurvorna (figur 3.8-3.12) över rumstemperaturens variation över dygnet, erhåller de lägenheter som önskar en teoretisk rumstemperatur på ca 13°C en högre rumstemperatur, beroende på inverkan av solinstrålning, personvärme, värmeackumulering i byggnadsstomme samt värmeströmning via lägenhetsskiljande väggar. Temperaturförlopp av det här slaget erhålles i viss mån redan idag.

Lägenhetstemperaturen beror av såväl årstid och lägenhetens placering i huskroppen som av de omgivande lägenheternas temperaturer. Om man studerar årstidens inverkan på temperaturförloppet för en och samma lägenhetsplacering, finner man att temperaturen är högst under vår och höst. Då är solinstrålningens inverkan som störst. Utetemperaturens inverkan är här av mer marginell betydelse. Detta framgår av de små differenser som föreligger mellan kurvorna, under de tider på dygnet då solinstrålningen är ringa eller ingen alls (figur 3.8-3.10, kurva 1).

Beräkningar har även gjorts för en teoretisk bastemperatur på 15°C . Dessa har ej redovisats i rapporten, eftersom resultatet endast blir att den allmänna temperaturnivån höjs. Detta får till följd att rumsternostaterna, som styr in- och urkoppling av elvärmarna, mycket sällan kallar på värme. Då synes en komplettering av ett befintligt vattenburet värmesystem med separata elvärmare vara mindre meningsfull. Orsaken till detta beror i hög grad på att en teoretisk bastemperatur på 15°C i realiteten ger en rumstemperatur på ca 18°C vid beaktande av inverkan av solinstrålning, personvärme och värmeackumulering i byggnadsstomme m m.

Beräkningar av en lägenhets totala effektbehov för uppvärmning har gjorts för februari månad. Detta effektbehov har sedan delats upp på den effekt som avges från basvärmesystemet (basvärmeeffekt) och det effektbehov som erfordras för att täcka lägenhetens transmissions- och ventilationsförluster (figur 3.13-3.16). Härvid har hänsyn tagits till att värmeavgivningen från basvärmesystemet reduceras då rumstemperaturen stiger över 16°C . Den återstående delen av totaleffektbehovet kan hänföras till den värme-strömning som sker till lägenheter med lägre temperatur än den studerade ("värmestöld"). I figurerna 3.17 och 3.18 redovisas enbart totalt effektbehov och basvärmeeffekt.

Effektberäkningarna har gjorts för två alternativa reglerfall i den betraktade lägenheten, nämligen:

Alt. 1) Konstant rumstemperatur - 22°C
(figur 3.13-3.15).

Alt. 2) Varierande rumstemperatur - 18°C
kl 21.00-06.00, 22°C, kl 06.00-21.00
(figur 3.16-3.18)

I samtliga beräkningsfall utgör effektbehovet för elvärmarna skillnaden mellan totalt effektbehov och basvärmeeffekt. Dimensionerande elvärmareffekt erhålles för alternativ 2 ovan.

Orsaken till att dessa effekter är dimensionerande beror på att byggnadsstommen nedkyles nattetid och måste anvärmas ånyo efter nattsänkingsperiodens slut. Det bör observeras att de beräknade effekterna avser en normal 3-rumslägenhet på ca 75 m² i den aktuella byggnaden.

Av de gjorda beräkningarna framgår att den sannolika rumstemperaturen blir ca 17-19°C vid en praktisk bas-temperatur på 16°C på grund av värmeströmningen genom lägenhetsskiljande väggar m m.

Vad avser effekten av ovannämnda värmeströmning är denna ca 0,5 kW i ett av de mest sannolika fallen (figur 3.13-3.15). Detta motsvarar ca 20% av den erforderliga elvärmareffekten. Denna kan ses som en övre gräns vid stationära förhållanden.

Beräkningsresultatet avser förhållandena efter en insvägningsperiod på 3-5 dygn. Större momentana värme-strömmar kan troligtvis erhållas om temperaturdifferensen mellan lägenheterna tillfälligt är större. Detta bedömes dock kunna inträffa sällan då tunga byggnader, som i detta fall, normalt har ett relativt jämnt inomhusklimat.

De studier som tidigare gjorts på området och som behandlat problematiken med värmeströmning genom lägenhetsskiljande väggar vid individuell värmemätning, baseras på stationära förhållanden. Detta ger enligt våra bedömningar en alltför enkel bild av problematiken. Hänsyn till värmeackumulering i byggnadsstomme har bl a inte tagits. Samtidigt är förhållandena i en byggnad som utsätts för tidsmässiga variationer (solinstrålning, intern värmebelastning etc) så oerhört komplexa att en simulering av hela byggnaden skulle vara näst intill omöjlig att genomföra. De beräkningar som här redovisas, bör ses som en indikation på det resultat som fås i verkligheten.

4.4 Riktad operativ temperatur

För att kontrollera det termiska inomhusklimatet vid användandet av ett kompletterat basvärmesystem har datorberäkningar även gjorts av den riktade operativa temperaturen (ROT) enligt SBN 80.

Två dimensionerade fall har därvid studerats, dels vinterfallet vid LUT då elvärmarna är inkopplade, dels vårfallet då rumstemperaturen blir 20°C utan tillskott från elvärmarna.

Beräkningarna har utförts för ett vardagsrum i en tak-gavellägenhet med stor fönsterarea. Beräkningspunkterna ligger i den i SBN 80 redovisade kontrollzonens begränsningsytor.

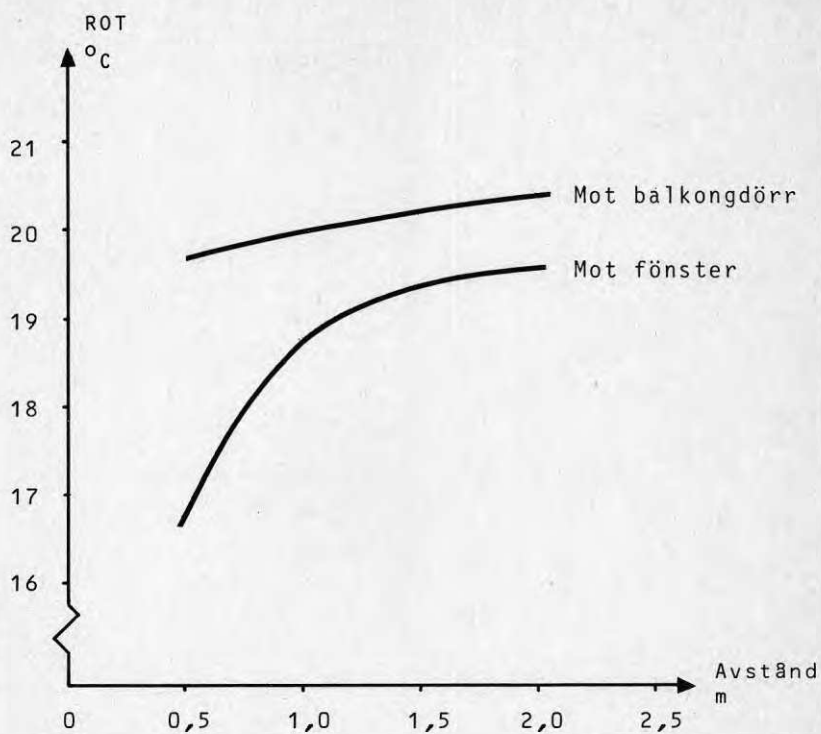
Datorberäkningarna har givit följande resultat:

	Pkt 1	Pkt 2	Pkt 3	Pkt 4
Vinterfall (LUT)	22,3	18,7	19,8	18,4
Vårfall	20,3	18,6	18,9	18,4

Beräkningspunkternas läge i kontrollzonens begränsningsyta är följande:

- Pkt 1 - mitt för vattenradiator
- Pkt 2 - mitt för fönster
- Pkt 3 - mitt för elvärmare
- Pkt 4 - mitt för balkongdörr

I samtliga fall överstiger den beräknade riktade operativa temperaturen (ROT) kravet på minst 18°C enligt SBN 80. Normkravet på en maximal differens på 5°C mellan olika punkter är också uppfyllt.



Figur 4.1 Den riktade operativa temperaturens (ROT) variation med avståndet till kalla ytor.

5. EKONOMISK ANALYS

5.1 Allmänt

För den ekonomiska analysen av föreliggande basvärme-system kompletterat med individuella elvärmare har en kalkylränta på 16% använts. För de i anläggningen ingående elektriska komponenterna har en avskrivningstid på 15 år använts med hänsyn tagen till den framtida osäkerheten på energiområdet.

Kostnad för löpande underhåll har bedömts vara 2% av investeringskostnaden per år.

Energikostnaderna baseras på ett oljepris av 1800 kr/m³ och gällande eltaxa från Energiverken i Göteborg.

Den gällande eltaxan (normal hushållstaxa) är uppbyggd på följande sätt:

- Abonnemangsavgift 290 kr/år
- Energiavgift 21,3 öre/kWh inkl 4 öre/kWh i energiskatt

Då befintliga abonnemang utnyttjas kommer varken anslutningsavgift eller någon extra abonnemansavgift att debiteras den enskilde hyresgästen. Enligt de bedömningar som gjorts kommer befintliga mätarsäk-ringar att räcka till. De är idag 25 A.

För beräkning av det energipris som hyresgästerna idag betalar för uppvärmning med ett konventionellt värmesystem har antagits en årsmedelverkningsgrad för värmeproduktion och -distribution på 75%. Detta ger, vid ett oljepris på 1800 kr/m³, ett energipris på ca 24,0 öre/kWh för hyresgästen.

5.2 Lönsamhetsbedömning

För att en individuell värmedebitering skall vara intressant att genomföra för hyresgästerna, måste den resultera i en lägre boendekostnad eller åtminstone inte en ökad sådan.

Detta kan uttryckas som att den höjning av kallhyran som hyresvärden tar ut på grund av den nödvändiga investeringen skall vara mindre eller högst lika stor som hyresgästens minskade uppvärmningskostnad.

Kriteriet kan matematiskt uttryckas på följande sätt:

$$\Delta I_{\text{å}} + \Delta U_{\text{å}} \leq \underbrace{E_1 (e_{\text{po}} - e_{\text{pe}})}_{\substack{\text{pga övergång} \\ \text{från olja till} \\ \text{el}}} + \underbrace{\Delta E \cdot e_{\text{pe}}}_{\substack{\text{pga möjlig} \\ \text{energibesparing i form av sänkt} \\ \text{temperatur}}}$$

där

$\Delta I_{\text{å}}$ = ökad kapitalårskostnad per lägenhet p g a investering (kr/lgh,år)

$\Delta U_{\text{å}}$ = ökad underhållskostnad per lägenhet p g a investering (kr/lgh,år)

E_1 = energiförbrukning per lägenhet utöver levererad basvärme (kWh/lgh,år)

ΔE = energibesparing per lägenhet p g a möjlig temperatursänkning (kWh/lgh,år)

e_{po} = energipris för hyresgäst vid oljebaserad uppvärmning (kr/kWh)

e_{pe} = energipris för hyresgäst vid elbaserad uppvärmning (kr/kWh)

Med följande siffervärden

$E_1 = 3800$ kWh/lgh,år

$\Delta E = 1000$ kWh/lgh,år

$e_{\text{po}} = 0,240$ kr/kWh

$e_{\text{pe}} = 0,213$ kr/kWh

fås att

$\Delta I_{\text{å}} + \Delta U_{\text{å}} \leq 316$ kr/lgh,år
--

Investeringskostnaden för en 3-rumslägenhet i den studerade byggnaden är ca 4500 kr, vilket inkluderar elvärmare med termostater samt installation. Den nattnedsättande funktionen som har studerats i beräkningarna förutsättes härvid ske genom en manuell termostatinställning. Om en automatisk nattsänkingsfunktion installeras ökar investeringskostnaden med ca 1000 kr/lägenhet.

Detta ger följande årskostnader:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta I_{\text{å}} = 807 \text{ kr/lgh,år} \\ \Delta U_{\text{å}} = 90 \text{ kr/lgh,år} \end{array} \right\} \Delta I_{\text{å}} + \Delta U_{\text{å}} = 897 \text{ kr/lgh,år}$$

Detta innebär att investeringen idag, med befintlig teknik, gällande energipriser och tillgänglig energisparpotential, ej är lönsam.

Brytpunkten för att erhålla lönsamhet för det studerade systemet ligger vid en investeringskostnad på ca 1800 kr/lgh

Trots den dåliga lönsamheten har detta bivalenta uppvärmningssystem vissa fördelar ur såväl komfortsynpunkt för den enskilde hyresgästen som ur nationell energiförsörjningssynpunkt (jfr avsnitt 4). Detta går dock inte att värdera ur strikt ekonomisk synpunkt.

Det bör påpekas att om en investering enligt ovan i framtiden berättigar till statliga energilån bör lönsamheten kunna förändras till en acceptabel nivå.

För att belysa lönsamhetsaspekten för det aktuella systemet, kan nämnas att besparingskostnaden är ca 40 öre/kWh vid en real kalkylränta på 6%, en real energiprisökning på 2% per år och en brukstid på 15 år.

6. SLUTORD

Föreliggande förstudie visar att individuell värmemätning med hjälp av individuellt reglerbara elvärmarer som kompletterar befintligt vattenburet basvärmsystem är tekniskt intressant.

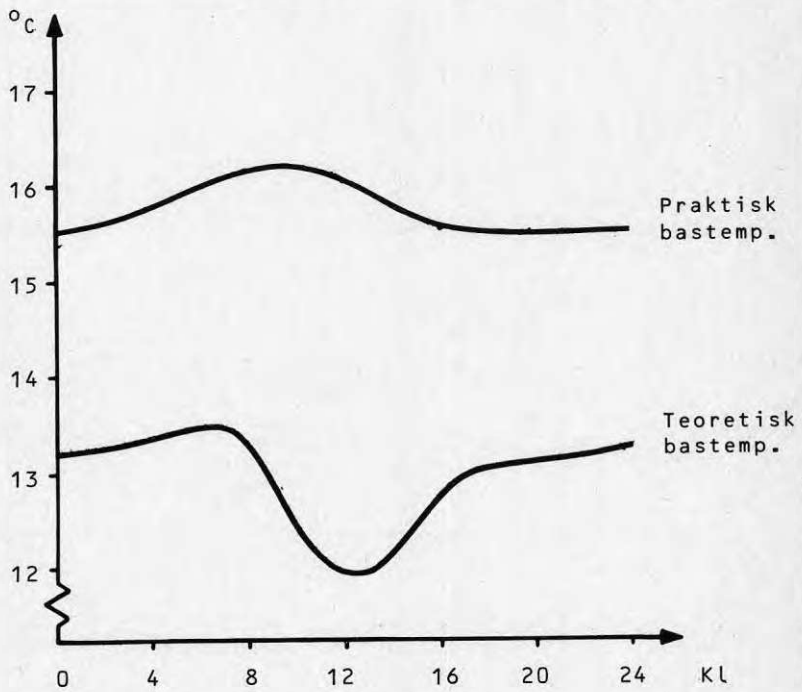
Ett bivalent uppvärmningssystem av denna typ är dock inte lönsamt med dagens kostnader och energipriser.

Det bör dock påpekas att ett sådant system i sig har vissa uppenbara fördelar ur framförallt nationell energiförsörjningssynpunkt - flexibilitet, utnyttjande av elöverskott, minskat oljeberoende etc. Dessa uppenbara fördelar är dock svåra att kvantifiera ekonomiskt.

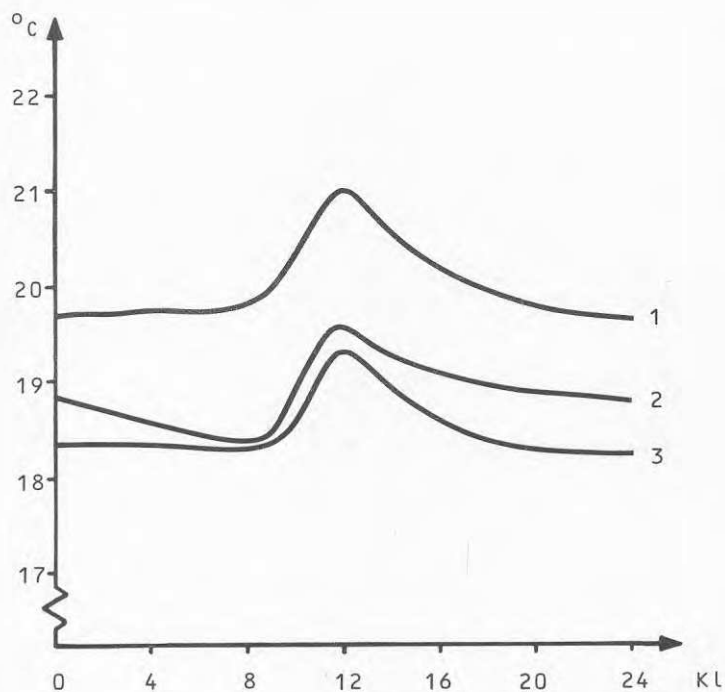
Med hänvisning till de nationella fördelarna ur energiförsörjningssynpunkt bör enligt vår bedömning statliga energilån utgå för denna typ av energisparåtgärd.

Med tanke på systemets fördelar enligt ovan bör en fördjupad förstudie göras, där detta lokala basvärmsystem får ingå i ett större energisystem.

En sådan fördjupad förstudie bör begränsas till ett mindre bostadsområde som värmeförsörjs från en kvarterscentral. Studien bör omfatta samverkan mellan olika delenergisystem såsom basvärme, kvarterscentral och ute-/frånluftsbaserad värmepump för tappvarmvattenberedning sommartid.

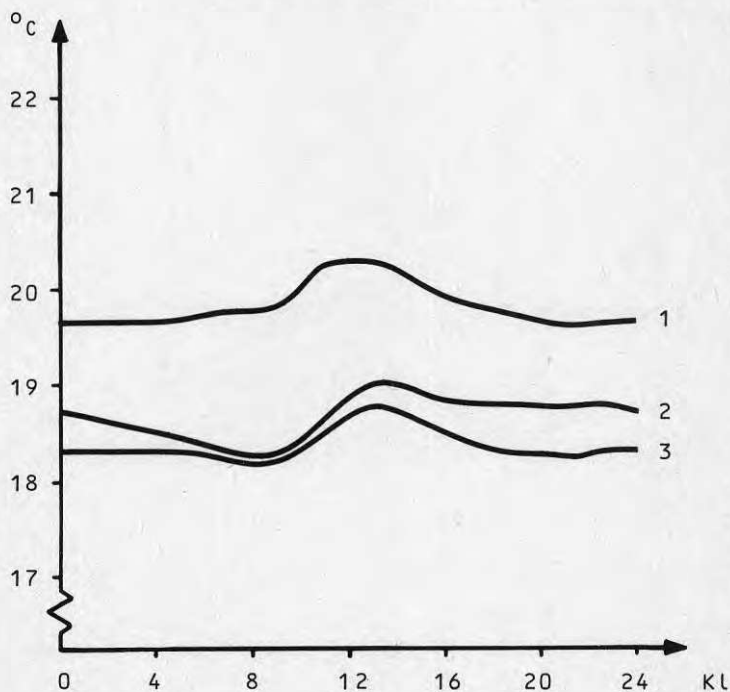


Figur 3.7 Teoretisk och praktisk rumstemperatur för mittenlägenhet i februari.



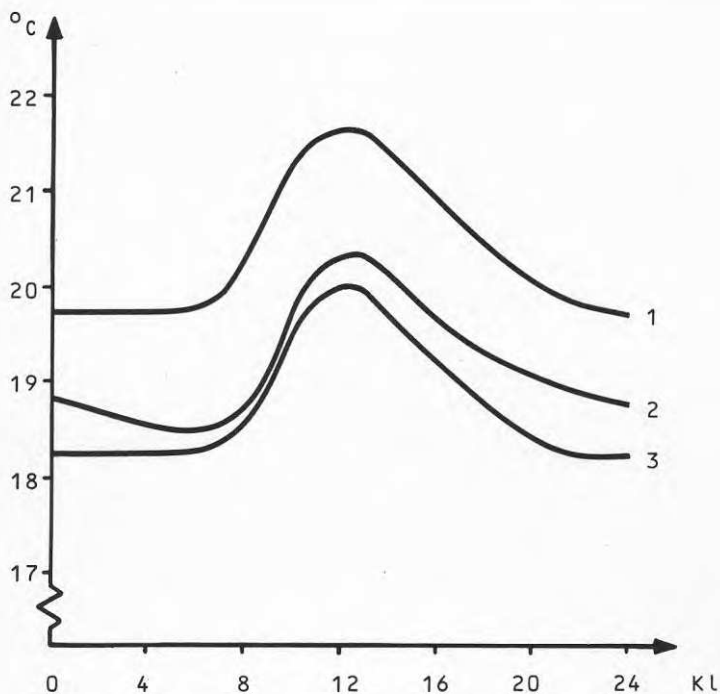
Figur 3.8 Temperaturförlopp i mittenlägenhet med basvärme under november.

- 1) Samtliga grannlägenheter håller konstant 22°C
- 2) Samtliga grannlägenheter håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00
- 3) En grannlägenhet håller konstant 18°C, två grannlägenheter håller konstant 20°C (i fallet tak- respektive tak-gavellägenhet håller en grannlägenhet konstant 20°C) medan återstående grannlägenhet håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00



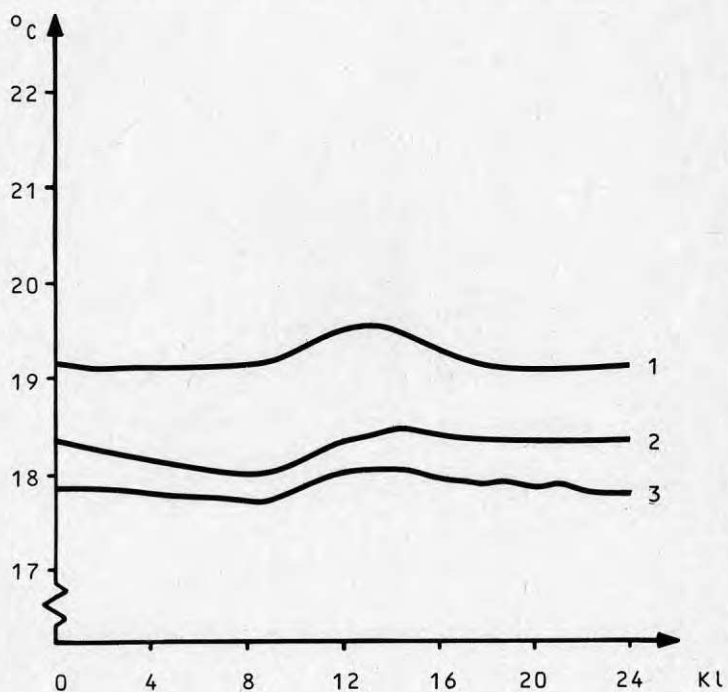
Figur 3.9 Temperaturförlopp i mittenlägenhet med basvärme under februari.

- 1) Samtliga grannlägenheter håller konstant 22°C
- 2) Samtliga grannlägenheter håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00
- 3) En grannlägenhet håller konstant 18°C, två grannlägenheter håller konstant 20°C (i fallet tak- respektive tak-gavellägenhet håller en grannlägenhet konstant 20°C) medan återstående grannlägenhet håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00



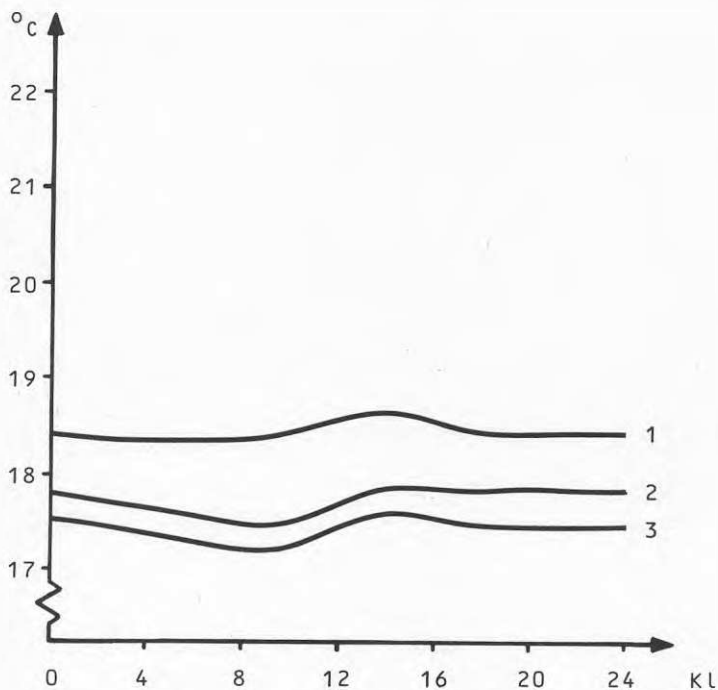
Figur 3.10 Temperaturförlopp i mittenlägenhet med basvärme under april.

- 1) Samtliga grannlägenheter håller konstant 22°C
- 2) Samtliga grannlägenheter håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00
- 3) En grannlägenhet håller konstant 18°C, två grannlägenheter håller konstant 20°C (i fallet tak- respektive tak-gavellägenhet håller en grannlägenhet konstant 20°C) medan återstående grannlägenhet håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00



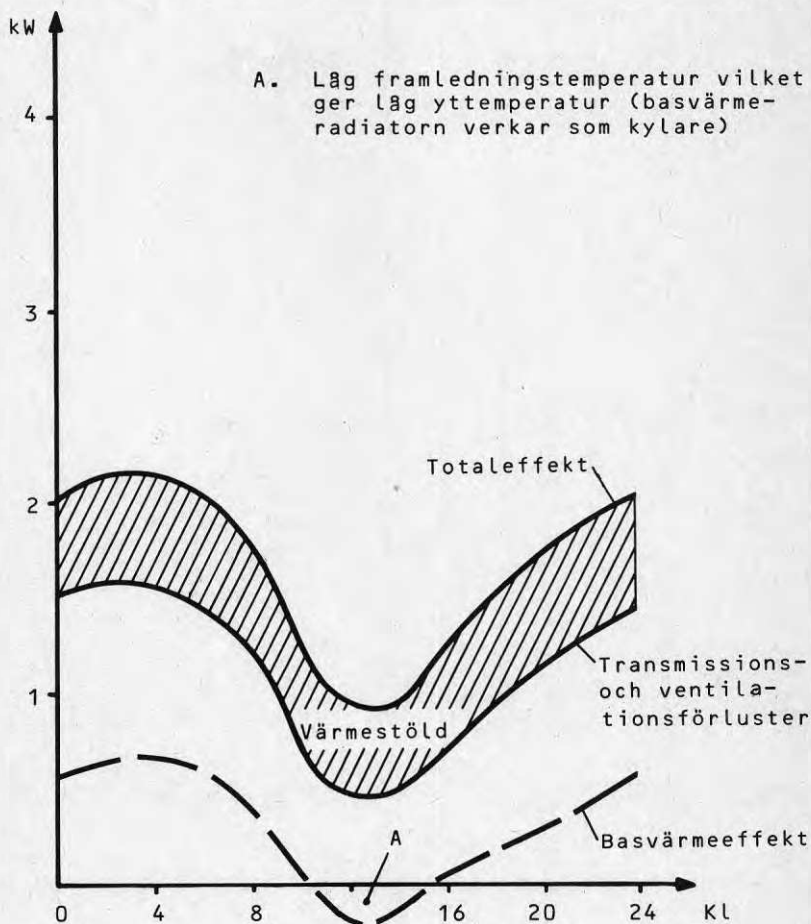
Figur 3.11 Temperaturförlopp i taklägenhet med basvärme under februari

- 1) Samtliga grannlägenheter håller konstant 22°C
- 2) Samtliga grannlägenheter håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00
- 3) En grannlägenhet håller konstant 18°C, två grannlägenheter håller konstant 20°C (i fallet tak- respektive tak-gavellägenhet håller en grannlägenhet konstant 20°C) medan återstående grannlägenhet håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00



Figur 3.12 Temperaturförlopp i tak-gavellägenhet med basvärme under februari.

- 1) Samtliga grannlägenheter håller konstant 22°C
- 2) Samtliga grannlägenheter håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00
- 3) En grannlägenhet håller konstant 18°C, två grannlägenheter håller konstant 20°C (i fallet tak- respektive tak-gavellägenhet håller en grannlägenhet konstant 20°C) medan återstående grannlägenhet håller 22°C kl 06.00-21.00 och 18°C kl 21.00-06.00

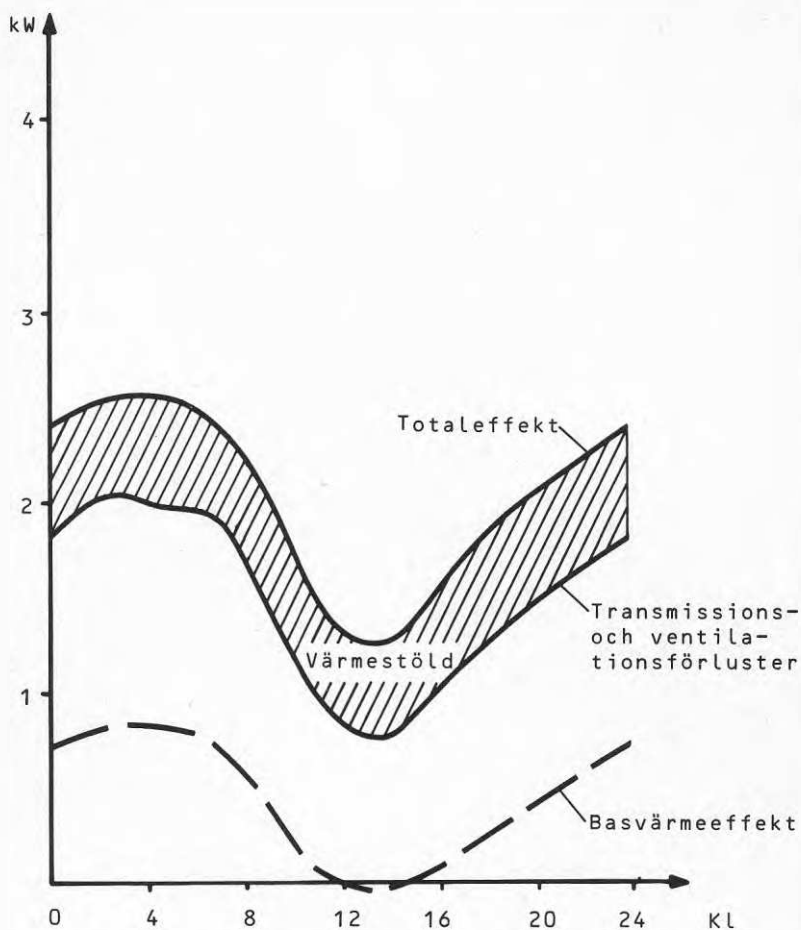


Figur 3.13 Effektbehov för uppvärmning (22°C) av mittenlägenhet under februari.

Beräkningsförutsättningar

Rumstemperatur i betraktad lägenhet: 22°C

Rumstemperatur i grannlägenheter: ca 20°C , varierar enligt figur 3.9, kurva 1

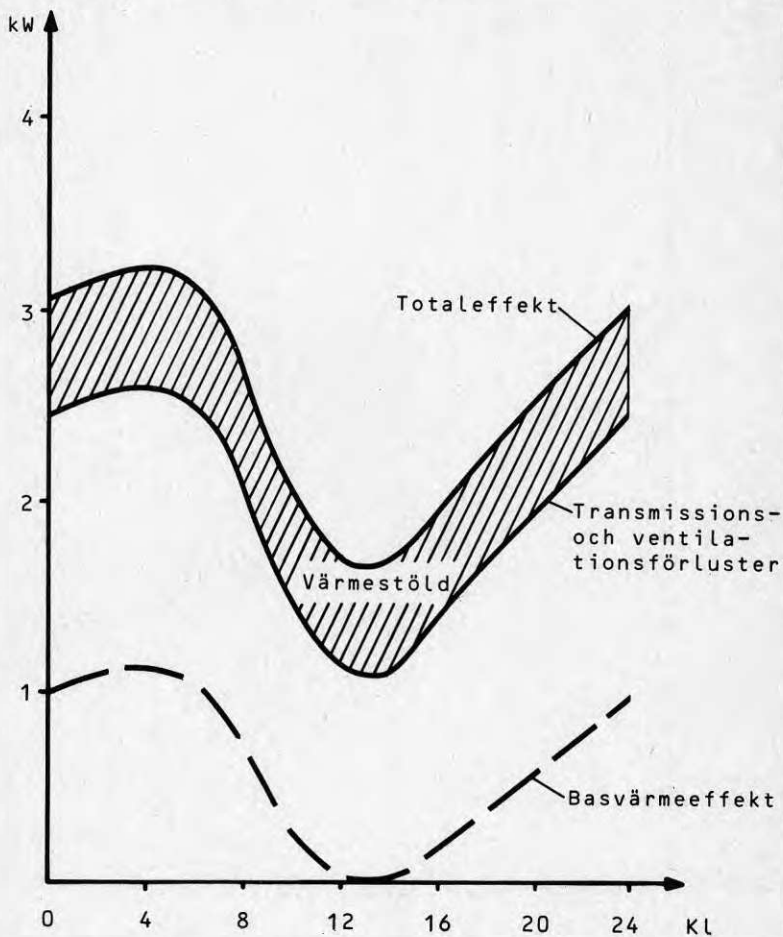


Figur 3.14 Effektbehov för uppvärmning (22°C) av taklägenhet under februari.

Beräkningsförutsättningar

Rumstemperatur i betraktad lägenhet: 22°C

Rumstemperatur i grannlägenheter: ca $19,3^{\circ}\text{C}$,
varierar enligt figur 3.11, kurva 1

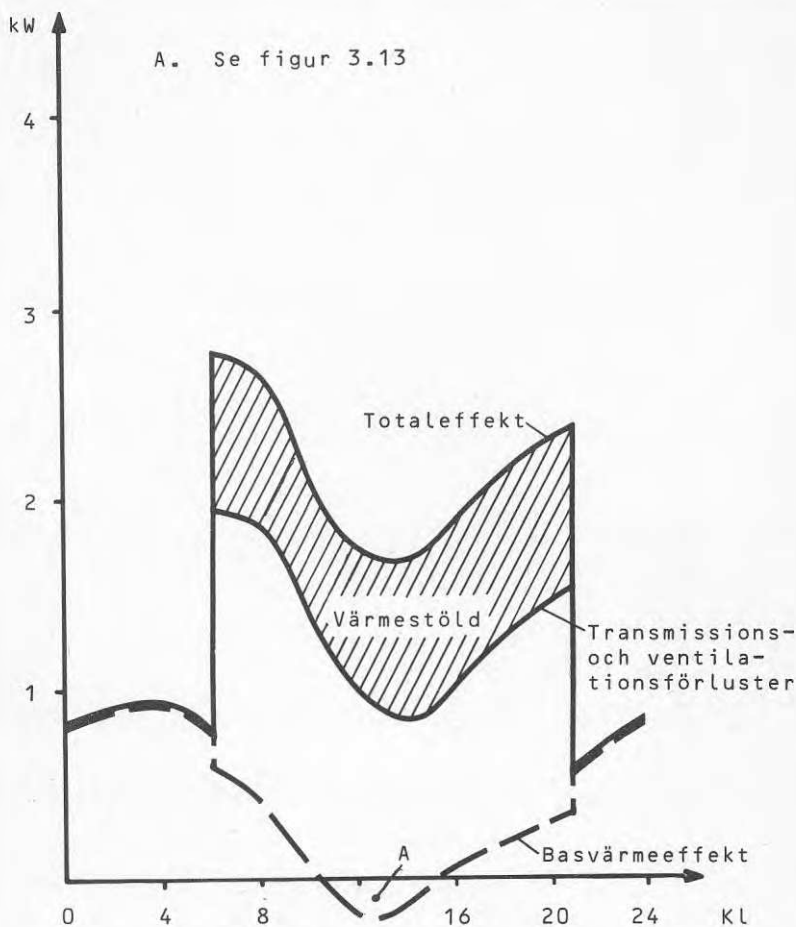


Figur 3.15 Effektbehov för uppvärmning (22°C) av tak-gavellägenhet under februari.

Beräkningsförutsättningar

Rumstemperatur i betraktad lägenhet: 22°C

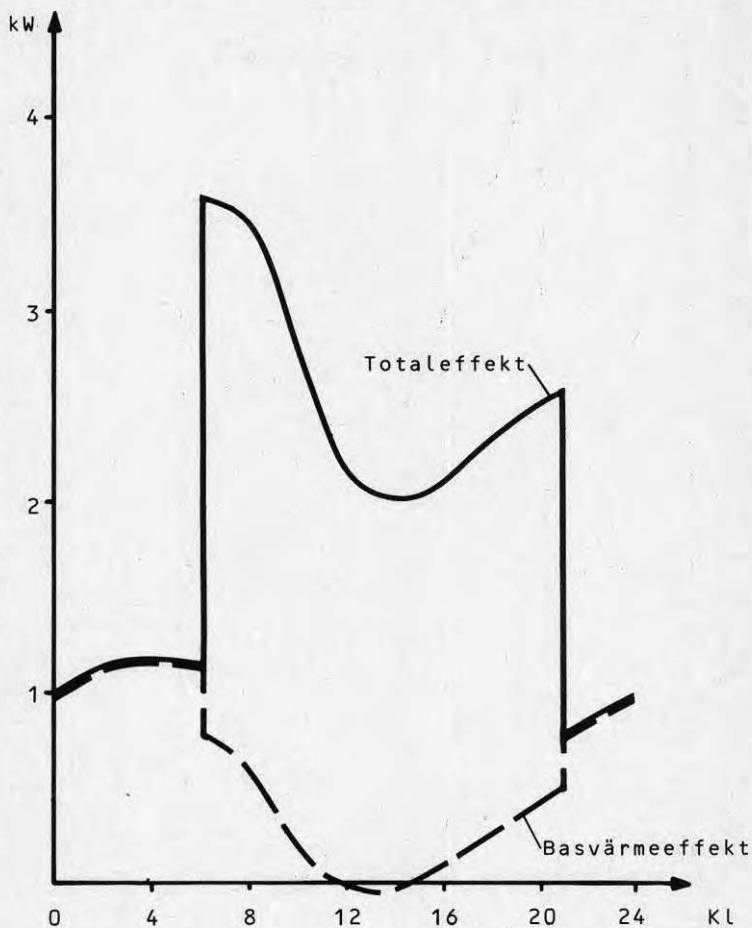
Rumstemperatur i grannlägenheter: ca $18,7^{\circ}\text{C}$, varierar enligt figur 3.12, kurva 1



Figur 3.16 Effektbehov för uppvärmning
(18°C 21.00-06.00, 22°C 06.00-21.00)
av mittenlägenhet under februari.

Beräkningsförutsättning

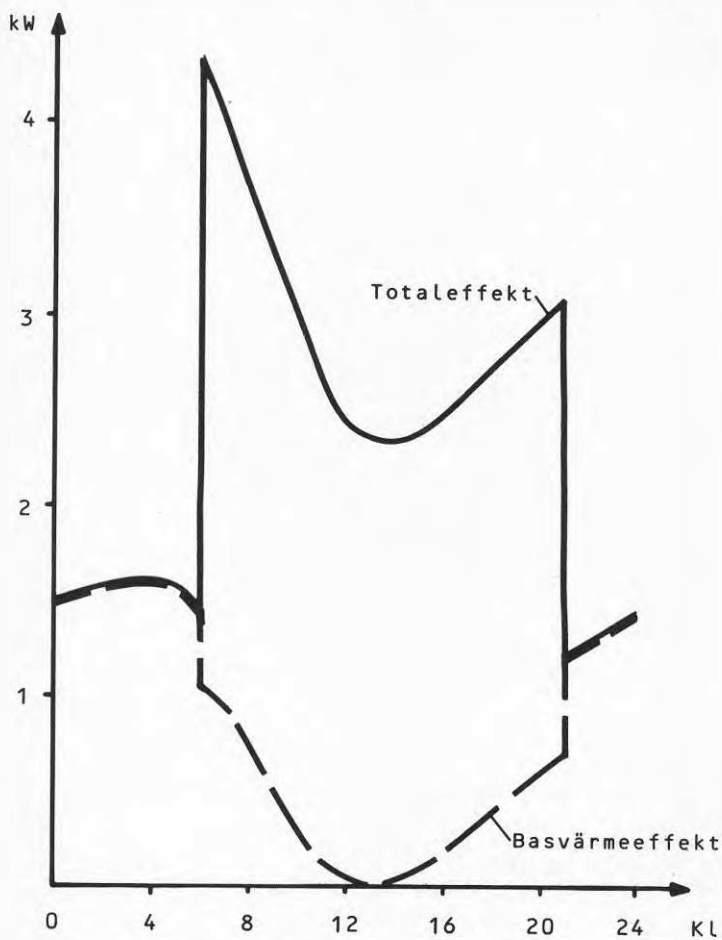
Grannarna har en temperatur som varierar enligt kurva 2 (figur 3.9)



Figur 3.17 Effektbehov för uppvärmning
(18°C 21.00-06.00, 22°C 06.00-21.00)
av taklägenhet under februari.

Beräkningsförutsättning

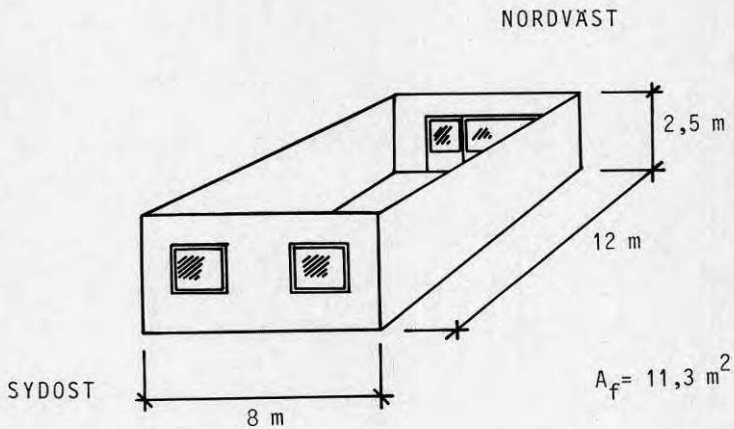
Grannarna har en temperatur som varierar enligt kurva 2 (figur 3.11)



Figur 3.18 Effektbehov för uppvärmning
(18°C 21.00-06.00, 22°C 06.00-21.00)
av tak-gavellägenhet under februari.

Beräkningsförutsättning

Grannarna har en temperatur som varierar enligt kurva 2 (figur 3.12)

INDATA FÖR BERÄKNING AV TEMPERATURFÖRLOPP① Lägenhetsgeometri② Grundytornas konstruktiva uppbyggnad

- Lägenhetsskiljande vägg 150 mm betong + tapeter
- Mellanbjälklag 2 mm linoleum
6 mm masonite
3 mm korkpapp
190 mm betong + överbetong
- Yttervägg - långsida 60 mm betong
100 mm mineralull
70 mm betong
- Yttervägg - kortsida 120 mm betong
70 mm cellplast
80 mm betong
- Vindsbjälklag 70 mm betong
100 mm mineralullsfilt
50 mm mineralullsmatta

③ Utomhustemperatur

Utomhustemperaturen förutsättes variera sinusformat under dygnet med amplituden $+5^{\circ}\text{C}$ enligt sambandet

$$t(h) = \bar{t}_m + 5 \cdot \sin \frac{2\pi(h-8)}{24}$$

där

$t(h)$ = utomhustemperatur vid klockslag h

\bar{t}_m = månadsmedelvärde

Månadsmedelvärdena för de studerade månaderna är:

November	$+4,5^{\circ}\text{C}$
Februari	$-1,2^{\circ}\text{C}$
April	$+6,0^{\circ}\text{C}$

④ Inomhustemperatur

Beräknas - varierar över dygnet

⑤ Intern värmebelastning från personer

Klockan 20.00 - 07.00, 2 st sovande personer, totalt 106 W.

Klockan 07.00 - 20.00, 2 st personer i rörelse, totalt 159 W.

⑥ Avgiven värme från radiatorer

För att ta hänsyn till ändrad värmeavgivning från radiatorer vid förändringar i rumstemperatur, har följande samband lagts in i programmet:

$$Q' = \left(\frac{t_m - t}{50}\right)^{1,33} \cdot Q^B$$

där

t_m = medeltemperatur på radiator vid basvärmeavgivning

t = rumstemperatur vid betraktad tidpunkt

Q^B = radiator-effekt vid ett $80^{\circ}/60^{\circ}$ -system.

⑦ Fönsterdata

Avskärmningsfaktor

Dagtid - $F_1 = 60\%$, totalt inläckt solvärme
 - $F_2 = 34\%$, direkt inläckt solvärme

Nattetid - $F_1 = 35\%$, totalt inläckt solvärme
 - $F_2 = 8\%$, direkt inläckt solvärme

Värmegenomgångstal

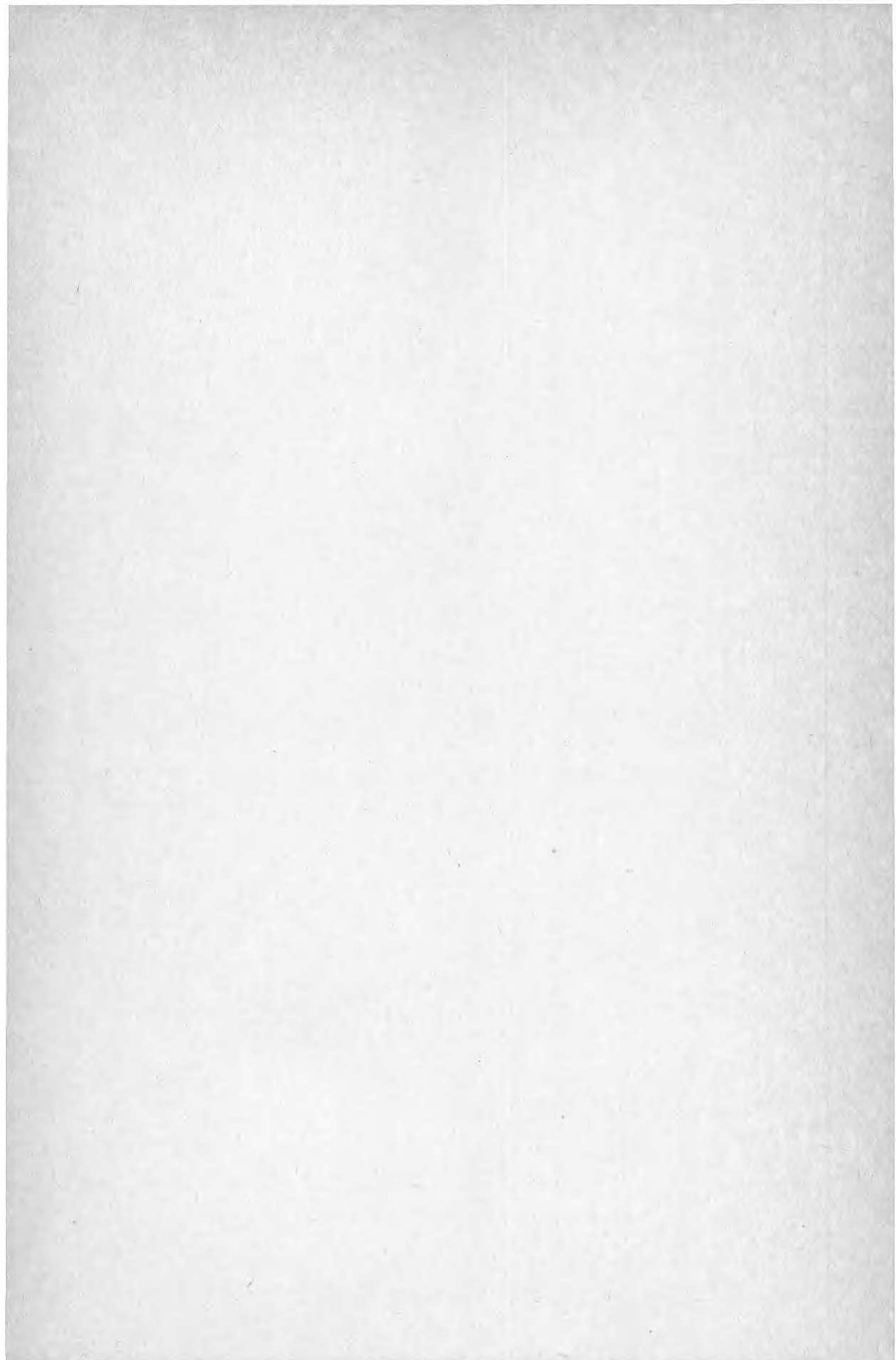
Dagtid - $k = 2,6 \text{ W/m}^2\text{°C}$
 Nattetid - $k = 2,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$

⑧ Ventilation

Luftomsättningen har satts till 0,5 oms/h.

⑨ Solinstrålningsdata

Instrålningsintensiteter från sol och himmel genom vertikala fönster med två rutor av vanligt fönsterglas samt mot vertikala ytor av typ fasad har hämtats från rapport R19:69 från Byggforskningsrådet av Brown-Isfält "Instrålning från sol och himmel i Sverige under klara dagar".



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810989-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till AB Göteborgshem, Göteborg.**

Art.nr: 6700618

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 25 kr exkl moms

R118: 1982

ISBN 91-540-3802-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm