



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

R1:1990

Radhus i Valdemarsro, Malmö
En energi- och inneklimatanalys

Egon Lange

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135406

Byggforskningsrådet

R1:1990

RADHUS I VALDEMARSRO, MALMÖ

En energi- och inneklimatanalys

Egon Lange



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

Svenskt Tryck Stockholm 1990

REFERAT

Rapporten omfattar en analys av uppmätta klimat- och energidata från 32 radhus på området Valdemarsro i Malmö. Projektet har visat att man med konventionell och beprövad teknik kan bygga småhus med mycket små uppvärmningsbehov. Detta kan uppnås med väl tilltagen isolering och värmeåtervinning ur ventilationsluften i kombination med ett väl fungerande uppvärmningssystem.

Mätningarna visar att husens klimatskal uppfyller ställda krav, och det krävs inte mer än maximalt ca 2 kW uppvärmningseffekt. I husen används dock betydligt mer energi för uppvärmning än förväntat, beroende på bristerna i det vattenburna systemet. Reglerförmågan var obefintlig och det boende hade mycket små möjligheter att påverka vare sig inomhustemperatur eller energiförbrukning. Med det konventionella vattenburna system som husen utrustats med utnyttjades inte "gratisenergin" till att reducera andelen köpt energi för uppvärmning, utan gav endast upphov till högre inomhustemperaturer.

I försök där uppvärmningssystemet modifierades till direktel kunde "gratisenergin" utnyttjas bättre och behovet av köpt energi halverades med bibehållen inomhustemperatur.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R1:1990

ISBN 91-540-5146-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1990

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD

1	SAMMANFATTNING	1
2	BESKRIVNING AV MÄTHUSEN OCH OMRÅDET	4
2.1	Upphandling	4
2.2	Byggnadsutformning och konstruktion	4
2.3	Uppvärmningssystemet	8
2.4	Ventilationssystemet	12
3	MÄTMETOD OCH MÄTUTRUSTNING	15
3.1	Manuella avläsningar	15
3.2	Automatiska mätningar	18
3.3	Kompletterande mätningar	21
4	RESULTAT AV MANUELLA AVLÄSNINGAR I SAMTLIGA HUS	22
4.1	Översiktliga resultat	22
4.2	Radiatorsystem	27
4.2.1	Kulvertförluster	32
4.3	Vattenflöde radiatorsystem	34
4.4	Tappvattenförbrukning	38
4.5	Hushållsel och gemensam el	40
4.6	Inomhustemperatur	46
5	HUSENS SPECIFIKA VÄRMEBEHOV	51
5.1	Beräkning av specifika värmebehovet	52
5.2	Mätning av specifika värmebehovet	56
5.3	Avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden	69
6	VÄRMESYSTEMETS FUNKTION	75
6.1	Uppbyggnad	75
6.2	Mätresultat - värmesystemets funktion	77
6.3	Uppvärmningsenergens beroende av olika parametrar	94
6.3.1	Förutsättningar	94
6.3.2	Värmesystemets regleregenskaper	94
6.3.3	Byggnadens förluster	98
6.3.4	Inomhustemperaturens beroende av olika parametrar	100
6.3.5	Temperaturskillnadens beroende av olika parametrar	102

6.4	Brister i dimensionering och utförande	103
6.5	Konsekvenser av bristerna	108
6.6	Värmesystemets reglerförmåga	110
6.7	Oönskade värmeförluster	112
6.8	Modifierat uppvärmningssystem	113
6.9	Försök med direktelvärm	114
7	VENTILATIONSSYSTEMETS FUNKTION	116
7.1	Beskrivning av ventilationssystemet	116
7.2	Modifierat ventilationssystem	120
7.3	Uppmätta temperaturer	121
7.4	Uppmätta luftmängder	134
7.5	Temperaturverkningsgrad	139
7.6	Energiverkningsgrad	146
7.7	Avfrostning - eftervärmning med elbatteri	150
8	ÖVRIGA TIMBASERADE MÄTNINGAR	152
8.1	Inomhustemperatur	152
8.1.1	Temperaturvariation över dygn och år	161
8.1.2	Beroendet av solinstrålning	165
8.2	Vädringsfrekvens	168
8.3	Golvtemperatur	178
8.4	Vindstemperaturen	183
8.5	Kallt och varmt vatten	185
8.6	Hushållsel	188
8.7	Fjärrvärmeundercentral	191
9	SIMULERING AV TERMISK FUNKTION	197
9.1	Beräkningar med BKL-metoden	197
10	SYNPUNKTER PÅ FÖRVALTNING	207
10.1	Samfällighetsföreningen	207
10.2	Fördelning av kostnader	208

FÖRORD

Denna rapport utgör en slutrapport av de undersökningar som utförts inom 32 st radhus på Valdemarsro i Malmö. Projektet har genomförts vid institutionen för Byggnadskonstruktionslära under ledning av Egon Lange.

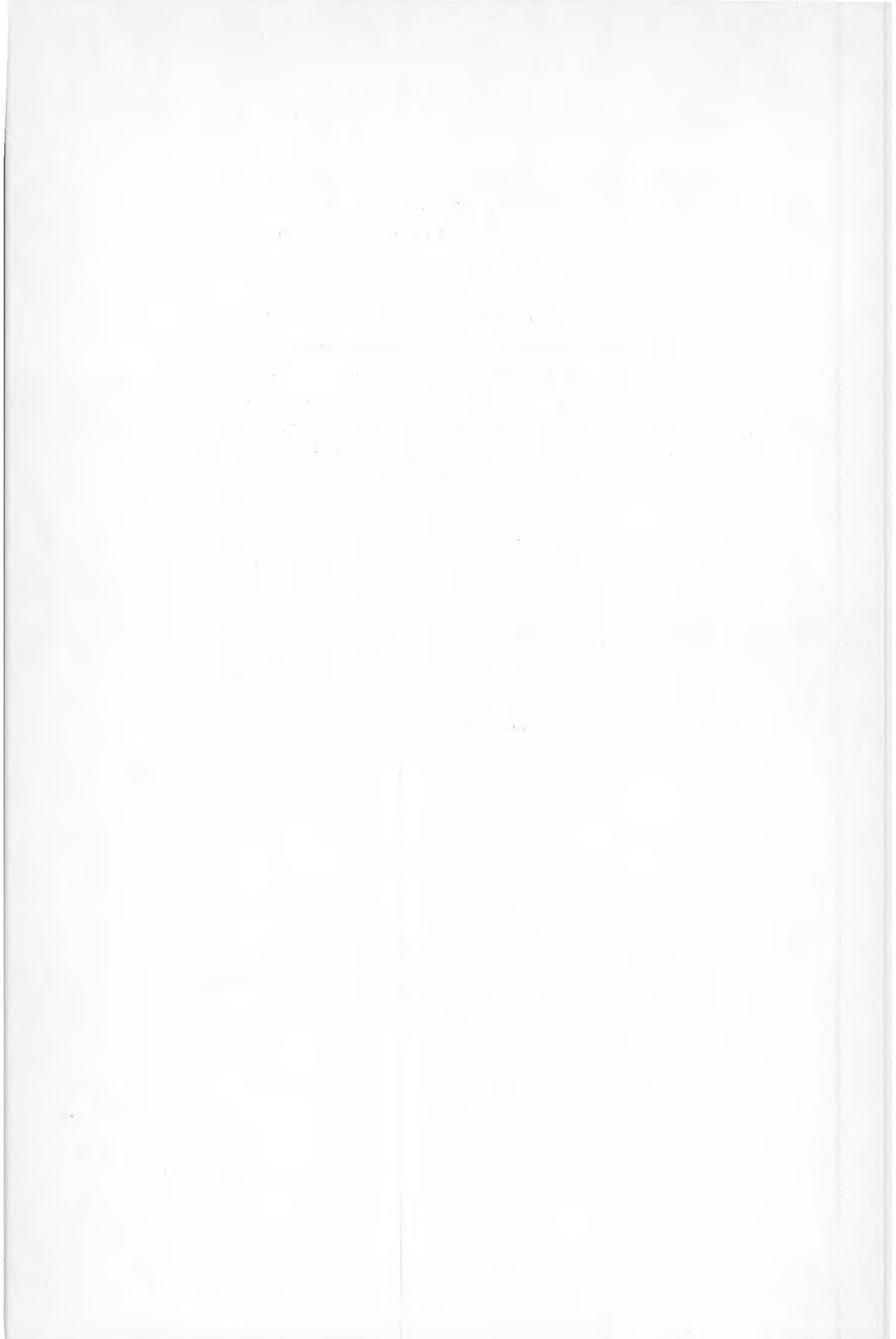
Urban Lundh och Hans Follin har tillsammans med Egon Lange stått för upphandling, montage och igångkörning av mätutrustning. De har även deltagit i det löpande arbetet i projektet med avläsningar och fortlöpande analyser av mätdata. Bengt Emanuelsson, som förestår institutionens mätcentral, har förbättrat och kompletterat utvärderings- och analysmetoderna som utnyttjats vid utvärderingen av projektet.

Under utvärderingsskedet har ansvaret för framtagandet av figurerna i rapporten legat på Hans Follin, och Marianne Abrahamsson har skrivit ut rapporten i läsbar form.

Byggföretaget Wihlborgbyggen AB, numera PEAB, har genom Kjell Månsson ställt upp på alla sätt under projektets gång. Man har väl förvaltat erfarenheterna från Valdemarsroprojektet och tagit med sig dessa till andra byggprojekt.

Malmö i maj 1989

Egon Lange



1 SAMMANFATTNING

Valdemarsroprojektet har visat att man med konventionell och beprövad teknik kan bygga småhus med mycket små uppvärmningsbehov. Detta har åstadkommits genom väl tilltagen isolering och värmeåtervinning ur ventilationsluften. Genomtänkta lösningar redan på konstruktionsstadiet har tillsammans med ett väl genomfört byggande gett förväntat resultat. Husens klimatskal uppfyller ställda krav, och husen kräver inte större uppvärmningseffekt än beräknat, drygt 2 kW vid -20°C ute.

Husen använder emellertid betydligt mer energi för uppvärmning än förväntat, ca 7000 kWh/år eller $60 \text{ kWh/m}^2\text{år}$. Denna energimängd är tillräcklig för att hålla $+20^{\circ}\text{C}$ i ett obebott Valdemarsrohus. Målsättningen var att mängden köpt energi för uppvärmning skulle reduceras kraftigt i ett bebott hus genom att gratisvärme i olika former utnyttjades. Det visade sig emellertid att i stort sett all gratisenergi endast gav en högre inomhustemperatur och inte någon energibesparing.

Detta beror till stor del på det vattenburna uppvärmningssystemet, som visat sig vara bristfälligt i flera avseenden. Reglerförmågan, som är en förutsättning för att ta vara på gratisenergi i olika former, är obefintlig. Värmesystemet har dessutom för stora okontrollerbara förluster genom att värmerör förlagts oisolerade i betongplattan, och går helt enkelt inte att stänga av. De boende har härigenom mycket små möjligheter att individuellt påverka sin energiförbrukning. Genom försök med modifierade uppvärmningssystem, bl a direktvärme, har vi visat att en halvering av uppvärmningsenergin är möjlig med i stort sett oförändrad inomhustemperatur. Genom att delvis modifiera det vattenburna värmesystemet i ett radhus kunde de okontrollerbara förlusterna minskas betydligt. Jämfört med den ursprungliga uppbyggnaden kunde uppvärmningsenergin reduceras avsevärt, främst på grund av minskade värmeförluster genom bottenplattan, men förmågan att utnyttja gratisvärme förbättrades endast marginellt.

Den välisolerade byggnaden skapar visserligen förutsättningar för en låg energianvändning, men i praktiken är det uppvärmningssystemets funktion som kommer att vara utslagsgivande för energi-

användningen. Ett flertal mätprojekt som genomförts på institutionen visar att Valdemarsroprojektet inte är något undantag i detta avseende.

De datorbaserade beräkningsprogram som idag finns för att bestämma behovet av köpt energi till uppvärmning, har en tendens att överskatta gratisvärmens betydelse. Ofta förutsättes att tillskott av gratisvärme utnyttjas i sin helhet. Detta innebär att uppvärmningsenergin i beräkningarna reduceras för mycket. Den i sammanhanget oerhört viktiga reglerförmågan och de okontrollerbara förlusterna hos uppvärmningssystemet beaktas normalt inte. Beräknade årliga energimängder för lågenergihus måste därför tolkas med stor försiktighet. De kan vara korrekta, men beräkningarnas kvalitet beror på hur väl valda indata är. Även en jämförelse av uppmätta värden mellan enstaka lågenergihus är tveksamt, eftersom det kan vara stor skillnad i beteendet mellan en medelfamilj och en tekniskt kunnig och intresserad familj. En jämförelse av klimatskalets specifika förluster i $W/^\circ C$, kombinerat med en bedömning av värme- och ventilationssystemets funktion, ger en säkrare jämförelse.

Följderna av det bristfälliga uppvärmningssystemet, de varma golven och de höga temperaturerna inomhus, drygt $+23^\circ C$ i genomsnitt, som man dessutom kan uppnå utan att radiatorerna är på, måste av en tekniker betraktas som brister. Husägarna är emellertid nöjda och upplever detta som hög komfort, som man dessutom får till en mycket låg uppvärmningskostnad. Inom ett annat av våra mätprojekt i Malmö pågår mätningar i lika välisolerade hus som försetts med direktelvärme. Trots de betydligt bättre möjligheterna att individuellt styra temperatur och därmed energiförbrukning, använder de boende här i genomsnitt lika mycket uppvärmningsenergi som Valdemarsrohusen. Detta indikerar att vi idag kan bygga mycket energisnåla hus, men att brister i uppvärmningssystemen i kombination med de boendes beteende gör att energiförbrukningen blir onödigt hög. Bättre uppvärmningssystem och större motivation hos de boende, möjligen kombinerat med höjda energipriser, kan troligen reducera energianvändningen betydligt.

Det balanserade ventilationssystemet kombinerat med de täta husen har fungerat som avsett. Det ger möjlighet att upprätthålla 0.5

omsättningar i timmen även vintertid med bibehållen komfort till låga kostnader.

De 32 radhusen om vardera 117 m^2 bebos i genomsnitt av 3 personer. Man använder i medeltal ca 4000 kWh hushållsel om året, vilket inkluderar uppvärmning av en del fristående förråd. Varje hushåll använder ca 140 m^3 vatten om året, varav ca 45 m^3 är varmvatten. För uppvärmning av detta varmvatten till drygt 50°C åtgår 3000 kWh/år och radhus, varav ca 750 kWh/år åtgår för varmvattencirkulationen. Dessa förbrukningssiffror ligger på samma nivå som övriga projekt som genomförts inom institutionen och får betraktas som normala.

Man kommer i genomsnitt upp i totalt ca $120 \text{ kWh/m}^2\text{år}$ för värme, hushållsel och varmvatten. Förbrukningar understigande totalt $90 \text{ kWh/m}^2\text{år}$, varav andelen knappt $30 \text{ kWh/m}^2\text{år}$ för uppvärmning, har dock visat sig vara möjlig med bibehållen komfort.

2 BESKRIVNING AV MÅTHUSEN OCH OMRÅDET

2.1 Upphandling

Malmö Kommun ville 1978 demonstrera möjligheterna till att göra energisnåla småhus. Man upplät ett område i Valdemarsro för en totalentreprenadtävling. I förutsättningarna för densamma gavs en beräkningsmetod och ett energihushållningskrav. Metoden var den s k BKL-metoden. Vissa förutsättningar om s k gratisvärme från personer, elektriska apparater och varmvatten angavs också. Med dessa förutsättningar skulle nettoenergin för uppvärmning och varmvatten ej överskrida 60 kWh per m² lägenhetsyta. Om detta energihushållningskrav uppfylldes genom beräkningar ansågs husen godkända ur denna synvinkel. Överkvalitet räknades ej tillgodo. Andra kvaliteter såsom områdes- och byggnadsutformning, framtida serviceoch driftskostnader och naturligtvis pris fick avgöra vilket förslag som valdes. Tävlingen vanns av Wahlborgbyggen med ett förslag innefattande tvåvånings radhuslägenheter. Byggnadsarbetet påbörjades 1979. Radhuslägenheterna fördelades av kommunen, men såldes av byggnadsföretaget. Inflyttningen skedde under sommaren 1980.

Inom området bildades en samfällighet för att förvalta gemensam egendom.

2.2 Byggnadsutformning och konstruktion

Valdemarsroområdet är beläget i den östra delen av Malmö. Radhusen är byggda på en utfyllnad av en gammal vattenreservoar som var 10000 m². Under 1978/79 genomförde kommunen utfyllnaden av den 4 meter djupa dammen med varvade skikt av tät moränlera och dränerande lager av grus. En överlast av 1 m grus fick ligga på under ca 1 år och togs sedan bort. Kostnaden för utfyllnaden uppgick till ca 80 kr/m². På grund av den ökade risken för sättningar utformades grundläggningen så att varje enskilt radhus byggdes på en separat kantförstyvad betongplatta. Energimässigt får man betrakta den valda konstruktionen som något sämre än t ex metoden med betongplatta med kantblock av Leca. Den kantförstyvade balken är gjuten direkt mot 400 mm höga och 50 mm tjocka cell-

plastskivor som utvändigt har ett skikt av fiberarmerade betongskivor. Dessa utgör även gjutformen. Hela betongplattan inklusive kantförstyvningar och förstyvningar under bärande innerväggar är gjuten på 100 mm frigolitskivor på 200 mm tvättad makadam.

De 32 radhusen är uppdelade i fyra längor om vardera 7 till 9 radhus, se FIG.2.1 som visar situationsplanen över området. Längornas utformning är väsentlig för transmissionsförlusternas storlek. Den valda hustypen med djupa och mycket smala radhusenheter i två plan, gör att ytterväggsytorna blir minimala i förhållande till golvytan/volymen. Friliggande hus i ett plan med samma golvyta har betydligt större ytterytor, och därmed större transmissionsförluster.



FIG.2.1 Situationsplan över radhusområdet

Ytterväggsytorna i mellanradhusen är alltså relativt små jämfört med golvytan. Dessa väggar har en relativt måttligt isolering med totalt 220 mm - bestående av 120 mm mineralull mellan reglarna, och 100 mm i form av utanpåliggande "västkustskivor". Fönstren är monterade i kant med gipsplattan på insidan, som tätar direkt mot en slits i fönstrets karm. Diffusionsspärren, som utgörs av en 0.2 mm plastfolie, kan av denna anledning göras tät kring fönstren.

Radhuslängornas gavlar utgör en mindre del av radhuslängans totala ytterväggsyta, men i det enskilda gavelradhusets kan värmeförlusterna bli en stor post. Isolertjockleken i gavelväggarna har därför ökats och uppgår till totalt 340 mm mineralull. Väggen är uppbyggd av två från varandra fristående 70 mm regelkonstruktioner, som båda är isolerade med 70 mm mineralull. Utrymmet mellan regelstommarna är isolerat med 200 mm mineralull. På grund av den kraftiga isoleringen i gavelväggarna kommer gavelhusens värmeförluster, jämfört med mellanhusens, att öka med endast ca 800 kWh/år.

Samtliga ytterväggar är klädda med tegel med undantag av vissa smärre partier på gavlarna samt mellan fönsterna på övre plan där de är klädda med panel.

Yttertaket utgörs av betongpannor på träpanel. Vindsisoleringen består av 450 mm mineralull, 200+200+50 mm. Det nedersta lagret, 200 mm, är placerat mellan takstolarna. Det andra lagret, 200 mm, är obrutet över takstolarna, liksom det översta lagret, som dessutom är försett med ett vindsyddande pappskikt. Vid monteringen av vindsisoleringen var yttertaket inte monterat. Detta gjordes i efterhand, radhus för radhus, när isoleringsarbetet var avslutat.

Fönstren är överlag små. Mot norr har de samma storlek som mot söder på grund av kravet på dagsljus. De är inåtgående på övre plan och utåtgående på nedre plan. Samtliga fönster är treglasfönster, bestående av en tvåglas isolerruta i innerbågen samt ett enkelglas i ytterbågen. Persienner monterades som standard i samtliga fönster. På övre plan skuggas fönstren sommartid genom ett kraftigt takutsprång, se FIG.2.2.

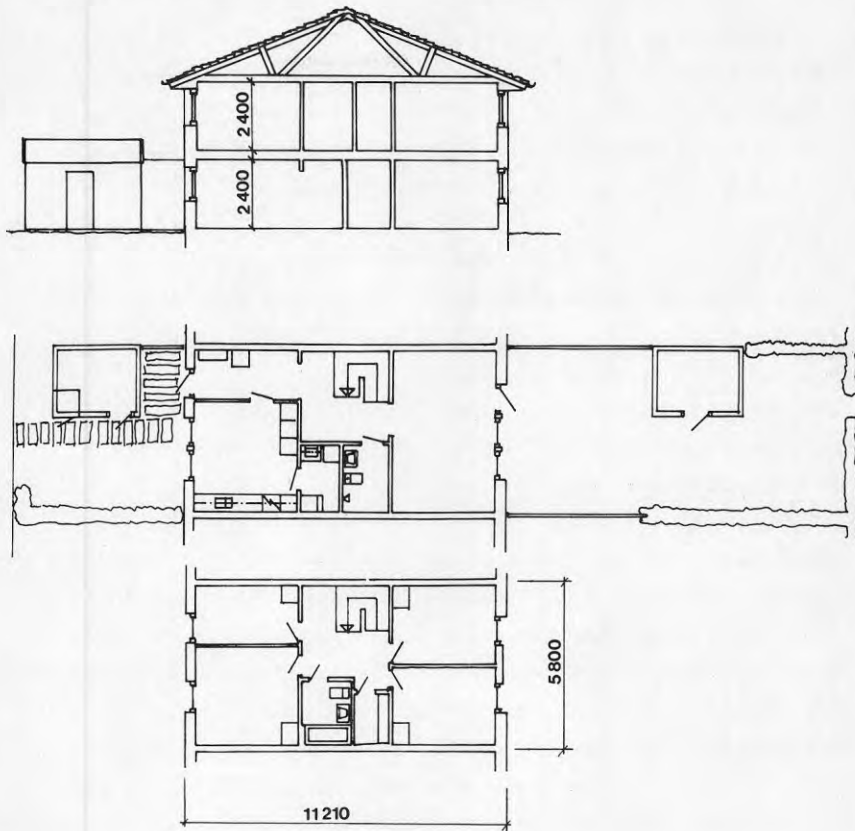


FIG.2.2 Planlösning samt sektion

Tätheten hos husen är väsentlig för att uppnå de uppställda energikraven. Speciell vikt har lagts vid tätningen av husen. Diffusionsspärren, som består av 0.2 mm tjock plastfolie, är våningshög för att minimera antalet skarvar. Inga elledningar har dragits i yttervägg och diffusionsspärren är därför obruten, bortsett från anslutningarna vid fönster och dörrar. Samtliga elledningar ligger förlagda i innerväggar och bjälklag. Eluttagen vid yttervägg har lösts genom utanpåliggande sockeldosor.

De lägenhetsskiljande väggarna mellan radhusen är uppbyggda av två från varandra helt fristående vägghalvor med 15 mm spalt.

Dubbla förskjutna 13 mm gipsplattor på en isolerad 70 mm regelstomme utgör en vägghalva. Innerväggarna består av 70 respektive 95 mm oisolerade regelväggar klädda med 13 mm gipsplattor. Mellanbjälklaget består av 200 mm golvbjälkar med 22 mm spontad spånplatta som golv, samt glespanel och 9 mm takplank av gips som undersida och tak i bottenvåningen. En 30 mm stegljudsisolering är inlagd i bjälklaget.

Samtliga radhus har samma planlösning. Planlösning och sektion visas i FIG.2.2. Varannat radhus har dock spegelvänd planlösning. Ett begränsat antal hus saknar, på begäran av husägaren, väggen mellan lilla och stora sovrummet.

2.3 Uppvärmnings- och tappvattensystemet

Malmö Kommun gav de deltagande byggföretagen frihet att välja uppvärmningssystem. Fjärrvärme var framdraget till området och hade 1980 mycket konkurrenskraftiga energipriser, 10 öre/kWh under hela året. Med en gemensam fjärrvärmeundercentral kom man dessutom ner i lägre fasta kostnader. I de kalkyler som gjordes antog man att mängden köpt energi för uppvärmning skulle bli lika stor för alla uppvärmningsformer, såväl för vattenburna system som direktel. Detta skulle senare visa sig vara felaktigt. Främst av dessa orsaker valdes ett fjärrvärmealternativ med en för samtliga hus gemensam fjärrvärmeundercentral.

Från den inom området centralt placerade undercentralen, där kollektiv fjärrvärmemätning sker, distribueras värme och varmvatten via 4-rörssystem i kulvertar ut till de olika radhuslängorna. I en gemensam shuntgrupp för radiatorkretsen blandas värmevatten till inställd temperatur enligt en reglerkurva baserad på utemtemperaturen. Oberoende av det aktuella värmebehovet matas varje radhus med samma värmevattentemperatur. Individuell reglering av värmen var tänkt att ske genom radiatortermostatventiler. I ett av radhusen inom varje länga går ledningarna från kulvertarna i mark upp till vinden, där de hänger i urtag som är gjorda i vindsbjälklaget. Merparten av isoleringen på vinden ligger ovanför rören och utgör alltså även isolering för dessa rör.

Värmerören och varmvattenledningen går ner i varje radhus via klädkammaren på övre plan. Här har mätutrustning för mätning av värme- och varmvattenförbrukningen i varje radhus installerats genom projektets försorg. Detta redovisas närmare i kapitel 3. Fördelningen av varmvatten till olika tappställen inom radhuset sker härifrån. Uppdelningen av värmesystemet i två ettrörsslingor inom huset sker också här. En slinga är förlagd i mellanbjälklaget och förser övre plan med värme via totalt 5 radiatorer fördelade på en i varje sovrum och en i badrummet. I gavelradhusen tillkommer en radiator i hallen. Den andra slingan, som betjänar bottenvåningen, är ingjuten i betongplattan och är i huvudsak förlagd i kantbalken runt hela huset. Den matar totalt 4 radiatorer fördelade på badrum, vardagsrum, kapprum och kök. I gavelradhuset tillkommer ytterligare en radiator i hallen. Radiatorsystemets principiella uppbyggnad framgår av FIG.2.3. Samtliga värme- och varmvattenledningar inom huset är oisolerade, bortsett från ledningarna i klädkammaren. De är endast försedda med ett tunt ytskikt av plast. Konsekvenserna av denna bristfälliga isolering redovisas i kapitel 6 "Värmesystemets funktion".

Den för alla radhusen gemensamma tappvattenservicen kommer in i fjärrvärmeundercentralen där vattnet mäts gemensamt. I PEL-slingor, parallellt med värmekulvertarna, går sedan kallvattenledningen ut till de olika längorna. PEL-slangen ligger under radhuslängan i ett skydds rör med anslutningspunkter i varje tvättstuga. Här finns en kallvattenmätare för intern debitering i varje radhus samt fördelning till de olika tappställena inom radhuset.

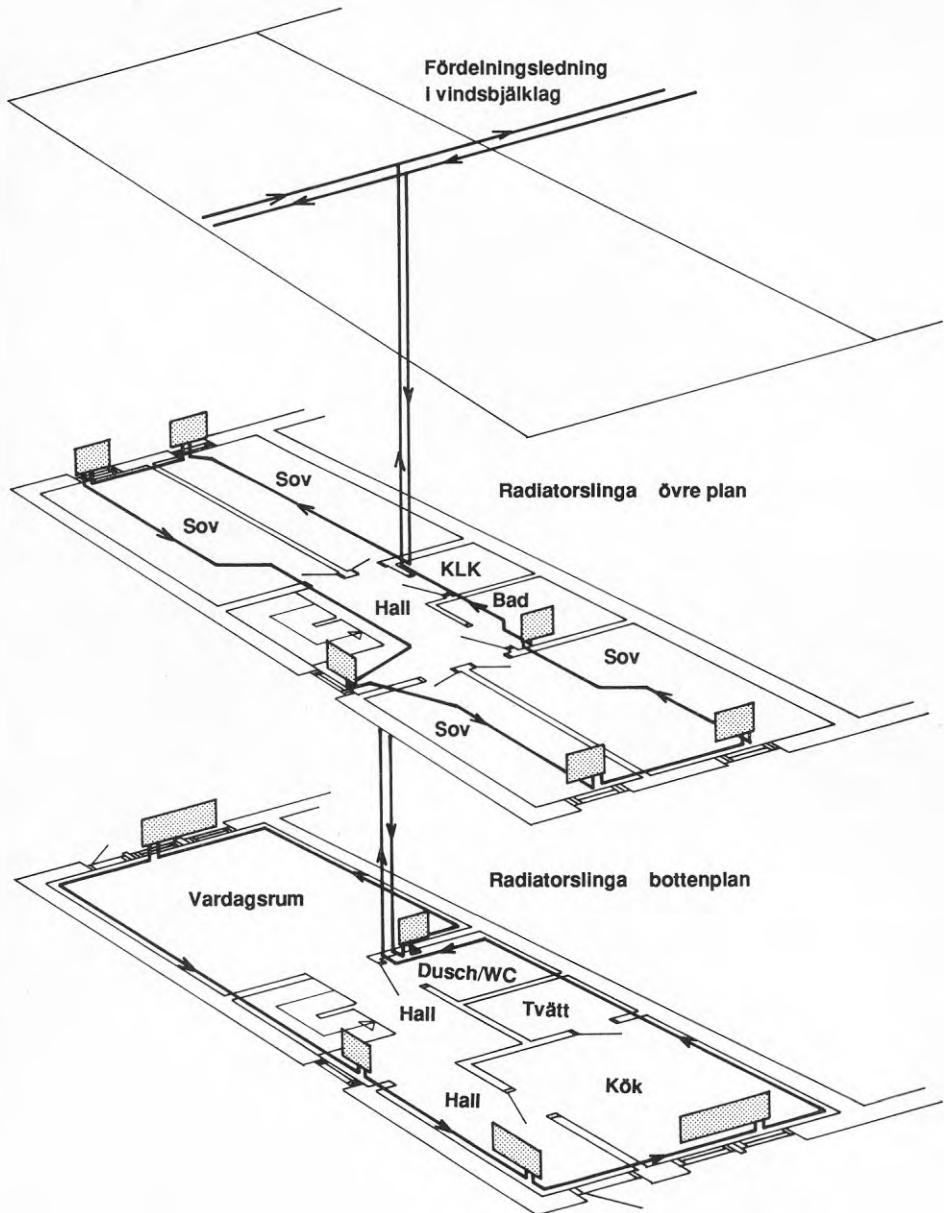


FIG.2.3 Radiatorsystemet inom ett radhus,
principiell uppbyggnad

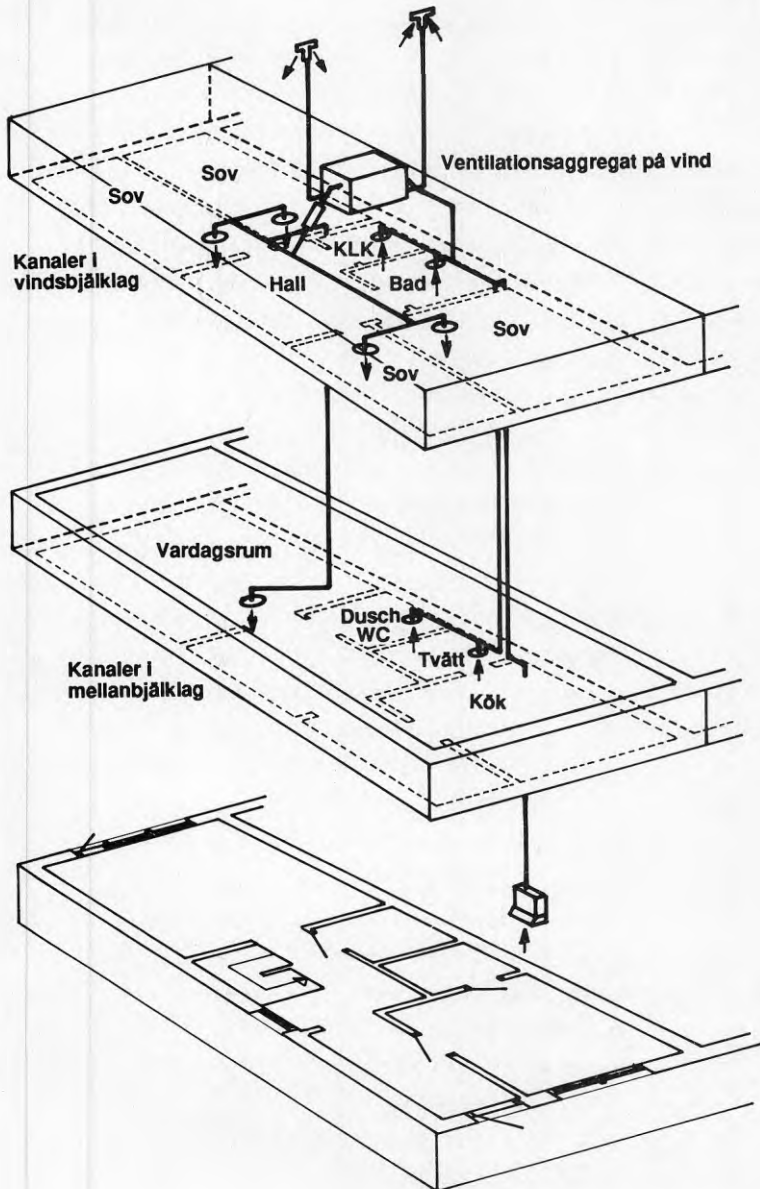


FIG.2.4 Ventilationssystemet inom ett radhus,
principiell uppbyggnad

2.4 Ventilationssystemet

För att säkerställa luftomsättningen 0.5 oms/h installerades balanserade ventilationssystem. Värmeåtervinning bedömdes också som nödvändig för att klara energihushållningskravet. För varje radhus valdes en värmeväxlare av fabrikat Fläkt AB, typ Rexovent, som placerades på vinden. Till- och avluftskanaler mynnar i huvar ovan yttertak. Kanaldragningen inom byggnaden förlades i huvudsak i bjälklag och i vertikala inklädnader. Tilluften blåses in i bakkanten av rummen via ett don i varje sovrum samt i vardagsrummet. Frånluften tas från samtliga våtutrymmen via kontrollventiler samt från klädkammaren och köket. I köket finns en kökskåpa där reglagen för fläkthastighet (luftmängd) och spjäll för force-ring av ventilationsmängden i köket finns placerade. Den principiella uppbyggnaden av kanalsystemet visas i FIG.2.4.

På vinden, på en plattform ovanför vindsisoleringen, är Rexovent-aggregatet placerat. Lösningen innebär att takhöjden vid aggregatet blir begränsad till ca 1.5 m. Aggregatet, som visas i FIG. 2.5, innehåller till- och frånluftsfläktar, en korsströmsvärmeväxlare, ett elbatteri samt två filter - ett för tillluft och ett för frånluft. Ett fettfilter finns dessutom i spiskåpan. På tillluftskanalen efter aggregatet finns ett spjäll för injusterering av tillluftsmängden samt en ljudfälla. Aggregatet lutar ca 30 mm så att kondensvattnet kan rinna ner genom en slang till golvbrunnen i badrummet.

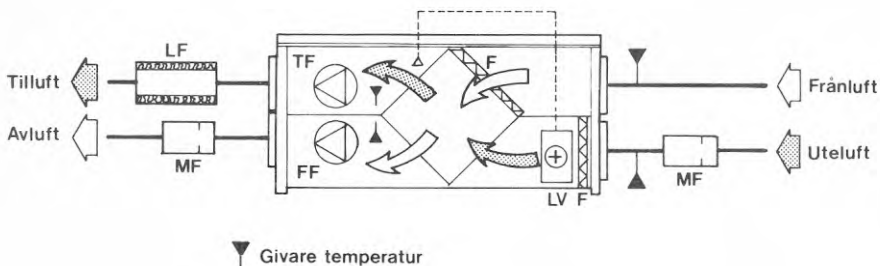


FIG.2.5 Ventilationsaggregat för ett radhus

De valda luftmängderna motsvarar 0.5 oms/h för frånluften och 0.45 oms/h för tilluften. Denna fördelning är vald för att undvika övertryck i huset, vilket kan trycka ut den varma och fuktiga rumsluften genom otätheter i byggnadskonstruktionerna. Denna fördelning ökar temperaturverkningsgraden på värmeväxlingen, medan husets "totala verkningsgrad" minskar, eftersom en del luft tas in i huset via springor och otätheter utan att värmeväxlas. Luftomsättningen 0.5 oms/h, som motsvarar $140 \text{ m}^3/\text{h}$, är den normala ventilationen eftersom 0.5 oms/h motsvarar byggnadens minimala ventilation. Den erhålls vid maxinställningen på inställningsraten. Vid forcerad ventilation genom kökskåpan ökar luftmängden något, men en del av ökningen sker på bekostnad av övrig frånluft i huset.

En injustering av ventilationssystemet utfördes före inflyttningen på ett av de 32 husen. De övriga husens till- och frånluftsdon ställdes sedan in med samma inställningsvärden. Det är tveksamt om detta är en tillfredsställande injusteringsmetod. Den ger ventilationsentreprenören möjlighet att presentera luftflödesprotokoll för uppmätta luftflöden för hus där fläkten inte varit i drift före besiktningen.

Den skötsel som krävs av den enskilde radhusägaren är rengöring av de två filtren i aggregatet några gånger om året samt av fettfiltret i kökskåpan vid behov, ibland varje vecka. Något som i praktiken kan förlänga tiden mellan rengöringarna på vinden är att en stege, som förvaras ute i förrådet, måste användas för att komma upp på vinden. Brandväsendet i Malmö, som vart annat år rengör imkanalen från köket, har påtagit sig att för timdebitering även rengöra värmeväxlarenheten och de båda fläktarna. Denna service är obligatorisk även om man själv klarar rengöringen.

Tilluftstemperaturen kommer att variera beroende på dels hur kallt det är ute och dels vilken frånluftstemperatur man har. Detta innebär att man under större delen av året har en inblåsningstemperatur på 15 till $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Understiger tilluftstemperaturen $+11 \text{ }^\circ\text{C}$ går elbatteriet på 1.8 kW in och värmer tilluften.

Det finns två samverkande funktioner som medför att man kommer ner i denna låga tilluftstemperatur. Detta inträffar när det är

mycket kallt ute och dessutom när det har bildats is på lamellerna, vilket förhindrar transport av värme från frånluft till tilluft. Den valda lösningen är en kompromiss, där man vill åstadkomma både en eftervärmning och en avfrostning med ett elbatteri. Avfrostningsdelen är löst på ett tillfredsställande sätt, medan eftervärmningen får en mycket dålig verkningsgrad. Detta problem behandlas vidare i kapitel 7. Där redovisas också de mätningar som utförts på husets ventilationssystem.

I det radhus (hus A) där merparten av mätningarna ägt rum har ventilationssystemet delvis modifierats. Genom fläktbyte och andra åtgärder har ventilationsmängden ökats från 0.5 till 0.7 oms/h efter önskemål från ägaren.

3 MÄTMETOD OCH MÄTUTRUSTNING

Genom mätningarna avsågs att studera byggnadernas energibalans och jämföra den verkliga energiförbrukningen med beräkningar. De boendes inverkan på energianvändningen skulle särskilt beaktas samt spridningen mellan olika hushåll visas. På grund av husens små värmeförluster skulle temperaturvariationer inom husen och den ökade möjligheten att tillvarata gratisvärme i olika former studeras. En viktig del var studier av uppvärmnings- och ventilationssystemets funktion.

Mätningarna har omfattat timvisa mätningar under två år inom 8 st radhus samt undercentral. Ett av dessa radhus (hus A) försågs med en mer omfattande instrumentering och har stått till projektets förfogande. Manuella avläsningar inom samtliga 32 radhus och undercentral har utförts sedan inflyttningen 1980 med tvåveckors intervall. Kompletterande mätningar av t ex infiltration och ventilation har utförts under mätperioden.

3.1 Manuella avläsningar

I samtliga 32 radhus har installerats

- Värmemängdsmätare för radiatorsystem som reglerar både värme- och vattenmängd
- Elmätare för hushållets totala elförbrukning
- Vattenmätare för kallvattenförbrukning
- Vattenmätare för varmvattenförbrukning
- Temperaturmätare för medeltemperatur i vardagsrum
- Elmätare för elbatteri i ventilationsaggregat (endast i 8 radhus)

I undercentralen finns också följande utrustning som mäter den totala förbrukningen för samtliga 32 radhus

- Värmemängdsmätare för fjärrvärme (värme- och vattenmängd)
- Värmemängdsmätare för radiatorvärme (värme- och vattenmängd)

- Värmemängdsmätare för varmvatten
(värme- och vattenmängd)
- Värmemängdsmätare för varmvattencirkulation
(värme- och vattenmängd)
- Vattenmätare för total tappvattenförbrukning, 2 st
- Elmätare för områdets fastighetsel
(undercentral och utabelysning)

De värmemängdsmätare som använts både i radhusen och i fjärrvärmeundercentralen är av fabrikat Svensk Värmemätning typ SVMC-62. De består av integreringsverk, motståndstermometrar typ Pt-100 samt en vattenmätare, antingen med pulsutgång eller separat monterat kontaktverk.

I radhusen har för mätning av värme använts integreringsverk med temperaturområdet 20-120 °C. Maxtemperaturdifferensen har valts till högst 30 °C för att förbättra upplösning och noggrannhet. Vattenmätaren är av fabrikat Hydrometer med inbyggt kontaktverk, som ger integreringsverket en upplösning på värmesidan på 0.1 kWh/puls resp 10 liter/puls. Dessa pulser summeras på slavräkneverk i fasadskåp. Mätnoggrannheten för värmemängdsmätningen ligger på 2 till 5% inom 50 till 10% av maxtemperaturdifferensen. Mätningen har fungerat utmärkt och är ett bra exempel på att mätning även av små värmemängder är möjlig med konventionell utrustning. Driftserfarenheter och debiteringssystem beskrivs närmare i kapitel 10.

Inom undercentralen har motsvarande integreringsverk och motståndstermometrar använts, dock med temperaturområde och maxtemperaturdifferens valda efter de förväntade temperaturerna. Fjärrvärmemätningen sker med pulser från kommunens debiteringsmätare, som är kompletterad med ett 40-pulsers kontaktverk för att förbättra upplösning och noggrannhet. Den valda utrustningen redovisas närmare i TAB.3.1 nedan.

TAB.3.1 Värmemängdsmätare i undercentral

	Typ	Märk temp differens	Temp- område
Fjärrvärme	SVM 62	120 ⁰	30-160 ⁰
Radiatorvärme	SVM 62	30 ⁰	20-120 ⁰
Varmvatten	SVM 62	60 ⁰	20-120 ⁰
Varmvattencirk	SVM 62	30 ⁰	20-120 ⁰

Kallvatten matas in i husen från en ledning under bottenplattan och varmvatten från en ledning i vindsbjälklaget. På både kallvattenledningen och varmvattenledningen sitter vattenmätare fabrikat IDO med pulsutgång, som via ett spänningsdon lämnar pulser till räkneverket i fasadskåp. Dessa mätare används för intern debitering av tappvattenförbrukningen. Mätningen har fungerat klanderfritt sedan inflyttningen med mycket små uppmätta skillnader mellan kommunens debiteringsmätare och summan av de 64 undermätarna.

Radhusens elförbrukning avläses på kommunens debiteringsmätare som är placerade i fasadskåp. Mätarna är av fabrikat Siemens, typ 7 CA44 41. I 8 st av radhusen där intensivmätningar genomförs har denna elmätare ersatts av en mätare med pulsutgång med 0.1 kWh/puls. Dessa mätare är av fabrikat ERMI, typ VKN 2212. I dessa 8 radhus har även en elmätare av samma typ installerats i klädkammaren för att registrera den energimängd som åtgår till avfrostnings-/eftervärningsbatteriet. Slavränkeverk för denna mätare finns i fasaden.

Medeltemperaturen i varje radhus mäts med en så kallad TT-mätare. TT står för tid-temperatur och utrustningen integrerar temperaturen över tiden. En termistor placerad på 1.6 m höjd i vardagsrummet ger via en mätbrygga en spänning till en A/D-omvandlare. Här omvandlas spänningen till en frekvens som är proportionell mot temperaturen. Frekvensen delas till en mycket låg frekvens, några pulser per timme, som driver ett räkneverk i fasadskåpet. Då tiden mellan avläsningarna är känd, kan medeltemperaturen över den valda perioden enkelt beräknas. Husägaren kan alltså inte själv räkna ut sin medeltemperatur, men via en elektronisk termo-

meter i vardagsrummet kan den momentana temperaturen kontrolleras. Denna termometer är en del av TT-mätaren och består av en stapel med röda lysdioder, en för varje 0.5°C mellan 18 och 26°C inomhustemperatur.

3.2 Automatiska mätningar

De automatiska mätningarna har med en timmes mätintervall pågått från september 1980 till juli 1982. Under mars och april 1983 gjordes dessutom kompletterande automatiska mätningar som beskrivs i avsnitt 3.3. Mätningarna har kopplats till institutionen för Byggnadskonstruktionsläras BFR-finansierade mätcentral. På institutionen i Lund finns en centraldator som en gång i timmen via ett modem ringer upp fjärrmätstationer. Mätstationen var placerad i förrådet till hus A, vilket stod tomt under ca 9 månader från husets färdigställande. Detta radhus disponerades under hela mätperioden av projektet för detaljstudier av främst värme- och ventilationssystemen. Under de månader som radhuset stod tomt tjänade det som referenshus vid studier av de boendes inverkan på energianvändning och inomhusklimat.

Hus A fick en omfattande temperaturregistrering, framför allt på installationerna. 7 andra radhus försågs med något mindre omfattande temperaturregistrering och kopplades också in på mätstationen. Mätutrustningen för värme-, vatten- och elförbrukning för dessa 7 hus kopplades också in på mätstationen.

Den mätutrustning som finns i områdets gemensamma fjärrvärmeundercentral, och som beskrivits i avsnitt 3.2, kopplades också in till mätstationen för timmätningar. Även här kompletterades mätningarna med temperaturmätpunkter på de olika installationerna inom undercentralen.

Det yttre klimatet mättes genom timvis registrering av utetemperaturen, vindhastigheten samt global och diffus solstrålning.

Nedan följer en uppräknig av de inkopplade mätpunkterna. I TAB. 3.2 beskrivs de mätpunkter som är inkopplade på mätstationens räknande ingångar. Det är utrustning som ger pulser, t ex el- och

energimätare som kopplas in på ingångar. De pulser som kommer in under 1 timme räknas av mätutrustningen och man får då ut t ex den energimängd som levererats under den gångna timmen. I TAB.3.3 följer en uppräknig av de temperaturmätpunkter som är inkopplade till mätstationen. De temperaturer som registreras är momentana temperaturer som mäts en gång i timmen, vid tidpunkter när mätstationen blir uppringd av datorn i Lund.

TAB 3.2 Räknande ingångar - timmätningar

	Antal mätpunkter
Värmemängd radiatorsystem för radhus	8 st
Vattenmängd radiatorsystem för radhus	8 st
Hushållsel för radhus	8 st
Kallvattenförbrukning för radhus	8 st
Varmvattenförbrukning för radhus	8 st
Tid för öppning av fönster i vardagsrum	8 st
El till avfrostning ventilationsaggregat	8 st
El till förråd hus A (mätutr mm)	2 st
Värmesystem hus A, vattenmängd slinga BV	1 st
Värmesystem hus A, vattenmängd slinga ÖV	1 st
Solinstrålning, total	1 st
Solinstrålning, diffus	1 st
Vindhastighet	1 st
Inom fjärrvärmeundercentral	
Fjärrvärme, värmemängd	1 st
Fjärrvärme, vattenmängd	1 st
Radiatorsystem, värmemängd	1 st
Radiatorsystem, vattenmängd	1 st
Varmvatten, värmemängd	1 st
Varmvatten, vattenmängd	1 st
Varmvattencirkulation, värmemängd	1 st
Varmvattencirkulation, vattenmängd	1 st
Total vattenmängd, kallt och varmt vatten	2 st

TAB 3.3 Temperaturmätpunkter

	Antal mätpunkter
Hus nr A:	
Rumstemperaturer h=1.6 m	8 st
Temperaturer i till- och frånluftsdon	7 st
Temperaturer på radiatorsystemet:	
- På rören i radiatorslingorna	27 st
- Lufttemperaturen vid termostatventilerna	6 st
- På radiatorn i vardagsrummet	3 st
Temperaturer i ventilationsaggregatet	6 st
Temperaturen på vinden	1 st
Utetemperaturen	3 st
Mättrumstemperaturen	1 st
Yttemperaturer på byggnadsdelar:	
- Golvtemperatur i kök	4 st
- Golvtemperatur i vardagsrum	2 st
- Vägg- och innertakstemperaturer	4 st
Övriga 7 radhus med timmätningar:	
Temperatur på bottenplan (vardagsrum)	7 st
Temperatur på övre plan	7 st
Temperatur på radiator och termostatventil i vardagsrum	14 st
Temperaturer i ventilationsaggregat	29 st
Temperaturer på värmesystemet	3 st
Vindstemperatur	1 st
Fjärrvärmeundercentral:	
Fjärrvärme, tillopp och retur	2 st
Radiatorsystem, tillopp och retur	2 st
Kallvatten	1 st
Varmvatten	1 st
Varmvattencirkulation	1 st
Temperatur i undercentral	1 st

3.3 Kompletterande mätningar

För att mäta upp yttemperaturerna på golv, väggar och tak genomfördes en mätning i hus A med en strålningstemperaturmätare vid ett tillfälle med dimensionerande förhållanden ute. Det var främst för att studera temperaturförändringarna i betongbjälklaget efter ombyggnaden av värmesystemet som denna mätning genomfördes.

Luftomsättning med spårgas utfördes under en tvåveckorsperiod vid ett flertal tillfällen i hus A. Avsikten var att mäta upp den ofrivilliga ventilationen samt att studera den balanserade ventilationen under olika förhållanden. Fläktvarvtal, läget på köksspjället samt de olika filtrens försmutsningsgrad var de parametrar som varierade.

Inom fjärrvärmeundercentralen har också en del installationers funktion specialstuderats. Reglerutrustningen för konstanthållning av varmvatten samt vattenanvändningen och dess storlek och fördelning över dygnet är några exempel.

Det tredje året försågs hus A med enkla direktverkande elradiatorer och det vattenburna uppvärmningssystemet stängdes av. För att studera hur huset fungerade med detta uppvärmningssystem, installerades under en månad på våren ett mobilt mätinsamlingssystem av märket Acurex, typ TEN4, styrt av en bordsdator typ HP85. Förutom hus A kopplades ytterligare några radhus samt undercentralen till mätutrustningen. Timmätningar genomfördes på samma sätt som under de två tidigare åren. Även specialmätningar med 5 minuters intervall genomfördes för att studera bl a ventilationsflödet och dess beroende av t ex vindhastigheten.

4 MANUELLA AVLÄSNINGAR I SAMTLIGA HUS

4.1 Översiktliga resultat

I detta kapitel redovisas resultaten av manuella avläsningar inom samtliga 32 radhus samt undercentral. Inom undercentralen finns huvudmätare för värme, tappvarmvatten, total tappvattenmängd, varmvattencirkulation samt gemensam elanvändning. Avläsningsintervallen har varit två veckor under första och andra året, och en månad under tredje året. Från fjärde året sker avläsningarna mer begränsat men fortsätter, eftersom de ligger till grund för individuell debitering. Av olika anledningar har mätare varit ur drift vid några tillfällen. Som regel redovisas även detta i bifogade figurer, men utesluts vid medelvärdesbildningar.

Hus A kommer här att redovisas i en separat tabell. Detta hus har dels stått tomt merparten av första året, och dels genomgått en del förändringar, främst på installationssidan. Försöken som pågått i detta hus visar installationernas stora betydelse för energianvändningen. Jämförelsen av resultat från detta hus och resultaten från de övriga husen pekar också på svårigheterna att generalisera mätresultat från enstaka hus. Intressant är också att man med de relativt enkla mätningar som presenteras i detta kapitel, kan studera energianvändningen och resultaten av förändringar inom ett hus.

TAB.4.1 är en sammanställning av mätningarna från samtliga 32 hus under 4 år. Förbrukningarna redovisas som årsförbrukningar för medelradhuset och som medelförbrukningar/m². Siffrorna för hushållsel och tappvatten är justerade tidsmässigt så att de gäller ett år. Fjärrvärmens och värmen till radiatorsystemet är normalårskorrigerade.

TAB.4.2 är en sammanställning av de avläsningar inom undercentral och samtliga hus som utgör underlag för TAB.4.1. För att få med även första mätåret har tidsbasen september till augusti valts. Om inget annat anges är det värdet för medelradhuset som avses. Eftersom avläsningarna inte gjorts samma datum de olika åren och värmen inte är normalårsjusterad, är tabellen olämplig för jämförelser mellan olika hus och med andra projekt.

TAB.4.1 Tids- och normalårskorrigerade värden som kan användas för jämförelse mellan olika år och med andra projekt.

	80/81	81/82	82/83	83/84
Medelhus, 117 m ² :				
Tappkallvatten, m ³ /år	94.5	97.4	95.6	94.7
Tappvarmvatten, m ³ /år	45.0	43.2	42.2	43.9
Total vattenförbrukning, m ³ /år	139.5	140.6	137.8	138.6
Varmvattencirkulation, W	81	89	95	92
Varmvattencirkulation, l/h	11.6	14.0	12.7	11.5
Inomhustemperatur, °C	23.07	23.12	23.25	23.12
Hushållsel, kWh/år	3884	4060	4015	4154
Radiatorsystem, kWh/år	8058	7072	6882	7074
Tappvarmvatten, kWh/år	2279	2197	2053	2219
Varmvattencirkulation, kWh/år	707	776	836	805
vv+vvc, kWh/år	2986	2973	2889	3024
rad+vv+vvc, kWh/år	11044	10045	9771	10098
rad+hhel+vv+vvc, kWh/år	14928	14105	13786	14252
Förbrukning utslaget per m ² och år:				
Fjärrvärme, kWh/m ²	91.8	81.1	80.3	83.6
Radiatorer, kWh/m ²	68.9	60.4	58.8	60.5
Hushållsel, kWh/m ²	33.2	34.7	34.3	35.5
Tappvarmvatten, kWh/m ²	19.5	18.8	17.6	19.0
Varmvattencirkulation, kWh/m ²	6.0	6.6	7.1	6.9
vv+vvc, kWh/m ²	25.5	25.4	24.7	25.9
rad+vv+vvc, kWh/m ²	94.4	85.8	83.5	86.3
rad+hhel+vv+vvc, kWh/m ²	127.6	120.5	117.8	121.8

TAB.4.2 Sammanställning över manuella avläsningar i hus och undercentral för redovisade perioder. Ej tidsjusterade och ej graddagsjusterade värden.

	80/81	81/82	82/83	83/84
Avläsningsdatum	16/9-16/9	16/9-31/8	31/8-1/9	1/9-11/9
Antal timmar	8760	8376	8784	9000
% av normalår	95	104	83	91
Medelhus, 117 m ² :				
Fjärrvärme, kWh/år	10355	9625	8298	9256
Radiatorsystem, kWh/år	7655	7355	5712	6437
Radiatorsystem, l/h	98.8	92.5	92.9	89.7
Tappvarmvatten, kWh/år	2279	2101	2059	2280
Tappvarmvatten, m ³ /år	45.0	41.3	42.3	45.1
Varmvattencirk, kWh/år	707	742	838	827
Varmvattencirk, l/h	11.6	13.4	12.7	11.8
Hushållsel, kWh/år	3884	3882	4026	4268
Gemensam el, kWh/år	422	415	448	444
Medeltemp inne, °C	23.07	23.12	23.25	23.12
vv+vvc, kWh/år	2986	2843	2898	3107
rad+vv+vvc, kWh/år	10641	10197	8610	9545
Skillnad fjv-(rad+vv+vvc), kWh/år	-287	-572	-312	-289
Tappkallvatten- förbrukning, m ³ /år	94.5	93.1	95.9	97.3
Total tappvatten- förbrukning, m ³ /år	139.6	134.4	138.3	142.3

TAB.4.3 är en sammanställning av resultaten från vårt speciella mätbhus A under de 4 åren. Det har genomgått en del enklare ombyggnader på installationssidan, vilka möjliggjort en kraftig reducering av uppvärmningsenergin.

De förkortningar som används i tabellerna är:

- vv = tappvarmvatten
- vvc = varmvattencirkulation
- rad = värme till radiatorsystemet
(radiatorer och rör inom hus)
- hhel = hushållsel (inklusive el till ventilations-
aggregat och ev uppvärmning av yttre förråd)
- fjv = fjärrvärme

vv+vvc är den energimängd som åtgår för att bereda och hålla tappvarmvattnet varmt. Denna siffra anges normalt som "varmvattenförbrukning".

rad+vv+vvc är den energimängd som normalt anges vid förbrukningen i bostäder, exklusive hushållsel.

rad+hhel+vv+vvc är all inköpt energimängd för värme, varmvatten och hushållsel. Vid elvärmda hus separeras normalt inte hushållsel, och denna siffra används därför ofta i dessa sammanhang.

fjv-(rad+vv+vvc) är skillnaden mellan av fjärrvärmeleverantören registrerad förbrukning och summan av undercentralens separata mätare för rad, vv och vvc.

TAB.4.3 Sammanställning för vårt speciella mäthus, hus A, som haft olika vattenburna uppvärmningssystem samt direktel 82/83. Tids- och graddagsjusterade värden.

Hus A, 117 m ² :	80/81	81/82	82/83	83/84
Inomhustemp året, °C	22.51	22.54	22.22	22.70
Inomhustemp sept-april, °C	22.50	22.40	21.67	22.30
Uppvärmningssystem	i golv	i sockel	direktel	i sockel
Rad. uppmätt, kWh/år	6856	5429	2556	5099
Rad. justerat, kWh/år	8572	5220	3091	5603
Hushållsel, kWh/år	-	4909	5215	4822
Tappvarmvatten, m ³ /år	-	36.3	28.7	28.7
Tappvarmvatten+vv, kWh/år	-	2409	1975	1977
rad+vv+vv, kWh/år	-	7629	5066	7580
rad+hhel+vv+vv, kWh/år	-	12538	10281	12402
Per m ² och år:				
Rad	73.3	44.6	26.4	47.3
vv+vv, kWh	-	20.6	16.9	16.9
hhel, kWh	-	42.0	44.6	41.2
rad+vv+vv, kWh	-	65.2	43.3	64.8
rad+hhel+vv+vv, kWh	-	107.2	87.9	106.0

Under senare hälften av 80/81 byggdes värmesystemet delvis om i hus A. De oisolerade värmerören i betongplattan ersattes av nya, fortfarande oisolerade, men förlagda i en sockellist av plast längs med ytterväggen på bottenvåningen. Det justerade värdet för radiatorsystemet under 80/81, 8572 kWh, är den energimängd som skulle ha åtgått om ombyggnaden inte utförts och är alltså direkt jämförbart med övriga hus. Graddagsjusteringen är konventionellt utförd, vilket kan vara missvisande för ett extremt lågenergihus. Den redovisade siffran för elvärmedrift 82/83 kan därför vara något för låg för normalåret, även om den är normalårskorrigerad. I övrigt visar tabellen att man med ett lämpligt uppvärmningssystem, som man själv kan påverka, också kan komma ner i mycket låga förbrukningar. En bit under 100 kWh/m²år i total använd energi är alltså fullt möjligt att uppnå. Detta har varit möjligt trots

att över hälften av energin är hushållsel, trots att huset haft en mekanisk ventilation på mellan 0.5-0.7 oms/h, och trots att man under uppvärmningssäsongen haft en medeltemperatur inomhus på 21.7 °C. Det senare innebär en lägsta temperatur på ca 20 °C och regelmässigt 23 till 24 °C under kvällstid.

4.2 Radiatorsystem

Inom undercentralen (UC) shuntas (blandas) vatten till en temperatur som regleras efter utomhustemperaturen enligt den sk reglerkurvan, se kapitel 6. Den totala värmemängd som levereras till husen mäts centralt i UC. I denna mätning ingår kulvertförluster samt rörförluster i radhuslängornas vindsbjälklag. Inom varje hus finns ett ettrörs radiatorsystem med två radiatorslingor, en för bottenvåningen och en för övre planet. Eftersom flödet inom varje radhus är konstant, mellan 50 och 150 l/h oberoende av om termostatventilerna är öppna eller stängda, är det tekniskt inga problem att mäta använd energimängd inom varje radhus med konventionell utrustning. Den uppmätta energimängden är avgiven från radiatorer, radiatorventiler och övrig armatur samt från värmerören inom respektive radhus.

I FIG.4.1 visas medeleffekten för radiatorsystemet (avläst energimängd)/aktuell tid) för samtliga 32 hus under tre år. Första året syns driftsavbrotten som förorsakats av smuts i vattenmätarna. Tredje året har hus A inte någon registrerad värmeförbrukning eftersom vi då hade installerat direktelvärm i detta radhus. Det man lägger märke till är hur väl samlade alla husen är, och hur förbluffande väl förbrukningarna följer varandra. Denna figur är kanske den som bäst visar de mycket allvarliga bristerna i uppvärmningssystemet. I dessa mycket välisolerade hus borde uppvärmningsenergin från radiatorsystemet vara starkt beroende av mängden gratisenergi i olika former. Gratisenergin beror i sin tur till stor del på hushållets sammansättning och beteende. Utnyttjad värmemängd från radiatorsystemet borde alltså variera starkt mellan olika hus, och även mellan olika perioder. Som det är nu, bestäms variationerna i värmeförbrukning enbart av utetemperaturens variationer. Nivån på energiförbrukningen för varje hus kommer främst att bero på storleken av den konstanta vattenmängden

som är individuellt injusterad inom varje hus, se avsnitt 4.3. Förändringar i denna vattenmängd är i praktiken det enda sätt man kan påverka sin energiförbrukning för värmesystemet. Dessa frågor behandlas mer ingående i kapitel 6.

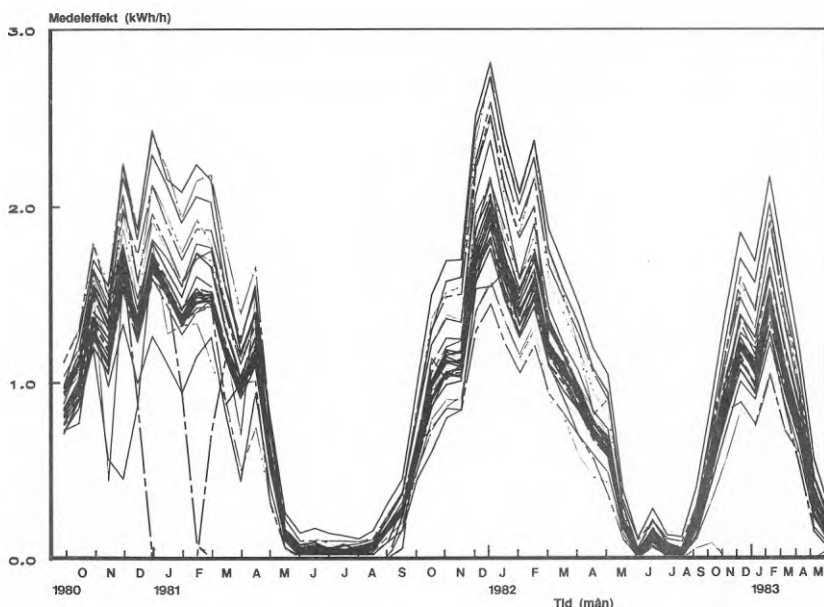


FIG.4.1 Medeleffekt radiatorssystem för samtliga 32 radhus under tre år

Beroende på fortlöpande injusteringar av flödet i radiatorssystemet kommer vissa hus att "byta nivå" inom figuren. I övrigt kan tre grupper urskiljas. Lägst förbrukning har 3 - 4 hus, som med ett undantag är mellanliggande hus. Husägarna i dessa hus har uttryckligen bett om att få reducerat flöde (leder till lägre temperatur och värmeförbrukning) på grund av besvärande övertemperaturer under hela året. Det är en följd av att man har mycket gratisenergi tillgänglig. Många personer i hushållet och hög förbrukning av hushållsel verkar vara typiska kännetecken. Trots sänkningen av värmeförbrukningen har man i regel kvar en del problem med övertemperaturer.

De samlade medeleffektsambanden i mitten enligt FIG.4.1 illustrerar i stort sett resterande mellanliggande hus, även om en del undantag finns. Förbrukningen styrs av flödet i radiatorsystemet som är mycket lika i alla husen, runt 100 l/h (se FIG.4.7). Den sista och mer utspridda gruppen med högst förbrukning, är i regel gavelhus. Här återfinns en del hus med mycket låg andel gratisvärme och man har, trots de relativt höga förbrukningarna, bland de lägsta temperaturerna inomhus. Det är efter dessa hus som reglerkurvan, vilken reglerar radiatortemperaturen, har fått ställas in. I FIG.4.2 är medeleffekten redovisad för medelhuset tillsammans med värdet för det radhus som förbrukat mest, respektive det radhus som förbrukat minst.

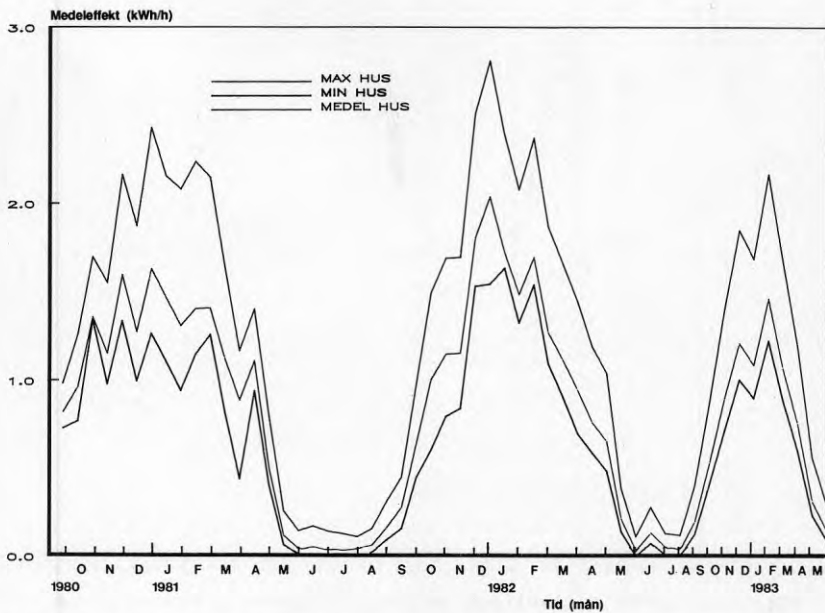


FIG.4.2 Medeleffekt radiatorsystem för medelhuset samt för det som använt minst respektive mest värme

Positivt är de mycket låga värmeeffekterna på ca 2 kW i genomsnitt under kalla perioder. Detta kan åskådliggöras genom att plotta medeleffekten för medelhuset mot medeltemperaturen ute för de två sista åren 82/83 och 83/84, se FIG.4.3. Här syns radiator-effektens starka beroende av utetemperatur. Man kan förutsäga medelförbrukningen vid -15°C ute till ca 2.9 kW/radhus med hjälp av den beräknade regressionslinjen. Lutningen $92\text{ W}/^{\circ}\text{C}$ är radiator-systemets specifika tillskott. Uppvärmningseffekten blir 0 vid ca $+16^{\circ}\text{C}$ ute, vilket är den utetemperatur där man enligt reglercentralens inställning slutar värma. Det hus som hade den lägsta respektive högsta förbrukningen under perioden redovisas också i FIG.4.3.

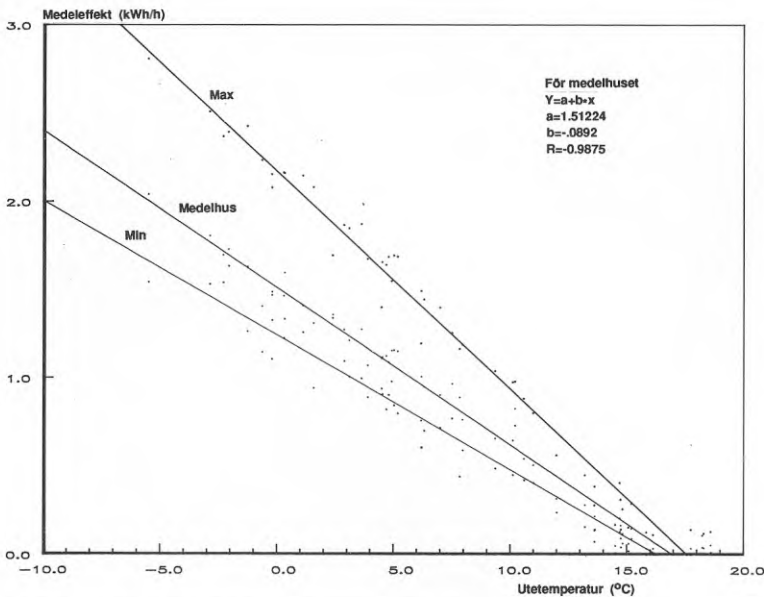


FIG.4.3 Medeleffekt radiatorssystem som funktion av utetemperaturen för perioden 82/83 och 83/84.

Medeleffektens beroende av temperaturskillnaden inne-ute (medeltemperatur inne för 31 hus - medeltemperatur ute) visas i FIG.

4.4. Detta samband är svagare än det som redovisades i FIG.4.3.

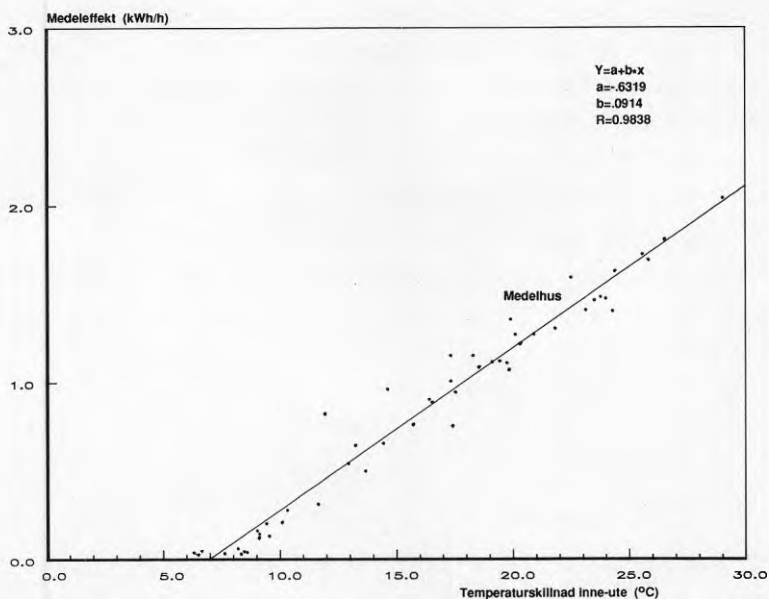


FIG.4.4 Medeleffekt radiatorsystem som funktion av temperaturskillnaden inne-ute för perioden 82/83 och 83/84

Lutningen på linjen är radiatorsystemets specifika tillskott i genomsnitt för medelhuset, $92 \text{ W/}^\circ\text{C}$. Med en del förbehåll, som behandlas i kapitel 5, kan man också säga att lutningen approximativt representerar medelhusets specifika förluster. Vi kan också konstatera att medelhuset bör klara en temperaturskillnad på $7 \text{ }^\circ\text{C}$ inne-ute utan tillskottsvärme. Med tanke på att medeltemperaturen inne är åtminstone $+23 \text{ }^\circ\text{C}$ under dessa perioder (se avsnitt 4.6) borde minst $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ innetemperatur uppnås vid utetemperaturen $\geq +13 \text{ }^\circ\text{C}$ innan värme från radiatorsystemet behövs. Reglercentralen är dock inställd så att uppvärmningen börjar vid $+16 \text{ }^\circ\text{C}$ utomhus. Det genomsnittliga gratisenergiutnyttjandet är ca 650 W , om vi gör antagandet att specifika tillskottet från radiatorsystemet också är specifika förlusten för huset.

4.2.1 Kulvertförluster

Skillnaden i energi, mellan den i undercentralen med huvudmätaren uppmätta energin och den summerade energin för de 32 husen, utgör förluster från kulvertnätet samt från fördelningsledningar i tak inom längorna. Det är små skillnader som registrerats, i storleksordningen lika stora som de sannolika mätfehlen, och de utgör därför inget bra mått på kulvertförlusterna. Även om absolutnivån är okänd så kan variationerna vara intressanta.

FIG.4.5 visar undercentralens uppmätta energimängd för uppvärmning samt husens summerade energi. Första årets bortfall av mätare inom husen ger stora variationer första mätåret. När alla undermätare bringats att fungera inför andra året är skillnaderna mycket små.

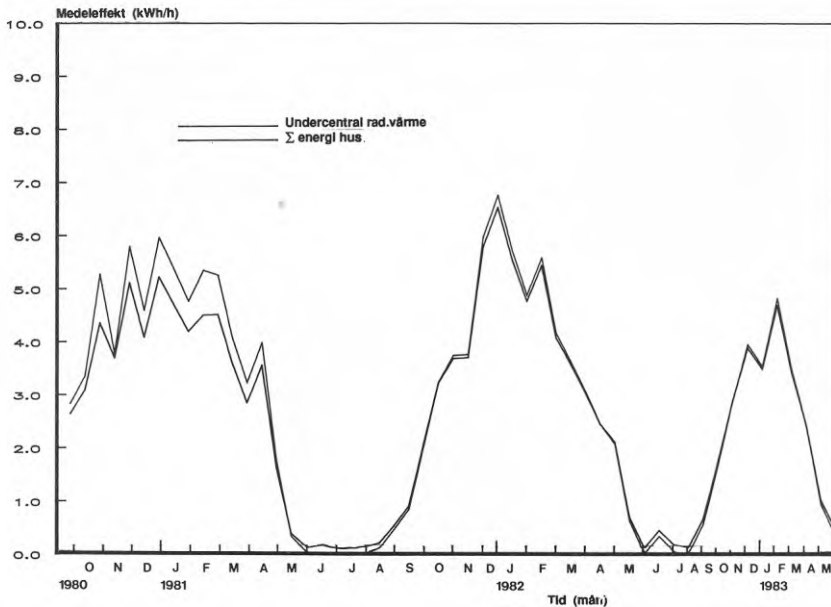


FIG.4.5 Uppmätt energimängd radiatorvärme i undercentral samt summan av radhusens uppmätta värmemängd

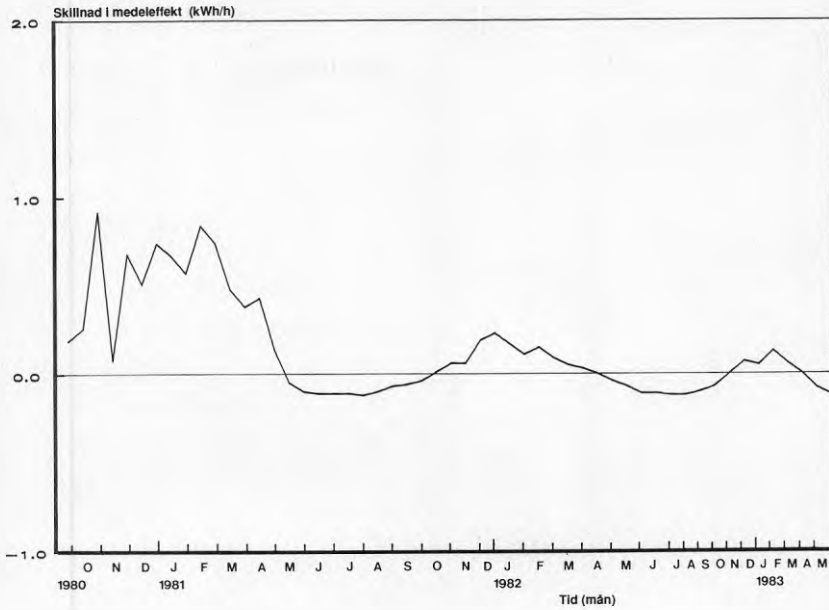


FIG.4.6 Skillnad i uppmätt energimängd mellan radiatorvärme i undercentral och summan av radhusens uppmätta värmemängd

FIG.4.6 visar skillnaden i uppmätta energier enligt de båda sambanden i FIG.4.5. Även om vi bortser från första mätåret så kan det konstateras att man har negativa värden inom summan. Husens undermätare har under den varmare årstiden registrerat en större värmemängd än undercentralen har levererat. Detta utgör vid första anblicken en indikation på att mätutrustningen inte har den förväntade noggrannheten. I själva verket kan det dock vara tvärtom. Sommartid, då undercentralen normalt inte levererar någon värme, registrerar husen ändå en värmemängd på ca 40 W i genomsnitt. Förklaringen kan vara att värmerören värmes upp av de intilliggande tappvarmvatten- och vvc-ledningarna i vindsbjälklaget. Inom radhuset kommer vattnet i radiatorsystemet att passera den relativt kallare bottenplattan och kyls därmed. Den lilla värmemängden motsvarar ca 0.5 °C i temperatursänkning för slingan i bottenplattan eller ca 0.2 till 0.3 °C för det sammanlagda flödet uppe och nere. Denna energimängd registreras förhållandevis lika inom alla radhus, vilket talar till mätarnas

fördel. Gavelhusen har konsekvent en större registrering, vilket troligen beror på den större kylande ytterytan i deras bottenplatta. Värme flyttas alltså från det varmare vindsbjälklaget till den kallare bottenplattan. Efter ombyggnaden av gavelhus A registreras inte längre någon energi sommartid eftersom värmerören i bottenplattan är bortkopplade.

Distributionssystemet för värme får minskade förluster som följd av samisoleringen med tappvarmvattenrören vilka ständigt håller en temperatur av ca 50 °C. Först vid minusgrader ute uppnår värmerören till radiatorerna denna temperatur. Studerar man hur differensen för uppmätta energier i FIG.4.6 varierar med utetemperaturen ser man att den är 0 vid ca +8 °C utetemperatur. Då håller värmerören 25-35 °C. Vid temperaturer under ca +8 °C ute börjar alltså även värmesystemet att få mätbara förluster.

De totala kulvertförlusterna erhålles genom att addera varmvattencirkulationsenergin (vvc) och förlusterna från värmesystemet. Vvc-förlusterna är de i särklass största, med en över året i stort sett konstant effekt på ca 3 kW för samtliga radhus. Till detta skall sedan adderas som mest ca 2 kW från värmerören. Tillsammans får vi som mest 5 kW eller 160 W/hus. Över året uppgår kulvertförlusterna till i storleksordningen 900 kWh/hus, vilket motsvarar ca 10% av den köpta energimängden. Medelförlusten per hus blir drygt 100 W över året, vilket motsvarar förlusterna från en modern elektrisk varmvattenberedare.

4.3 Vattenmängd radiatorsystem

Vattenflödet i radiatorsystemet kan tyckas ointressant, men uppgifterna om flödet kan ge en del information, främst om injustering och förändringar i anläggningen. Förändringar i vattenflödet genom respektive hus indikerar om någon har manipulerat med sitt värmesystem eller sin mätutrustning för värme. Eftersom det är ett ettrörssystem skall flödet i anläggningen vara i stort sett konstant. Termostatventilerna i ettrörssystemen inom husen påverkar bara om vattnet (max 50%) skall gå genom radiatoren (=öppen ventil) eller om allt värmevatten skall gå förbi radiatoren (=stängd ventil). Förändringar i det registrerade flödet

ger alltså anledning till en kontroll av mätutrustning mm. Förändringar i flödet, genom t ex injusteringar inom separata hus, syns tydligt. Spolning av det i undercentralen centralt placerade filtret ger upphov till en ökning av det totala vattenflödet.

FIG.4.7 visar vattenflödet i samtliga 32 hus under de första tre åren. Bortsett från att flödet är för lågt jämfört med det projekterade, så kan vi konstatera att det är relativt konstant, och att förändringar i regel berör alla husen. Under det första året syns relativt stora variationer. De är en följd av kontinuerliga injusteringar av flödet i flertalet hus samt renspolning av det centralt placerade smutsfiltret. Nedgången i flödet för alla husen i början på sommaren 1982 beror på ett längre elavbrott inom undercentralen.

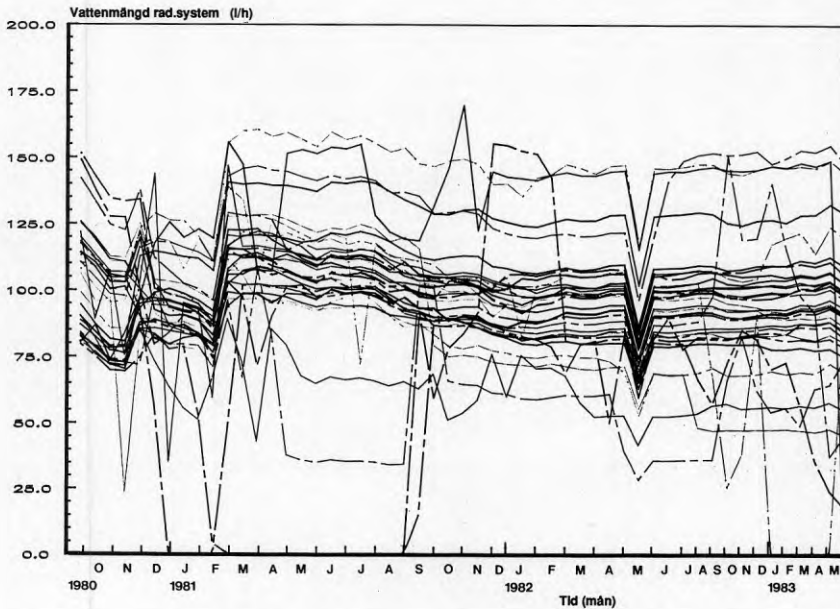


FIG.4.7 Vattenflödet genom radiatorsystemet för samtliga radhus under de första tre åren

Vattenflödet i flertalet hus ligger emellertid väl samlade kring 80-100 l/h efter något år. Som tidigare nämnts ligger även energiförbrukningarna för dessa hus väl samlade. I övrigt förekommer flöden på mellan 50 och 150 l/h. Detta är resultat av injusteringar av flödet, som regel på grund av problem med övertemperaturer, men också i enstaka fall på grund av önskemål om högre inomhustemperatur. Speciellt bland de hus som har ett lågt flöde är detta ofta ett uttryck för "experimentlusta" av de boende. Injusteringen är annars en gemensam angelägenhet eftersom ett förändrat flöde i ett hus också ger upphov till en mindre förändring i övriga hus. Till detta kommer eventuella problem med mätutrustningen för värme när vattenmätarna får ett för lågt flöde.

Radiatorsystemet är ett slutet system som står under tryck. Vatten pumpas runt av en gemensam cirkulationspump i undercentralen. Allt vatten som passerar undercentralen och dess vattenmätare måste också passera någon av de 32 undermätarna i husen. Till skillnad från värmemängden får vi alltså inte ha någon skillnad mellan i undercentralen uppmätt flöde och summan av flödet genom undermätarna i husen.

FIG.4.8 visar summan av flödet genom undermätarna samt flödet genom huvudmätaren i UC för de tre första åren.

FIG.4.9 visar skillnaden mellan de båda flödessambanden i FIG. 4.8, vilken alltså borde vara 0. Efter första året, då några mätare inte var i drift, ser vi att skillnaden är mycket liten. Inför tredje eldningssäsongen har vi en skillnad på ca 100 l/h, vilket motsvarar ca 3%. Orsaken till detta är okänd, men det är känt att de vattenmätare av vinghjulstyp som vi använder oss av registrerar ett ökat flöde efterhand som man får beläggningar av smuts.

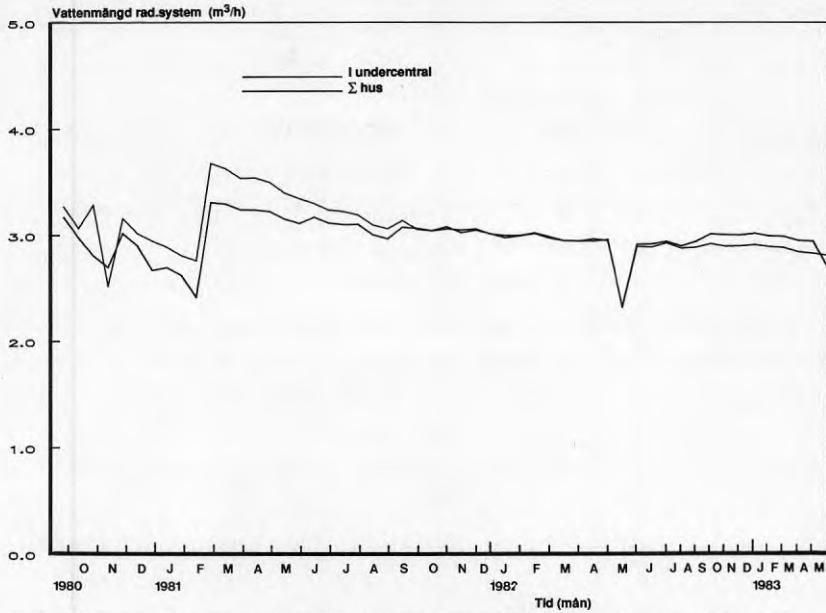


FIG.4.8 Summan av vattenflödet genom radiatorsystemet för samtliga radhus resp i undercentralen under de första tre åren

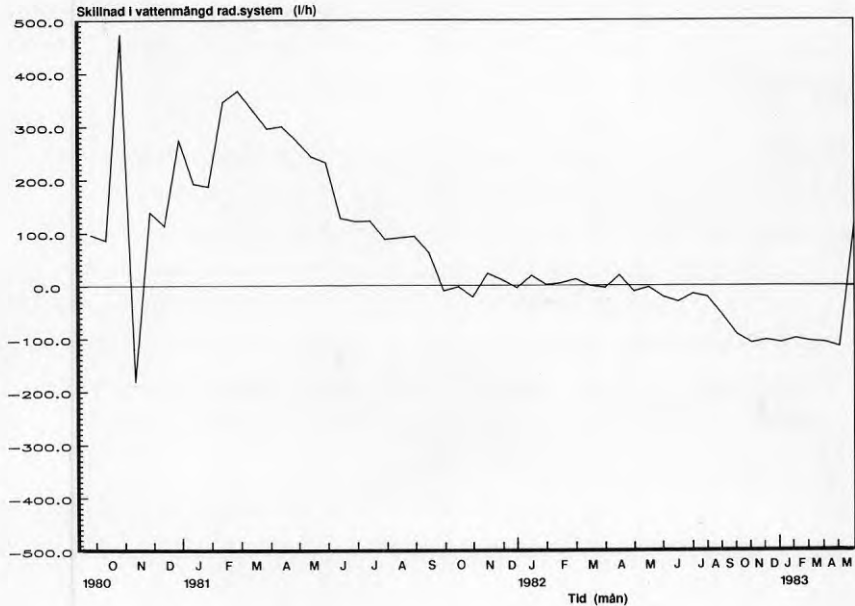


FIG.4.9 Skillnaden av summa vattenflöde genom radiatorsystemet för samtliga radhus och vattenflödet i undercentralen under de första tre åren

4.4 Tappvattenförbrukning

Alla 32 radhusen har genom samfällighetsföreningen en gemensam servis för tappvattnet. Via kommunens huvudmätare i undercentralen distribueras kallt och varmt tappvatten i kulvertar ut till de olika radhusen. Förutom kommunens huvudmätare finns inom UC separata vatten- och energimätare för tappvarmvatten och tappvarmvattencirkulation. Inom varje radhus finns mätare för debiteringsändamål för både kallt och varmt tappvatten. Mätarnas tillförlitlighet kan kontrolleras genom att summan av radhusens 32 tappvarmvattenmätare skall motsvara det totala tappvarmvattenflödet i UC. Summan av radhusens 64 kall- och varmvattenmätare skall dessutom motsvara den uppmätta mängden genom kommunens mätare.

Av naturliga skäl kommer spridningen i tappvattenförbrukning mellan olika hushåll att bli stor. Hushållets storlek och sammansättning varierar kraftigt, man förvärvsarbetar eller arbetar hemma mm. FIG.4.10 och 4.11 visar förbrukningen av kallt respektive varmt tappvatten i m^3 /månad för samtliga hus under de tre första åren. Värdena är tidsjusterade så att de motsvarar månadsförbrukningar. Även om det förekommer variationer inom varje hus, är de i regel relativt små om man studerar perioder om minst två veckor.

Av FIG.4.10, som visar tappkallvattenförbrukningen, framgår att förbrukningen för flertalet hus ligger inom intervallet 5-10 m^3 /mån, eller 60-120 m^3 /år. Hus A, som stod tomt i början, märks med sin låga förbrukning. I övrigt kan man urskilja de kraftigt markerade uppgångarna och nedgångarna för flertalet hus sommartid. Ökningen får tillskrivas bevattning i trädgårdarna, speciellt första sommaren då många trädgårdar anlades. Minskningarna markerar semesterperioder då många familjer är bortresta.

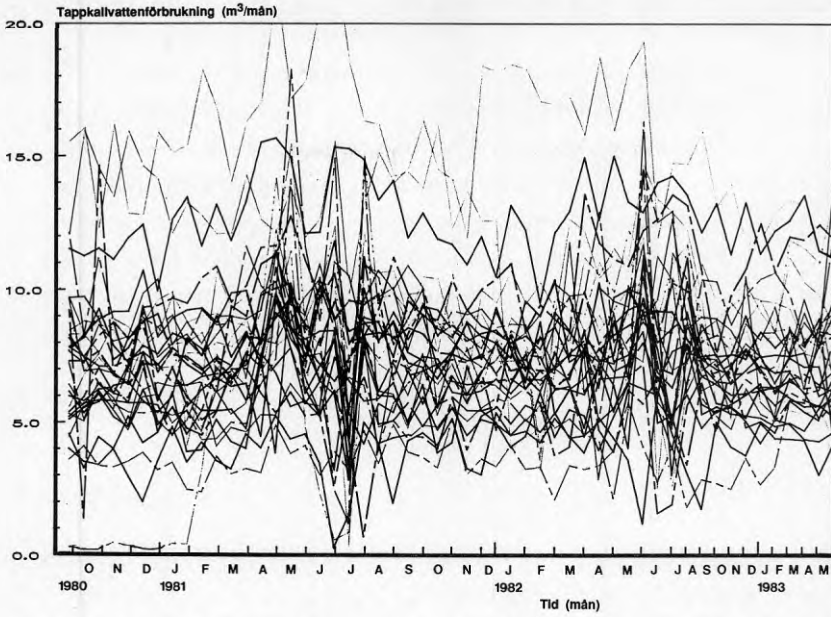


FIG.4.10 Medelförbrukningen av tappkallvatten för samtliga radhus under de tre första åren i $\text{m}^3/\text{månad}$

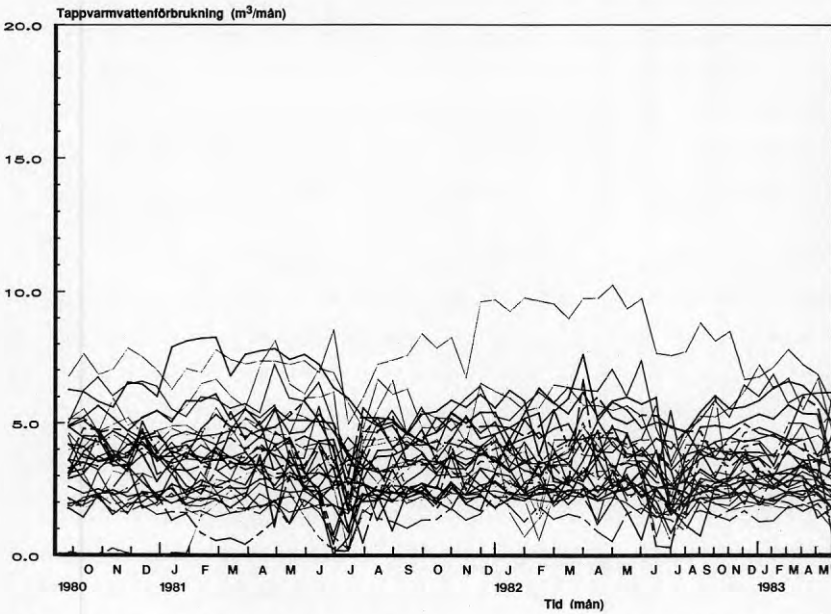


FIG.4.11 Medelförbrukningen av tappvarmvatten för samtliga radhus under de tre första åren i $\text{m}^3/\text{månad}$

Som framgår av FIG.4.11 är nivån för tappvarmvattenförbrukningen ungefär hälften av tappkallvattenförbrukningen, i regel mellan 2 och 5 m³/månad eller 25-60 m³/år. Den minskade förbrukningen sommartid under semesterperioder illustreras tydligt även i FIG. 4.11. Tråkigt nog kan man i en del hus märka en uppgång i tappvarmvattenförbrukningen även under bevattningsperioder. Det beror på att man kopplar trädgårdsslangen i duschen som är försedd med termostatblandare. Husen saknar vattenutkastare på trädgårdssidan. Termostatblandare blandar normalt i en del varmvatten även om vredet står på kallt, vilket alltså kan avläsas i förbrukningen.

4.5 Hushållsel

Varje enskilt radhus har separat elservis. Mätning sker i fasadmätarskåp. Vid varje avläsningstillfälle vi utfört har även användningen av hushållsel för varje radhus noterats. Med hushållsel avser vi hushållets totala elanvändning. Förutom belysning, matförvaring och matberedning, tvättmaskin och torkskåp, eventuellt diskmaskin och andra apparater, ingår också el till ventilationsaggregatet. Hur mycket av hushållselen som kan åtgå för dess fläktar och elbatteri framgår av kapitel 7. Då vissa husägare i efterhand har satt in elektriska radiatorer i sina trädgårdsförråd kan hushållselen bli högre och beroende av utetemperaturen.

Samfälligheten, som förvaltar gemensam egendom, har en separat servis för den yttre belysningen, eluttag i garage (ej för motorvärmare) samt till två pumpar i undercentralen. Denna gemensamma del uppgår till ca 10% av hushållselen och åtgår nästan helt till yttre belysningen. Siffror på gemensam el redovisades i avsnitt 4.1, TAB.4.2.

Hushållselens storlek som medel, min och max samt standardavvikelse för samtliga hus, utom hus A, redovisas i TAB.4.4 för de 4 första åren. Som tidsbas har september till augusti använts. Värdena är tidsjusterade till 1 år. Medelvärde för alla 31 husen för respektive år är understruket.

TAB.4.4 Hushållsel i kWh för 31 hus (Hus A saknas)

År	Min	Medel	Max	Std avvikelse
80/81 samtliga	2094	<u>3884</u>	6922	1203
81/82 samtliga	2240	<u>4060</u>	6666	1225
82/83 samtliga	2295	<u>4015</u>	6685	1179
83/84 samtliga	2213	<u>4154</u>	6420	1171

Som framgår av tabellen ökar användningen av hushållsel svagt. Detta beror troligen på ökad användning av elvärme i förråd och att man efterhand införskaffar fler elektriska apparater, typ diskmaskin mm. Den största delen av ökningen av elanvändning bedöms bero på elvärme i förråden. Vi kan därför på goda grunder anta att elanvändningen inomhus uppgår till knappt 4000 kWh/år. Av detta kan ventilationsaggregatet med sitt elbatteri och sina två fläktar utgöra upp mot 1000 kWh/år, beroende på hur kall vintern är. Mer än 3500 kWh/år i "normal hushållsel" kommer man inte i genomsnitt upp i för de 32 husen. En del hus ligger så lågt som drygt 2000 kWh/år, vilket är en mycket låg siffra. Mätningar visar att det lägsta värdet man praktiskt kan komma ner i då ingen vistas i huset är ca 1750 kWh/år (ca 200 W), vilket då endast inkluderar fläktar, kyl och frys.

I samtliga figurer i detta avsnitt redovisas medeleffekten för hushållseln. Det är avläst energimängd för hushållsel dividerat med den aktuella tiden mellan avläsningarna.

FIG.4.12 visar hushållselens variation under 4 år för samtliga 32 hus. Man kan tydligt se att hushållselens storlek är beroende av årstiden. Under somrarna har man den lägsta förbrukningen, även om det finns variationer mellan olika radhus. Detta får tillskrivas att man under den mörkare årstiden har mer belysning, vistas mer inomhus och använder därmed mer apparater, torkar sin tvätt inne, lagar eventuellt mer mat inomhus mm. De hus som står för de kraftigaste uppgångarna vintertid har i regel elektriska radiatorer i sina förråd, energi som inte kommer huset tillgodo. Den markanta uppgången vid ett tillfälle under andra vintern, 81/82,

kan märkas i alla husen. Detta får tillskrivas ventilationsvärmewäxlarnas avfrostningsbatteri som ofta var igång under denna, för skånska förhållanden, extremt kalla period. Det tredje året syns mäthuset med sin kraftiga uppgång vintertid pga elvärmedrift.

FIG.4.13 visar medelvärdet av alla 32 husen samt de två radhus som har den lägsta respektive högsta förbrukningen.

FIG.4.14 visar de 16 hus som har den jämnaste användningen av hushållsel över året, dvs de som är minst utetemperaturberoende. Det visar sig att dessa hus också har den lägsta förbrukningen Även i denna grupp syns ett tydligt utetemperaturberoende, vilket redovisas i FIG.4.17.

FIG.4.15 visar 13 hus som har de kraftigaste variationerna under året, dvs de som är mest utetemperaturberoende. Det visar sig också att dessa hus har den högsta förbrukningen. Denna grupp har ett kraftigt temperaturberoende, som vi alltså till största delen tillskriver uppvärmning av förråd. Detta redovisas i FIG.4.17.

FIG.4.16 redovisar den genomsnittliga hushållselen tillsammans med den genomsnittliga radiatoreffekten. Vi kan här se att hushållselen borde kunna utgöra ett väsentligt bidrag till husens uppvärmningsenergi. Detta kräver emellertid ett uppvärmningssystem med god reglerförmåga, vilket saknas på Valdemarsro. Generellt kan sägas att användningen av hushållsel i dessa radhus inte leder till en reducering av uppvärmningseffekten, utan bara till en i de flesta fall oönskad temperaturhöjning. Det är endast genom reglerkurvans inställning som man kan spåra inverkan av hushållsel och övrig gratisvärme. Den stänger ju av värmetillförseln vid +16 °C ute.

FIG.4.17 visar de olika gruppernas utetemperaturberoende. Förhållandet av medelvärdet av hushållselen för samtliga 32 radhus mot utetemperaturen är utritat i figuren för 81/82 och 82/83. Dessutom anges motsvarande förhållande för "låg- och högförbrukare" enligt FIG.4.14 och 4.15.

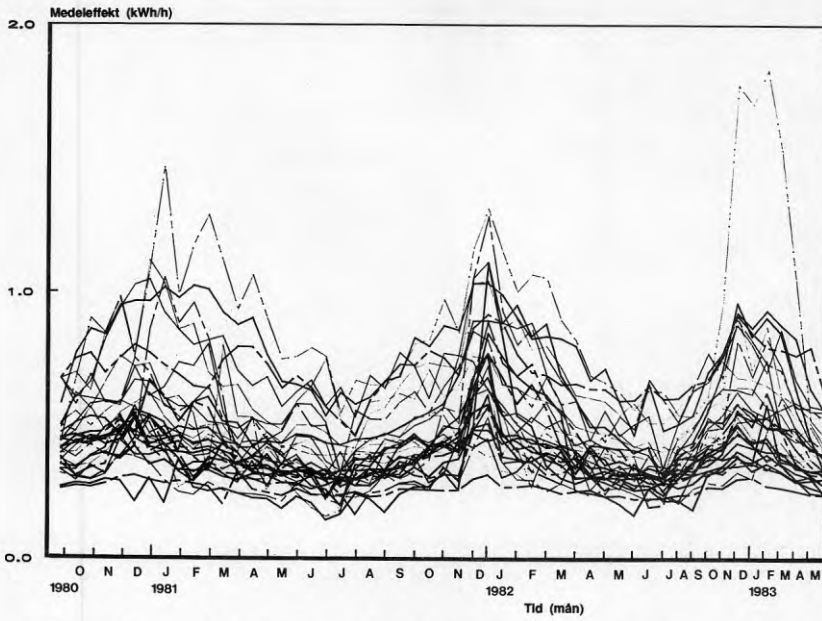


FIG.4.12 Hushållselens medeleffekt för samtliga radhus under de tre första åren

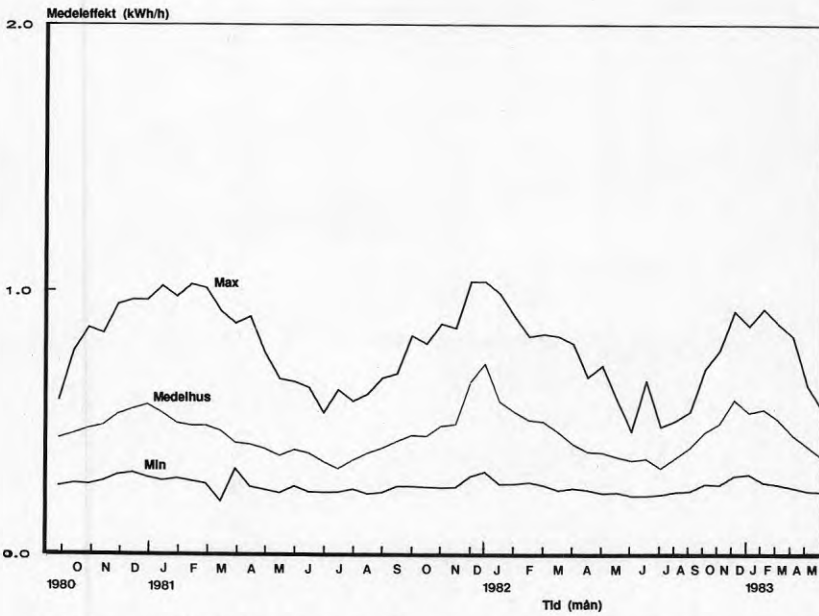


FIG.4.13 Hushållselens medeleffekt för medelradhuset samt för de radhus som använder mest resp minst el under de tre första åren

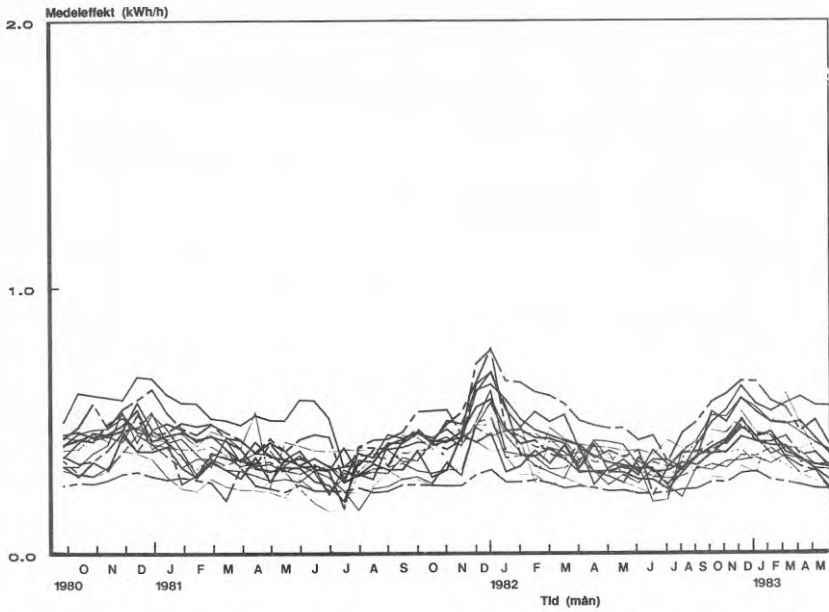


FIG.4.14 Hushållselens medeleffekt för de 16 radhus som har den jämnaste användningen under året, dvs de som är minst utetemperaturberoende

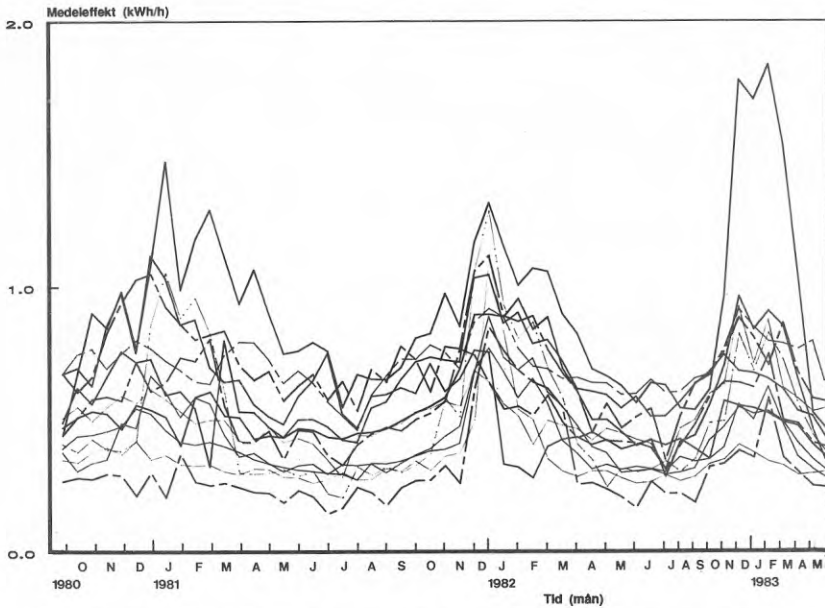


FIG.4.15 Hushållselens medeleffekt för de 13 radhus som har de kraftigaste variationerna i förbrukning under året, dvs de som är mest utetemperaturberoende

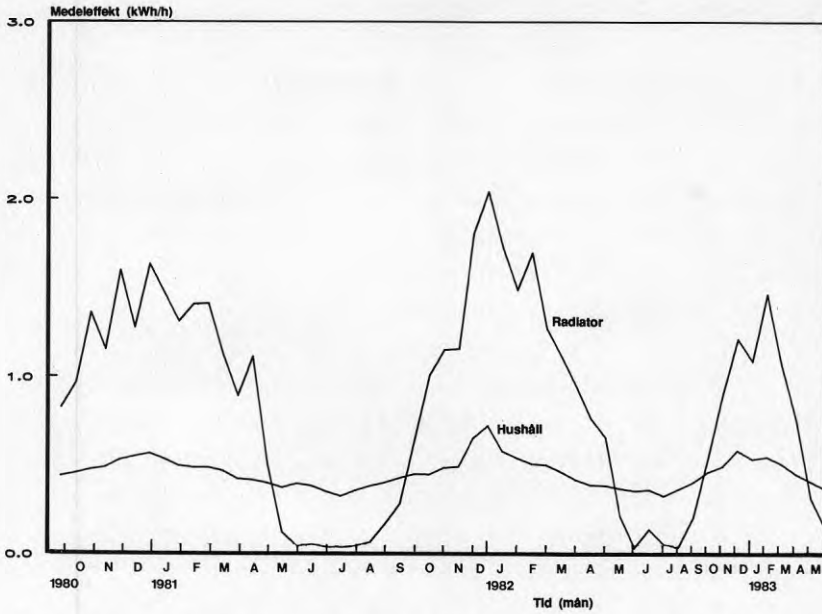


FIG.4.16 Medelhusets effekt för radaiatorsystemet och hushållsel under de tre första åren

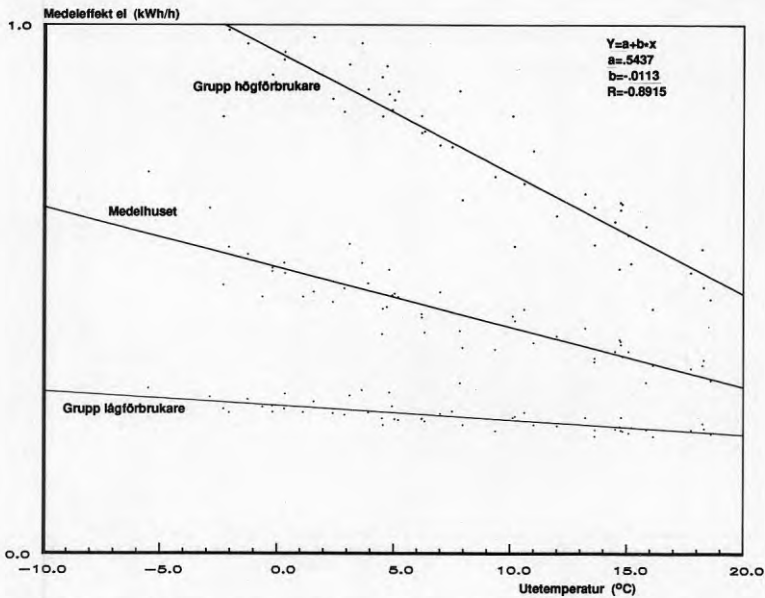


FIG.4.17 Hushållselen som funktion av utetemperaturen för medelhuset samt för låg- och högförbrukare enligt FIG.4.14 resp FIG.4.15.

4.6 Inomhustemperatur

Inom varje radhus har vi registrerat inomhustemperaturen som ett medelvärde för respektive avläsningsperiod. Endast en givare finns inom varje radhus. Den är placerad centralt i bottenvåningen vid hall och vardagsrum på 1.6 m höjd. Förutom att den automatiskt registrerar medeltemperaturen visas den momentana temperaturen på en display inomhus. Härigenom har husägaren fått en mycket bra termometer till förfogande.

Det är alltså medeltemperaturen vi mäter. Betecknande för medeltemperaturen är att man sällan varaktigt har denna temperatur. Normalt har man temperaturvariationer på någon grad mellan morgon och kväll. Natten och morgonen, och ibland även dagtid, är de kallaste perioderna av dygnet med i storleksordningen 1 °C under medeltemperaturen. Kvällstid, och även dagtid vid solinstrålning, är de varmaste perioderna på dygnet med upp mot 2 °C varmare än medeltemperaturen. Detta förekommer under perioder då man vistas hemma. Inomhusaktiviteterna ger mycket gratisvärme och man får varmt inomhus. Detta förhållande förstärks av den obefintliga värmeregleringen som inte tar hänsyn till temperaturen inomhus. Temperaturvariationer av den här storleksordningen får emellertid betecknas som normala. Under kapitel 8 redovisas timbaserade mätningar av inomhustemperaturen.

Inomhustemperaturernas medel, min och max samt standardavvikelse för 31 st hus redovisas för de 4 första åren i TAB.4.5. Som tidsbas har ca september till augusti använts. Medelvärdet för alla 31 husen är understruket.

TAB.4.5 Inomhustemperaturer under året i °C

År	Hustyp	Min	Medel	Max	Std avvikelse
80/81	Samtliga	21.18	<u>23.07</u>	24.47	0.68
	Mellanhus	22.47	23.23	24.15	0.49
	Gavelhus	21.18	22.77	24.47	1.08
81/82	Samtliga	22.17	<u>23.12</u>	24.00	0.51
	Mellanhus	22.17	23.23	24.00	0.49
	Gavelhus	22.20	22.82	23.44	0.49
82/83	Samtliga	22.22	<u>23.25</u>	24.24	0.55
	Mellanhus	22.22	23.37	24.24	0.52
	Gavelhus	22.24	22.99	23.77	0.47
83/84	Samtliga	21.53	<u>23.12</u>	24.29	0.71
	Mellanhus	22.13	23.35	24.29	0.54
	Gavelhus	21.83	22.57	23.77	0.67

Medeltemperaturens variation för 31 hus under tre år redovisas i FIG.4.18. Vi kan konstatera att man har en jämn nivå över året, även om spridningen mellan olika hus är stor. Medeltemperaturer på 21-22 °C upp till 24-25 °C registreras. Våren med mycket solinstrålning leder till en blygsam höjning för de flesta husen. De två sommarperioderna, utan tillförsel av värme från radiatorsystemet, syns mycket tydligt. Man ligger väl samlade i temperatur och det yttre klimatets påverkan är dominerande i alla hus, både vid kallare perioder och under sk värmeböljor.

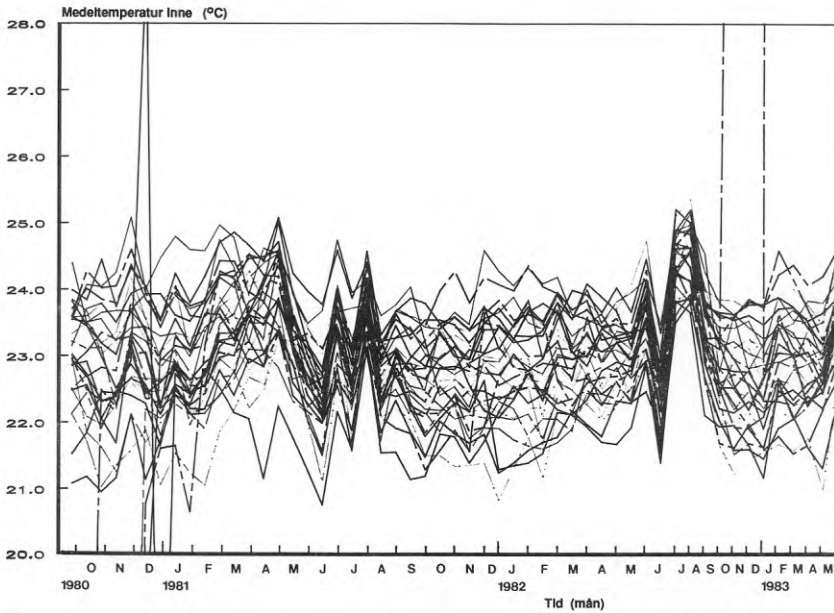


FIG.4.18 Inomhustemperaturen för samtliga radhus under de tre första åren i $^{\circ}\text{C}$

Medeltemperaturen för 31 hus samt utetemperaturen visas i FIG. 4.19. Temperaturen under eldningssäsongen är relativt konstant, medan sommarens temperaturer sätter sina spår även på temperaturen inne. Detta visas också i FIG.4.20 där förhållandet mellan medeltemperaturen inne och medeltemperaturen ute är uppritat för de två sista åren. Oberoende av utetemperaturen har man alltså i genomsnitt mellan 23 och 24 $^{\circ}\text{C}$ inne under eldningssäsongen. Vid lägre utetemperaturer än 10-15 $^{\circ}\text{C}$ är inomhustemperaturen relativt konstant. Vid utetemperaturer över ca 15 $^{\circ}\text{C}$ ökar inomhustemperaturen markant.

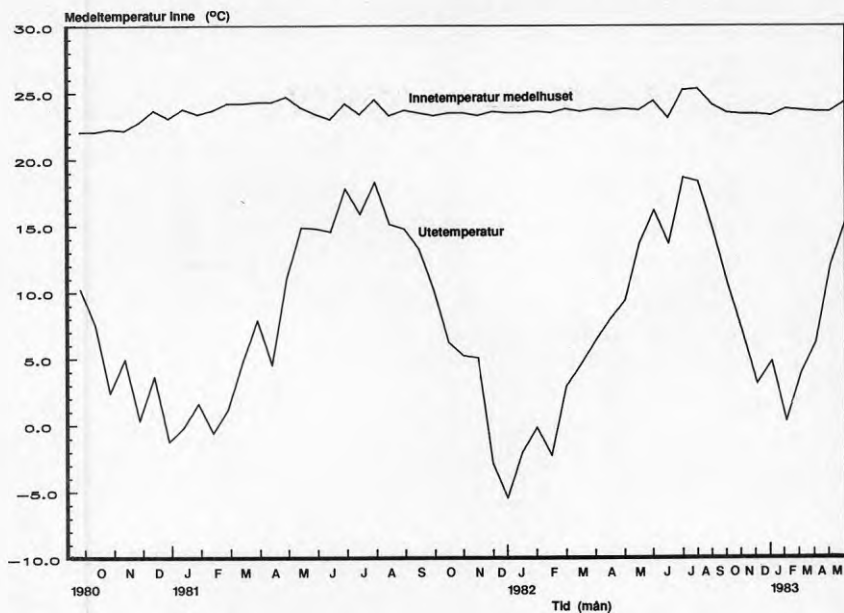


FIG.4.19 Inomhustemperaturen för medelradhuset under de första tre åren samt utetemperaturen i °C

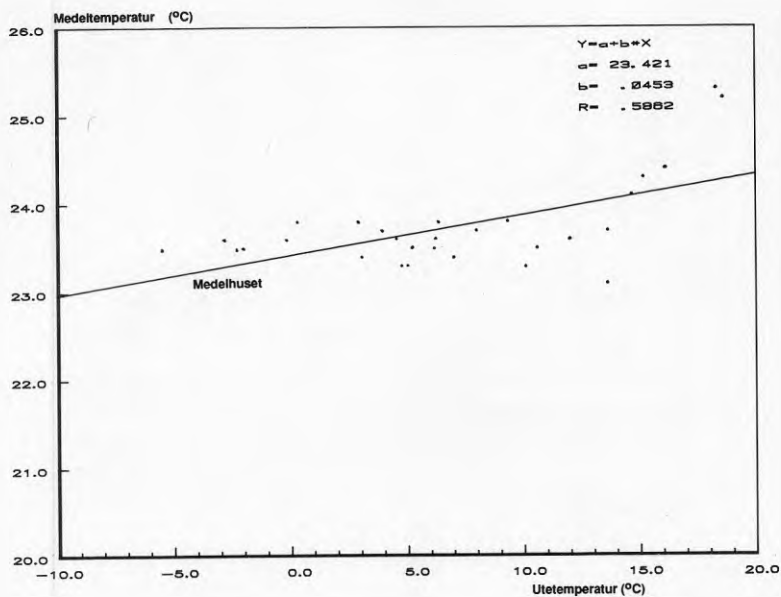


FIG.4.20 Inomhustemperaturen för medelradhuset under de första två åren som funktion av utetemperaturen.

Man kan diskutera om inte en medeltemperatur på 23-24 °C är för hög. Den indikerar att man i genomsnitt har åtminstone 25 °C under delar av dygnet, t ex under kvällstid. Denna temperaturnivå har emellertid husägarna gemensamt kommit överens om. Under första året reducerades temperaturnivån vid några tillfällen efter gemensamma beslut. Fortlöpande gjordes också individuella justeringar i en del radhus. Generellt hade man i dessa hus problem med övertemperaturer även om motsatsen förekom i enstaka fall. Sedan första året har inga ytterligare förändringar gjorts av reglerkurvan som bestämmer temperaturnivån.

5 HUSENS SPECIFIKA VÄRMEBEHOV

Husets specifika värmebehov anger hur mycket värme per timme som åtgår för att värma upp huset 1 °C över utetemperaturen. Specifika värmebehovet är ett mått på hur bra huset är energimässigt. Tillsammans med antal gradtimmar för orten, kan man med ganska stor säkerhet tala om hur mycket energi som huset behöver för att hålla en viss temperatur inomhus under ett år. Visserligen anger den inte hur mycket av den erforderliga energin som behöver tillföras via värmesystemet, eller hur mycket som kan tillgodogöras från gratisvärme i olika former, men den visar hur bra huset är som klimatskärm. Man borde alltid redovisa denna siffra när man talar om energianvändning i byggnader, och speciellt vid jämförelser mellan olika "lågenergihus".

Redovisningen sker vanligtvis i form av förväntad årlig energiförbrukning. Ofta baseras siffrorna på datorberäkningar i olika former, där man har en alltför stor tilltro till gratisvärmens storlek och möjligheterna att utnyttja densamma. Gäller det hus i drift har möjligen någon form av registrering av energiförbrukningen förekommit. Ofta saknas emellertid flera parametrar som är av vikt för att bedöma energiförbrukningen, t ex inomhustemperaturen. Ett annat förhållande som omöjliggör långtgående slutsatser och generaliseringar av driftsresultat i de flesta fall, är att det i regel är fråga om enstaka hus, som dessutom ofta bebos av någon som är väl bevandrad i energitekniska frågor. Det är vanligt att personer med erfarenheter från denna typ av hus ofta refererar till sitt eget lågenergihus. Resultaten från dessa kan dock inte alltid generaliseras.

Undersökningen av Valdemarsrohusen innefattar emellertid relativt många hus och familjer med olika sammansättning. Här låter man människor utan speciell teknisk kompetens, direkt från kommunens villakö, flytta in med normal (begränsad) information om huset och dess installationer. Att arbeta med många hus, där olikheter i beteende och hushållssammansättning varierar, är ett krav om man vill studera de boendes inverkan på energiförbrukningen.

För att kunna förutsäga energiförbrukningen och dess spridning krävs att en mängd faktorer är kända. För att lyckas krävs att

byggnaden, installationerna och inverkan av de boende fungerar som man förutsett. Det är emellertid endast byggnadens effektbehov som man med någorlunda säkerhet kan uttala sig om. Övriga faktorer är mer eller mindre osäkra, men måste ändå kvantifieras om man via beräkningar skall komma fram till en årlig energiförbrukning. Detta kapitel ägnas åt byggnadens effektbehov. Dels beskrivs här de enkla beräkningar som leder fram till det specifika behovet, och dels redovisas mätningar av tillförd effekt. Kapitlet avslutas med ett försök att förklara de avvikelser som finns mellan de beräknade och de uppmätta värdena.

5.1 Beräkning av specifika värmebehovet

Transmissionsförluster

Beräkningarna, redovisade i TAB.5.1 och 5.2 nedan, är i stort de beräkningar som utfördes av byggfirman vid anbudsinlämningen. K-värden är framräknade med praktiskt tillämpbara värden på värmeledningsförmågan enligt SBN 75. För gavelhuset tillkommer två mycket små fönster samt den mycket välisolerade gavelväggen. Golvytan är lika stor som för mellanhusen, men på grund av ett större yttre randfält ökar k-värdet.

TAB.5.1 Mellanhusens transmissionsförluster

	k-värde $W/m^2\text{°C}$	Area m^2	kA $W/\text{°C}$
Golv, 100 mm styrenplast	0.19	60.9	11.6
Vägg, 200 mm mineralull	0.19	44.2	8.4
Tak, 450 mm mineralull	0.10	60.9	6.1
Ytterdörr	0.90	2.1	1.9
Fönsterdörr	1.00	0.9	0.9
Fönster, 3-glas isolerruta	1.80	10.8	19.4
Summa kA ($W/\text{°C}$)			48.3

TAB.5.2 Gavelhusens transmissionsförluster

	k-värde W/m ² °C	Area m ²	kA W/°C
Golv, 100 mm styrenplast	0.20	60.9	12.2
Vägg, 220 mm mineralull	0.19	44.2	8.4
Gavelvägg, 340 mm mineralull	0.12	52.5	6.3
Tak, 450 mm mineralull	0.10	60.9	6.1
Ytterdörr	0.90	2.1	1.9
Fönsterdörr	1.00	0.9	0.9
Fönster, 3-glas isolerruta	1.80	12.0	21.6
Summa kA (W/°C)			57.4

Ventilationsförluster

De ventilationsmängder som projekterades för radhusen presenteras närmare i kapitel 7 "Ventilationssystemets funktion". De värden som redovisas där är 41 och 42 l/s (151 och 148 m³/h) för frånluft respektive tilluft. Räknat på husets volym 281 m³ blir det 0.54 oms/h. Förhållandet mellan frånluft och tilluft skulle då bli 1.02 vilket, enligt tillverkaren, leder till en temperaturverkningsgrad på värmeåtervinningen på ca 70%.

Det visade sig emellertid att luftflödet i praktiken blev något mindre för tilluften. Mätningar visade att flödet blev ca 145 och 120 m³/h för frånluft respektive tilluft, vilket motsvarar 0.52 oms/h. Då tilluftsflödet inte uppgick till den förväntade nivån måste resterande luftmängd, 25 m³/h, tas från de springor och otätheter som trots allt finns i husets klimatskärm. På grund av att förhållandet frånluft/tilluft blir hela 1.2 ökar temperaturverkningsgraden för tilluften genom värmväxlaren något. Systemverkningsgraden på anläggningen minskar dock eftersom de resterande 25 m³/h "oväxlade" måste tillföras huset genom springor och otätheter.

Den infiltrationsmängd som man har i huset då ventilationssystemet blivit manuellt avstängt, och alla don tätats noga, har uppmätts till ca 0.1 oms/h. Vi gör här antagandet att denna infiltrationsmängd erhålls även då ventilationssystemet är i drift.

Eftersom ett visst undertryck uppstår i huset genom att frånluftsmängden är större än tilluftsmängden, kommer infiltrationen åtminstone inte att öka vid fläktdrift utan snarare att minska.

De boende har emellertid stora möjligheter att påverka luftomsättningen i huset, dels genom vädring och dels genom att reglera varvtalet på fläktarna. Det är svårt att bedöma verkningarna av den systematiska vädring som förekommer i en del av husen på grund av mycket höga inomhustemperaturer. De flesta hushåll är, efter information vid inflyttningen, medvetna om att reglaget för fläktarnas varvtal normalt bör stå på max, vilket resulterar i minskningen av oms/h i styrd ventilation. Vintertid vid låga utetemperaturer utnyttjar man av komfortskäl möjligheten att reducera ventilationsmängden till ca 0.3-0.4 oms/h. I följande beräkningar antar vi emellertid 0.6 oms/h under hela eldningssäsongen som då inkluderar både infiltration och eventuell vädring.

Ovanstående resulterar i följande antaganden:

Frånluftsmängden är $145 \text{ m}^3/\text{h}$ och tilluftsmängden är $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Detta ger en temperaturverkningsgrad för torr värmeväxlare på ca 75%. Vi räknar här med en energiverkningsgrad på 70% på den verkliga luftmängden genom växlaren. Utöver de $145 \text{ m}^3/\text{h}$ i tilluft genom värmeväxlaren tillkommer $28 \text{ m}^3/\text{h}$ (0.1 oms/h) som tas in i springor och otätheter. Detta ger en luftväxling i huset på totalt 0.6 oms/h .

Specifika ventilationsvärmebehovet ($\text{W}/^\circ\text{C}$):

- Via ventilationsvärmeväxlare	
$120 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.33 \times (1-0.7)$	= 11.9 $\text{W}/^\circ\text{C}$
- Via otätheter	
$(145-120+28) \times 0.33$	= 17.5 $\text{W}/^\circ\text{C}$
Summa	29.4 $\text{W}/^\circ\text{C}$

Totala specifika värmebehovet

Specifika värmebehovet för mellanhus	$48.3 + 29.4 = 77.7 \text{ W}/^\circ\text{C}$
Specifika värmebehovet för gavelhus	$57.4 + 29.4 = 86.8 \text{ W}/^\circ\text{C}$

Årligt totalt energibehov

Gradtimmarna för Malmö under ett normalår 1931-1960 med +20 °C inne är 92800 °Ch enligt VVS-handboken. Det innebär att nedan framräknade energimängder under ett normalår måste tillföras för att hålla inomhustemperaturen +20 °C (då transmissionsförluster samt ventilations- och infiltrationsförluster ligger på den nivå som angetts ovan):

Energiåtgång mellanhus $92800 \times 77.7/1000 = 7210$ kWh/år

Energiåtgång gavelhus $92800 \times 86.8/1000 = 8055$ kWh/år

Det bör observeras att detta är den totala energimängden som erfordras, och som skall täckas av både gratisenergi och mängden köpt energi. Per m² boyta blir energibehovet 62 kWh/m²år för mellanhuset och 69 kWh/m²år för gavelhuset. Dessa siffror är i sig låga, vilket beror på att huset energimässigt är mycket bra. Med utnyttjande av gratisvärme i olika former kan den köpta energin minskas ytterligare.

Om man i stället väljer andra inomhustemperaturer så blir den totala energiåtgången för ett år enligt TAB.5.3. (VVS-handboken, årsmedeltemperatur ute +8 °C):

TAB.5.3 Årlig energiåtgång och gradtimmar vid varierande inomhustemperatur

Innetemperatur °C	Gradtimmars °Ch	Mellanhus kWh	Gavelhus kWh
18	82300	6395	7145
19	87600	6805	7605
20	92800	7210	8055
21	98100	7620	8515
22	103400	8035	8975
23	108600	8440	9425
24	113900	8850	9885
25	119200	9260	10375

5.2 Mätning av specifika värmebehovet

För att mäta upp specifika värmebehovet, eller de temperaturberoende värmeförlusterna, kan man studera hur den tillförda radiatorenergin påverkas av temperaturskillnaden inne-ute. Är inomhus-temperaturen relativt konstant över året (oberoende av det yttre klimatet) får man i stort sett samma resultat om man studerar radiator-effektens beroende av utetemperaturen.

För att värma upp huset utnyttjas energi från radiatorsystemet samt olika typer av gratisvärme. Om radiator-effektens förhållande till temperaturskillnaden inne-ute skall ge ett korrekt mått på specifika behovet för huset, krävs att gratisenergin är oberoende av temperaturskillnaden inne-ute under uppvärmningssäsongen. Tyvärr är så inte fallet. Variationer i uppmätta värden förekommer i bebodda hus. Hushållsel ökar vintertid bl a beroende på ökad belysning under den mörka årstiden. Personvärmens ökar också under vinterhalvåret eftersom man vistas mer inomhus. Solens instrålning är mycket ojämnt fördelad över året och kan ge stora variationer i energitillskott. Det bästa resultatet borde man följaktligen få i ett obebott hus med mätningar endast under nätter vintertid. Det närmsta vi kan komma är att studera uppmätt (=tillförd) effekt från radiatorsystemet. Tillförd effekt är naturligtvis alltid lika med förlust. Vi har emellertid endast god kontroll över tillförd radiator-effekt, och det är den som redovisas i detta avsnitt. I bebodda hus tillkommer gratisvärmens bidrag. Dessutom varierar förlusterna genom att de boende, t ex genom vädring, strävar att hålla ner temperaturen inomhus under perioder med värmeöverskott. Detta innebär också att Δt , temperaturskillnaden inne-ute, kan vara osäker. Hade man inte vädrat hade man ju fått en högre inomhustemperatur, och därmed ett större Δt , vid en viss uppmätt radiator-effekt.

I detta avsnitt presenteras olika typer av mätningar för att ringa in den specifika förlusten. Tvåveckorsavläsningar för 30 av husen under det andra och tredje mätåret (eldningssäsongerna 81/82 och 82/83) bildar stommen, och visar att man i bebodda hus med obefintlig reglering kan få ett begrepp om specifika förlusten med relativt enkla mätningar av specifika tillskottet. Första året undviker vi på grund av injusteringsproblem och fjärde året

på grund av tidvis långa avläsningsintervall.

Hus A, gavelhuset vars radiatorsystem inför andra året delvis blev ombyggt, och som tredje året temporärt utrustades med direktelvärm, har specialgranskats och timvärden har här också använts. Mätvärden för hus B, som är ett annat gavelhus (dock icke ombyggt), redovisas för jämförelsens skull. Hus A är intressant eftersom det är det enda huset som ej har värmeförsörjning via bottenplattan. Detta hus är det enda med "normala" temperaturer i bottenplattan, och där transmissionsförlusterna genom bottenplattan kan jämföras med de ex direkteluppvärmda hus.

I detta avsnitt används följande beteckningar:

- P_{rad} = genomsnittlig radiator effekt, W
 T_u = genomsnittlig utetemperatur, °C
 Δt = genomsnittlig skillnad mellan ute- och innetemperaturen, °C

Med förutsättningar enligt avsnitt 5.1, har ett mellanhus teoretiskt ett specifikt värmebehov på 77.7 W/°C. Motsvarande värde för gavelhusets behov är 86.8 W/°C. En sammanställning av resultatet av omfattande tvåveckorsavläsningar i 30 st bebodda hus under två år (23 st mellanhus och 7 st gavelhus) ger följande värden:

Uppmätt P_{rad} som funktion av Δt	Uppmätt specifikt tillskott W/°C					
	Mellanhus (23 st)			Gavelhus (7 st)		
	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max
Eldningssäsong						
81/82	65.8	85.9	110.8	102.9	113.0	129.7
82/83	60.2	89.4	107.7	98.4	116.7	125.9
Medelvärde 81-83	63.0	<u>87.7</u>	109.3	100.6	<u>114.9</u>	127.9

Uppmätt P_{rad} som funktion av T_{ute}	Uppmätt specifikt tillskott W/°C					
	Mellanhus (23 st)			Gavelhus (7 st)		
	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max
Eldningssäsong						
81/82	64.5	86.2	123.3	97.7	112.7	127.0
82/83	60.5	90.9	113.8	95.9	118.7	133.6
Medelvärde 81-83	60.5	<u>88.6</u>	118.6	96.9	<u>115.7</u>	130.3
Beräknat		77.7				86.8

För en jämförelse med det speciella mäthuset, hus A, som genomgått fortlöpande förändringar redovisas dess värden från eldningssäsongen 80/81 till 83/84:

Uppmätt P_{rad} som funktion av Δt	Specifikt värmetillskott, $W/^\circ C$
80/81, sep-jan, ingjutna värmerör, tomt hus	90.1
81/82, sep-apr, värmerör i sockel, bebott	76.0
82/83, sep-apr, direktelvärm, bebott	74.5
82/84, sep-apr, lika 81/82	80.5
Uppmätt P_{rad} som funktion av T_{ute}	
80/81, sep-jan, ingjutna värmerör, tomt hus	83.0
81/82, sep-apr, värmerör i sockel, bebott	73.8
82/83, sep-apr, direktelvärm, bebott	77.5
82/84, sep-apr, lika 81/82	72.0
Beräknat	86.8

Som synes varierar specifika värmetillskottet för mellanhuset genomsnittligt för de två åren från 85.9 till 89.4 $W/^\circ C$ när den beräknats ur Δt . Skillnaden mot det teoretiskt beräknade värdet på värmeförlusten är 8 till 12 $W/^\circ C$. En analys av tänkbara orsaker till skillnaden finns i avsnitt 5.3. Gavelhusets uppmätta tillskott varierar i genomsnitt från 113.0 till 116.7 $W/^\circ C$, vilket ger en större skillnad mot det teoretiska värdet, eller 26 till 30 $W/^\circ C$. Även detta behandlas i nästa avsnitt.

Hus A uppvisar för det tomma huset med ingjutna värmerör stor likhet med det beräknade värdet, 90.1 $W/^\circ C$ mot 86.8 $W/^\circ C$. För det ombyggda huset minskar det uppmätta specifika tillskottet till ca 76.0 - 80.5 $W/^\circ C$.

I FIG.5.1 och 5.2 redovisas radiatoreffektens beroende av temperaturskillnaden ute-inne för hus A under 1981/82. Detta gavelhus (hus A) har då fått sina värmerör i bottenvåningen förlagda i en sockellist ovan golv. Motsvarande förhållande för hus B redovisas i FIG.5.3 och 5.4 för 1981/82. Detta hus har kvar sina värmerör i betongplattan. Figurerna omfattar timvisa mätvärden från ca 10 dygn varje månad från september till april med undantag av december månad.

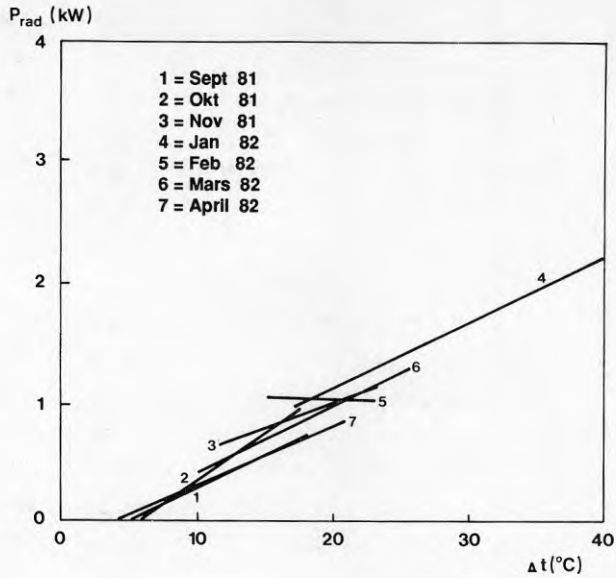


FIG.5.1 Radiatoreffekten för hus A som funktion av temperaturskillnaden inne-ute under 1981/82. Endast regressionslinjerna redovisas för respektive period.

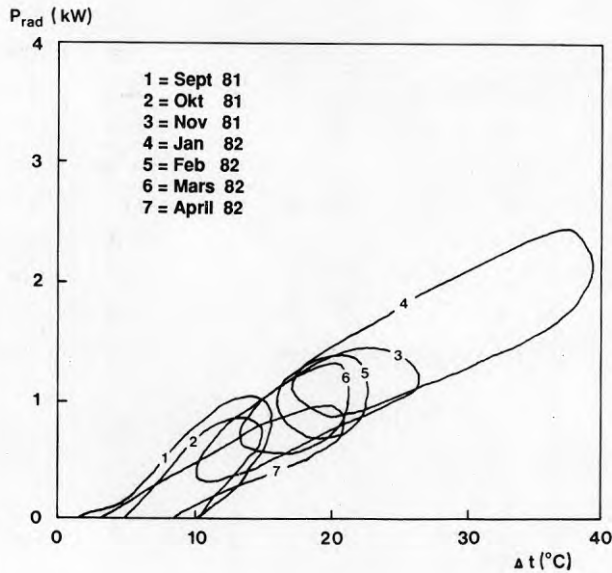


FIG.5.2 Radiatoreffekten för hus A som funktion av temperaturskillnaden inne-ute under 1981/82. Endast spridningen av mätvärdena redovisas för respektive period.

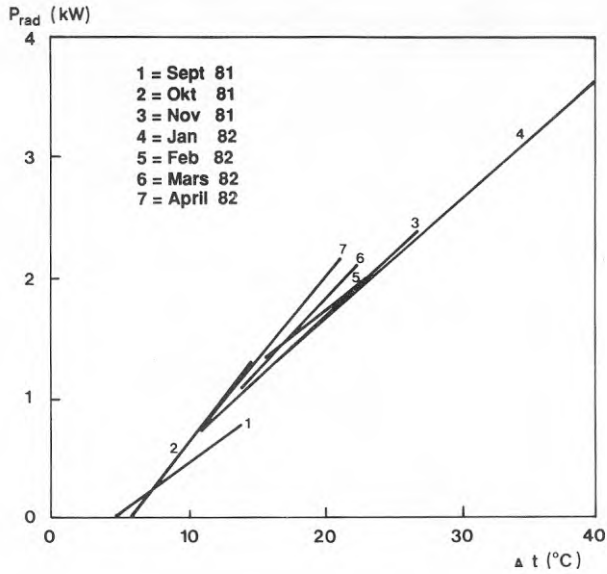


FIG.5.3 Radiatoreffekten för hus B som funktion av temperaturskillnaden inne-ute under 1981/82. Endast regressionslinjerna redovisas för respektive period.

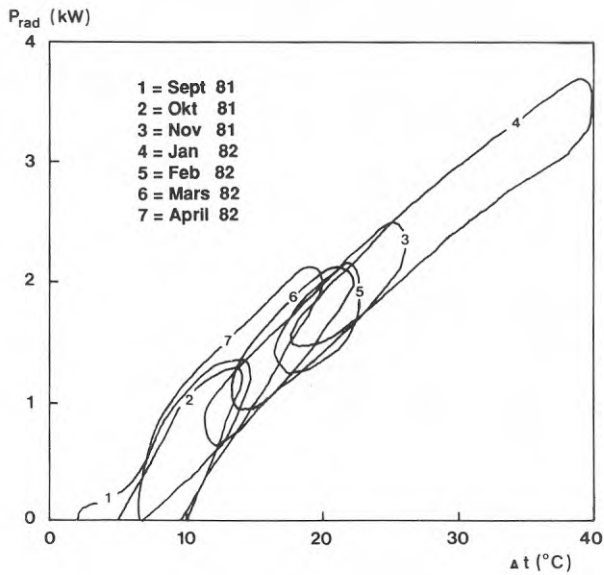


FIG.5.4 Radiatoreffekten för hus B som funktion av temperaturskillnaden inne-ute under 1981/82. Endast spridningen av mätvärdena redovisas för respektive period.

I FIG.5.1 och 5.3 redovisas endast de samband som representerar "medelvärde" för varje tiodagarsperiod. Lutningen på linjerna anger specifikt tillskott av värme från radiatorsystemet. I FIG. 5.2 och 5.4 illustreras den spridning som mätvärdena haft under de aktuella perioderna. Skillnader i effekt vid samma temperaturskillnad inne-ute ger ett mått på hur mycket radiatorsystemet har reglerat. I FIG.5.1, hus A med modifierat system, har totala radiatoreffekten varierat med ca +/-400 W. Med värmerören i betong, som redovisas i FIG.5.3, har radiatoreffekten endast varierat ca +/-200 W.

FIG.5.5 till 5.8 visar radiatoreffektens beroende av utetemperaturen under samma perioder för de båda gavelhusen. De redovisas i FIG.5.5 och 5.7 med samband som anger medeleffekten, och i FIG. 5.6 och 5.8 med mätvärdenas spridning. Som synes är sambanden med god approximation linjära och spridningen kring den beräknade regressionslinjen är liten. Korrelationskoefficienten ligger i regel mellan 0.990 och 0.999. Lutningen på linjen anger här det specifika tillskottet från radiatorsystemet endast om inomhustemperaturen är konstant. Skillnaden i radiatoreffekt vid samma utetemperatur, dvs spridningen av mätvärdena, anger också här hur mycket radiatorsystemet reglerat.

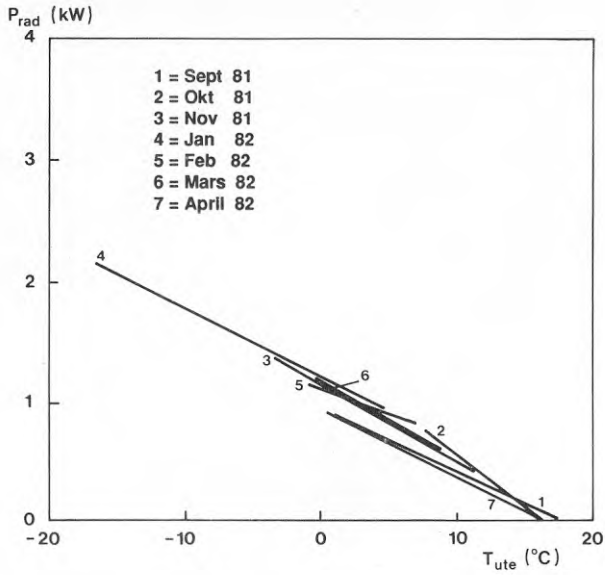


FIG.5.5 Radiatoreffekten för hus A som funktion av utetemperaturen under 1981/82. Endast regressionslinjerna redovisas för respektive period.

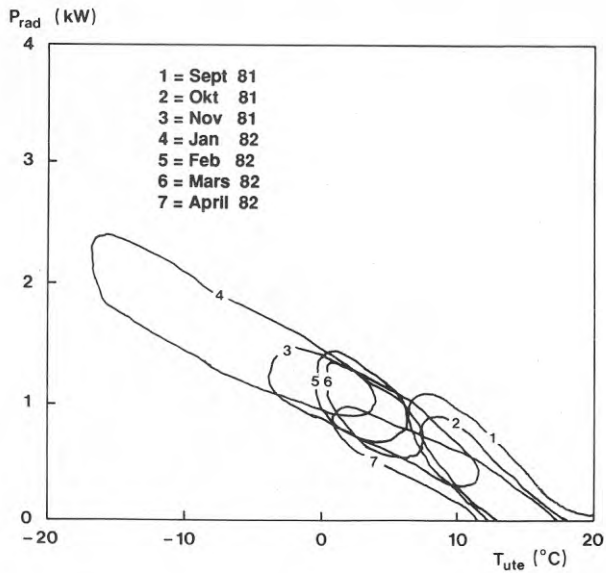


FIG.5.6 Radiatoreffekten för hus A som funktion av utetemperaturen under 1981/82. Endast spridningen av mätvärdena redovisas för respektive period.

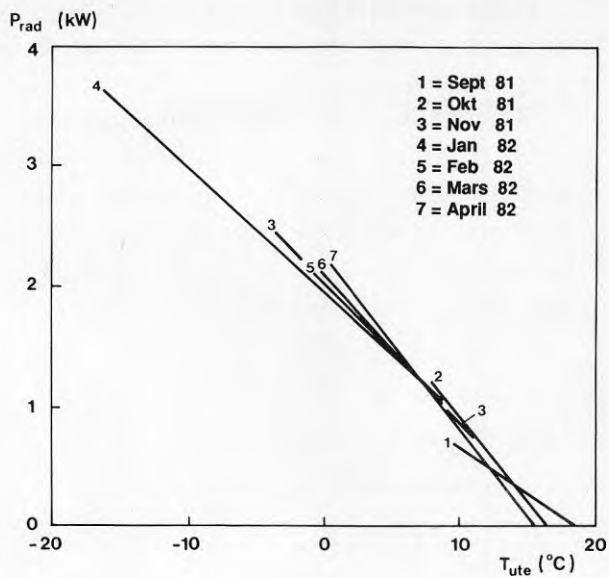


FIG.5.7 Radiatoreffekten för hus B som funktion av utetemperatur under 1981/82. Endast regressionslinjerna redovisas för respektive period.

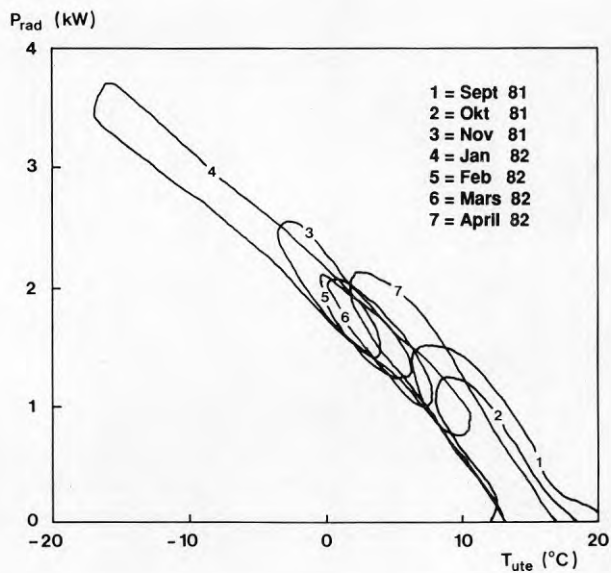


FIG.5.8 Radiatoreffekten för hus B som funktion av utetemperatur under 1981/82. Endast spridningen av mätvärdena redovisas för respektive period.

I FIG.5.1-5.8 redovisades timvärden. I följande figurer redovisas motsvarande dygnsmedelvärden och veckovärden för hus A, gavelhuset med värmerör ovan plattan förlagda i en sockellist. I FIG.5.9 sammanställs dygnsmedelvärden för hela eldningssäsongen, september till maj, för sambandet mellan radiatoreffekten och temperaturskillnaden inne-ute. De parallellförskjutningar av effekten som syntes så tydligt i föregående figurer, kan nu bara anas som en svag s-form på denna figur. Speciellt vid låga temperaturer kommer effekten inte upp i den förväntade.

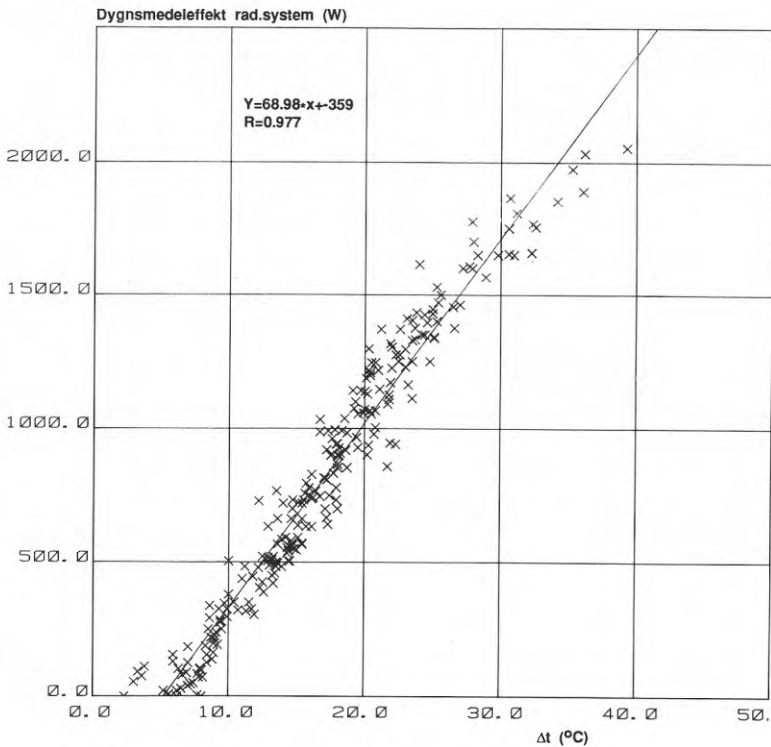


FIG.5.9 Radiatoreffekten som dygnsmedel för hus A som funktion av temperaturskillnaden inne-ute under september 1981 till maj 1982.

Radiatoreffekten som funktion av utetemperaturen visas i FIG. 5.10 för samma eldningssäsong.

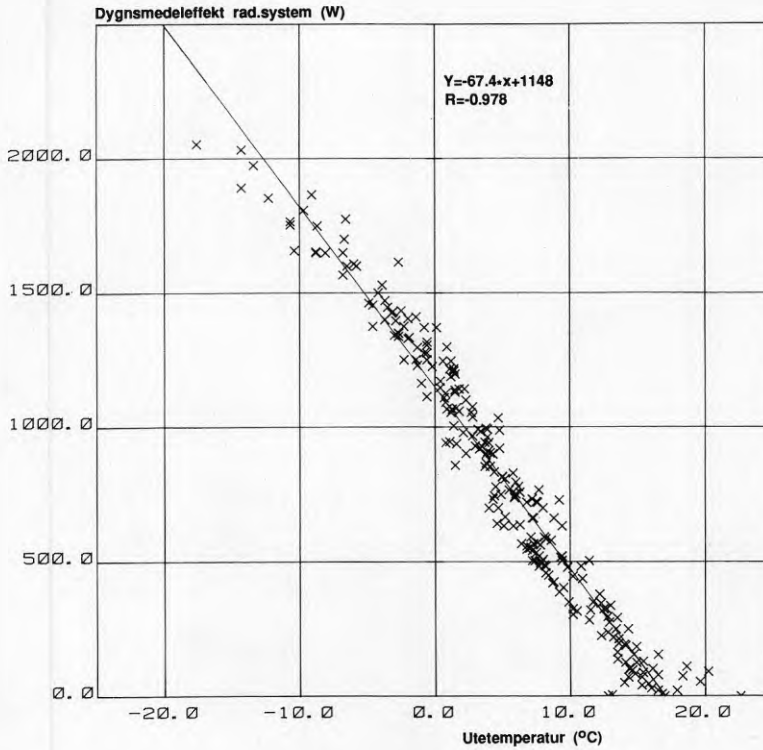


FIG.5.10 Radiatoreffekten som dygnsmedel för hus A som funktion av utetemperaturen under september 1981 till maj 1982.

I FIG.5.11 och 5.12 visas radiatoreffekten i form av veckomedelvärdet för motsvarande period.

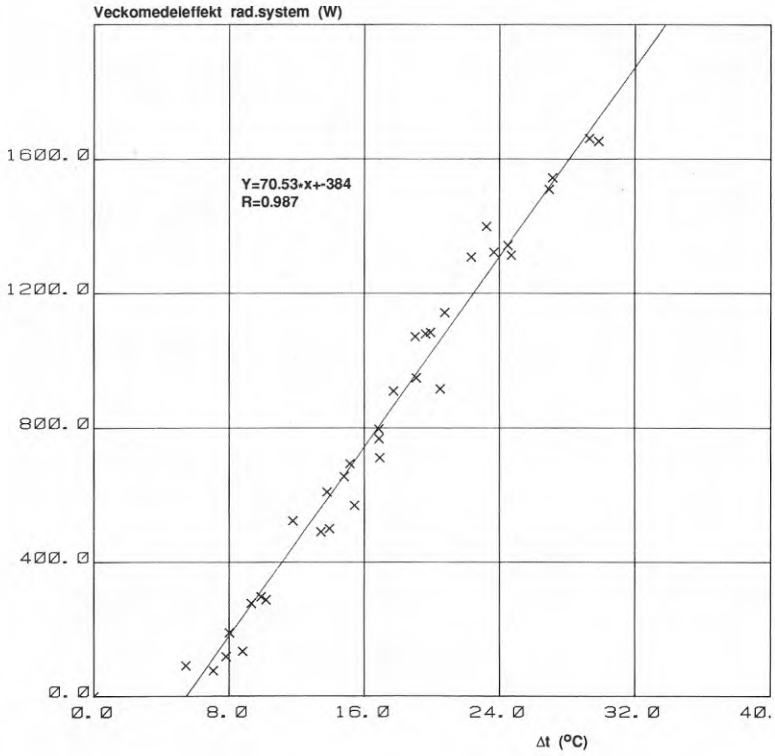


FIG.5.11 Radiatoreffekten som veckomedel för hus A som funktion av temperaturskillnaden inne-ute under september 1981 till maj 1982

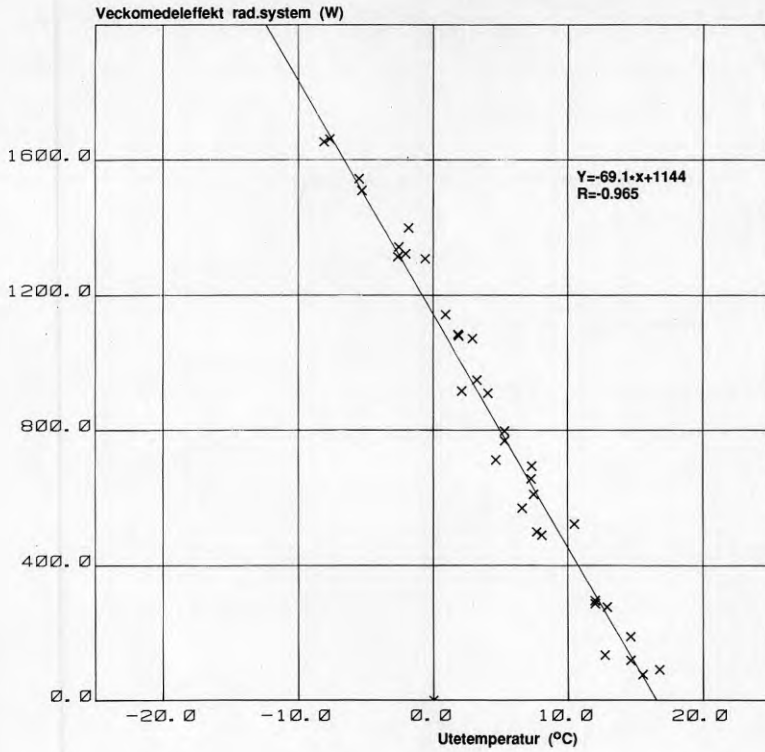


FIG.5.12 Radiatoreffekten som veckomedel för hus A som funktion av utetemperaturen under september 1981 till maj 1982.

Tar man enbart höst-vinter-vår minskar lutningen (specifika tillskottet), och tar man enbart vinter minskar den ytterligare. Dessa samband redovisas också i FIG.5.13. Här redovisas också enbart höst och enbart vår där vi får den största lutningen på linjen. I figuren redovisas också specifika tillskottet (lutningen) för de olika perioderna.

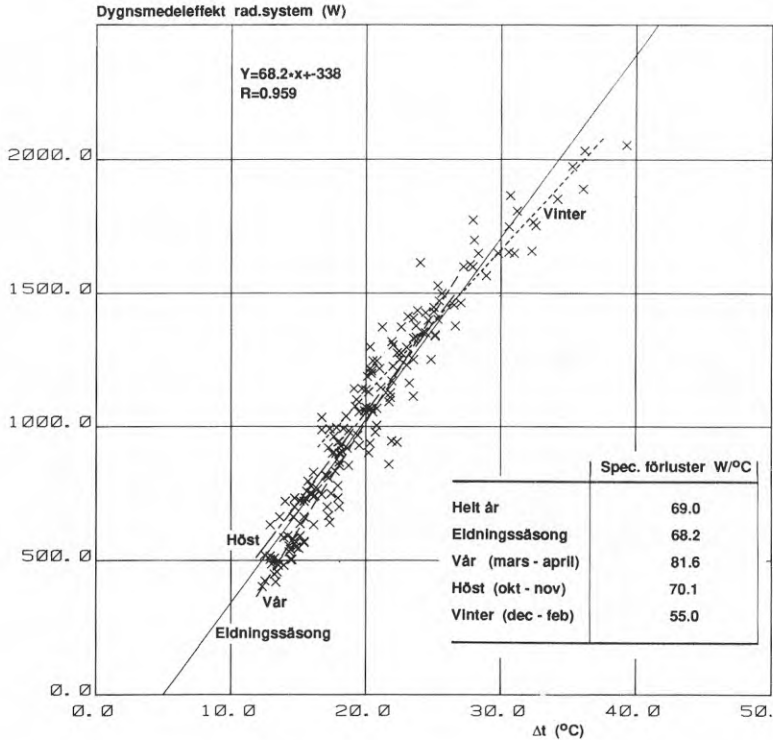


FIG.5.13 Radiatoreffekten som dygnsmedel för hus A som funktion av temperaturskillnaden inne-ute under september 1981 till maj 1982, uppdelat på vår, vinter och höstperiod. Lutningen på linjen redovisas i tabellen för perioderna.

5.3 Avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden

Orsaker till de avvikelser mellan uppmätta och teoretiskt beräknade värden av det specifika tillskottet som vi erhåller och som redovisats i detta kapitel kan sammanfattas enligt:

- Mellanhusen har 10-15% större specifika tillskott än beräknat
- Gavelhusen har ca 30% större specifika tillskott än beräknat
- Olikheterna mellan det ombyggda gavelhuset med modifierat värmesystem och övriga gavelhus är stora
- Skillnader mellan olika hus är relativt stora
- Variationerna i uppmätt specifik effekt varierar över året. Vid låga och höga utetemperaturer mäter vi upp en lägre specifik effekt
- Under vår- och höstperioder med samma utetemperatur krävs genomsnittligt en mindre medeleffekt från radiatorsystemet för att komma upp i samma temperaturskillnad inne-ute

I detta avsnitt skall vi ta upp de parametrar som inte är konstanta över året, och som därmed kan bidra till dessa avvikelser. Först har vi skillnader i gratisenergi över året. Endast om gratisenergin är jämnt fördelad över året kommer specifika tillskottet från radiatorsystemet att vara ett bra mått på den specifika förlusten. De tillskott som varierar över året redovisas i FIG.5.14 samt i TAB.5.4 med efterföljande kommentarer

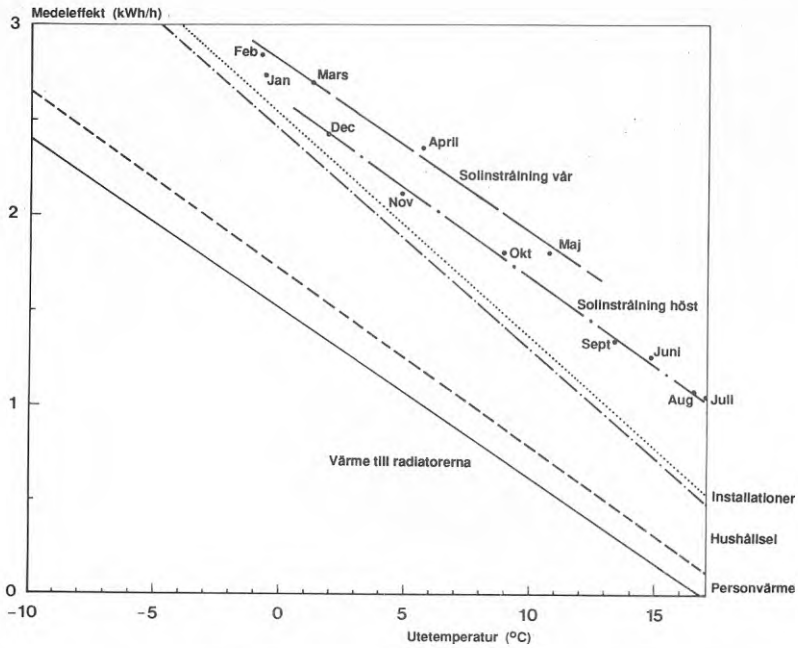


FIG.5.14 Radhusets värmertilskott i form av radiatorenergi och olika gratisenergitilskott som funktion av utetempera-
turen

TAB.5.4 Energitilskott som varierar under året

	Tillgänglig dygnsmedeleffekt, W		Lutning, W/°C
	vid -10°C	vid +17°C	
Radiatorvärme	2400	0	89
Personvärme	250	125	4.5
Hushållsel	650	350	11
Installationer	80	40	1.5
Solinstrålning;			
vår	ca 300	ca 750	ca -1.5
höst	ca 50	ca 500	ca -17

- Solinstrålning

Beräkningar har utförts av mängden solinstrålning, baserat på uppmätt direkt och diffus solstrålning och redovisas i avsnitt 6.3. Vi kan konstatera att den tillgängliga energin, beräknat med BKL-metoden och 100% utnyttjande, varierar mellan 101-540 W i genomsnitt under årets månader. Detta innebär att lutningen på effekt/ Δt minskar med i storleksordningen $-15 \text{ W}/^\circ\text{C}$.

- Hushållsel

Hushållselen och dess användning varierar över året. Man använder mer hushållsel under vintern genom t ex ökad belysning, man är mer inomhus, torkar tvätt inne mm. Som framgår av avsnitt 4.5, FIG.4.17, finns ett klart samband mellan hushållsel och utetemperatur. För medelhuset har man ett temperaturberoende på $11 \text{ W}/^\circ\text{C}$ och för de radhus där man har den minsta variationen över året uppgår den ändå i genomsnitt till $+7 \text{ W}/^\circ\text{C}$.

- Personvärme

Man kan anta att personvärmens fördelning över året har stora likheter med hushållselens fördelning över året. Antas att en familj med fyra personer (ca 350 W) vistas inne dubbelt så mycket under vintern som på sommaren (6 resp 3 kWh/dygn), ökar "temperaturberoendet" på personvärmens ca $+3 \text{ W}/^\circ\text{C}$.

- Installationer

De värmerör som finns i vindsbjälklaget kommer att ge varierande mängd värme över året. Varmvatten- och vvc-ledningar avger hela året totalt ca 85 W/radhus, varav kanske hälften avges till huset. Under vintern tillkommer värmeförluster från radiatorsystemet, se avsnitt 4.2. Man kommer som mest upp i ca 160 W/radhus, varav kanske hälften avges till huset. Temperaturberoendet för värmeavgivningen från installationerna blir därmed ca $+1 \text{ W}/^\circ\text{C}$, om man antar ca 40 W sommartid och max ca 80 W vintertid.

Liksom det finns tillskott som varierar över året finns det också förluster som varierar över året. De varierar inte alltid beroende på utetemperaturer och kan därmed ge upphov till skillnader i specifika förluster. Dessa förluster är:

- Varierande mekanisk ventilation

Vid mycket låga utetemperaturer utnyttjar många möjligheten att reducera varvtalet på fläktarna, och därmed minska luftmängden genom ventilationssystemet. Den minskade förlust som detta ger upphov till uppträder endast vid låga utetemperaturer. Den ger då en reducerad lutning på kurvan på ca $-7 \text{ W/}^\circ\text{C}$, vid en reducerad luftomsättning från 0.5 till 0.3 oms/h.

- Vädring

Genom att studera vädringsfrekvensen för några radhus kan man se att man vädrar mindre vid låga utetemperaturer. Vi har inget begrepp om vilka luftomsättningar, och därmed energi- och effektförluster, vädringen ger upphov till. Antar man att vädringen ökar linjärt med ökande utetemperatur (t ex 0 oms/h vid $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ och 1 oms/h vid $+20 \text{ }^\circ\text{C}$), kommer effektförlusten inte att bli linjär, utan att bli störst vid relativt varma utetemperaturer. Vi väljer att inte sätta någon siffra på vädringsförlusternas storlek, men vi kan konstatera att just vädringen är det enda sättet för de boende att reglera temperaturnivån. Vädringen kommer därför i praktiken att bli en restpost. Den utgör den parameter, som genom beteendet avpassas så att förlusterna kommer upp i nivå med de gratisvärmetskott som annars hade gett upphov till oönskade övertemperaturer inomhus.

- Förändringar i temperatur inom rummet

Vintertid kommer man att få temperaturgradienter inom rummet som gör att den rumstemperatur vi mäter kan vara ett dåligt mått på förlusterna genom olika byggnadsdelar. I huset med modifierat uppvärmningssystem kommer golvtemperaturen att t ex avvika avsevärt från vår uppmätta rumstemperatur, och därmed ge upphov till minskade transmissionsförluster.

- Förändringar i rumstemperatur inom huset

Även temperaturskillnader inom radhuset är möjliga att uppnå vintertid, t ex svalare i sovrummen, något som inte avspeglas i de

veckomedeltemperaturer som vi registrerar i de flesta husen. Detta gör att de temperaturberoende förlusterna kan överskattas vintertid.

- Minskade förluster vid solinstrålning

Vid solbelysning kommer ytterväggar och takkonstruktion att värmas upp till temperaturnivåer som vida överstiger utetemperaturer. Transmissionsförlusterna kommer härigenom att reduceras.

- Ökade förluster genom bottenplattan

Genom de oisolerade rören i bottenplattans ytterkant kommer dels temperaturnivån på golvet som helhet att ligga flera grader över rumstemperaturen vintertid, dels kommer man partiellt upp i mycket höga temperaturer på kantbalken. Detta kommer att innebära kraftigt ökande transmissionsförluster, speciellt för gavelhusen. Genom modifieringen av ett gavelhus kunde förlusterna reduceras med 2000-3000 kWh/år.

- Stor termisk tröghet påverkar förluster genom golvet

I de enkla beräkningar av transmissionsförlusterna som inledde detta kapitel, analyseras dessa vid stationära förhållanden. Detta gäller med god approximation för t ex ett fönster där den termiska trögheten är försumbar. Förlusterna genom golvet är däremot förhållandevis oberoende av snabba förändringar i utetemperaturer. Detta gör att under perioder med kraftiga temperaturvariationer, som t ex vid mycket låga utetemperaturer och under våren, kommer inte värmeförlusterna från bottenplattan att variera i takt med dygnsvariationerna av utetemperaturer. Vid det förenklade antagandet om stationära förhållanden ökar beräkningsmässigt transmissionsförlusterna genom bottenplattan. I praktiken ökar inte förlusterna, åtminstone inte på kort sikt. Detta fenomen resulterar vid en redovisning av effekt som funktion av temperaturskillnad mellan ute och inne i ett samband med en svag s-form.

Som synes finns det en rad faktorer som kan påverka det specifika värmestillskottet till husen. Den fråga som vi vill ha svar på är om det specifika tillskottet från enbart värmesystemet också är ett mått på byggnadens specifika förluster. Det finns på gratisvärmesidan faktorer som både ökar och minskar lutningen (= specifika tillskottet). Användningen av hushållsel ger t ex en ökning

vid låga utetemperaturer, och solinstrålning ger en ökning vid låga temperaturer. Analogt med detta finns inverkan av t ex vädring och svårbedömda förluster genom den varma bottenplattan på förlustsidan. Det 10-15% större tillskottet, jämfört med den teoretiska förlusten, är litet i absoluta siffror. Det är inte meningsfullt att försöka peka på någon enskild faktor som ensamt kan förklara avvikelserna.

Vår slutsats blir ändå att det uppmätta specifika tillskottet från radiatorsystemet också är ett bra mått på den specifika förlusten. Det är ju så att man i de olika husen har en relativt jämn temperaturnivå över året, även om den skiljer sig mellan olika radhus. Vi gör bedömningen att merparten av gratisvärmerna är relativt jämnt fördelad över eldningssäsongen. Solinstrålningen utgör ett undantag, men den bristfälliga regleringen leder troligen till att de boende kompenserar detta med ökad vädring under soliga perioder. De obefintliga regleregenskaperna är i detta sammanhang en fördel, eftersom radiatorenergin är oberoende av både innetemperatur och gratisenergi. Härigenom ger förhållandet radiatorenergi/ Δt ett mått på byggnadens specifika förluster.

Den stora skillnaden mellan beräknad och uppmätt förlust för gavelhusen beror troligen på brister i det beräknade värdet. Man har troligen de stora specifika förluster som avspeglas i mätningarna, och detta beror på den kraftigt ökade värmeförlusten genom den varma bottenplattan. Ser man på det ombyggda gavelhuset ligger man i nivå med det beräknade värdet med det modifierade systemet. För elalternativet kommer man under det beräknade värdet, troligen som en följd av gratisvärmeutnyttjandet, och att man med elvärmerna kan utnyttja byggnadens dynamik.

6 VÄRMESYSTEMETS FUNKTION

Sammanfattning värme

Projektet har efter hand tenderat att handla mindre om byggnaden och mer om dess installationer efterhand som vi förstått installationernas avgörande betydelse för energianvändningen. Det vattenburna värmesystemet i Valdemarsrohusen är behäftat med flera allvarliga brister. Förutom projekteringsmissar, gör ingjutningen av de oisolerade värmerören i betongplattan att reglerförmågan blir obefintlig. Man har ingen möjlighet att utnyttja gratisvärme i den omfattning som var en förutsättning för låg energiförbrukning. Det är nästan uteslutande utetemperaturen som avgör hur mycket värme som huset förbrukar och inte tillgången till gratisvärme. Genom injustering inom varje hus kan man delvis utnyttja de gratisvärmeposter som är konstanta över året, men i övrigt utnyttjas de endast för att höja inomhustemperaturen.

Värmesystemet är trots bristerna att betrakta som ett konventionellt system. Uppbyggnaden och den bristande funktionen återfinns i flera av de mätprojekt som institutionen tidigare arbetat med.

6.1 Uppbyggnad

Från den gemensamma fjärrvärmeundercentralen distribueras värme och varmvatten via kulvertar ut till de olika radhuslängorna. I ett av radhusen inom varje länga går värmerören i ett schakt upp till vindsbjälklaget, där rören placerats under vindsisoleringen.

Värme- och varmvattenledningar är nerdragna i varje radhus till klädkammaren på ovanvåningen, där mätning och fördelning av värme och varmvatten sker till respektive radhus. Värmesystemet delas upp i två ettrörsslingor, en för varje våningsplan - se FIG.6.1. Samtliga värme- och varmvattenledningar inom huset är oisolerade, bortsett från de synliga ledningarna i klädkammaren. Slingan för övre planet är förlagd i mellanbjälklaget och bottenvåningens slinga är i huvudsak förlagd längs ytterväggarna och ingjuten i bottenbjälklaget.

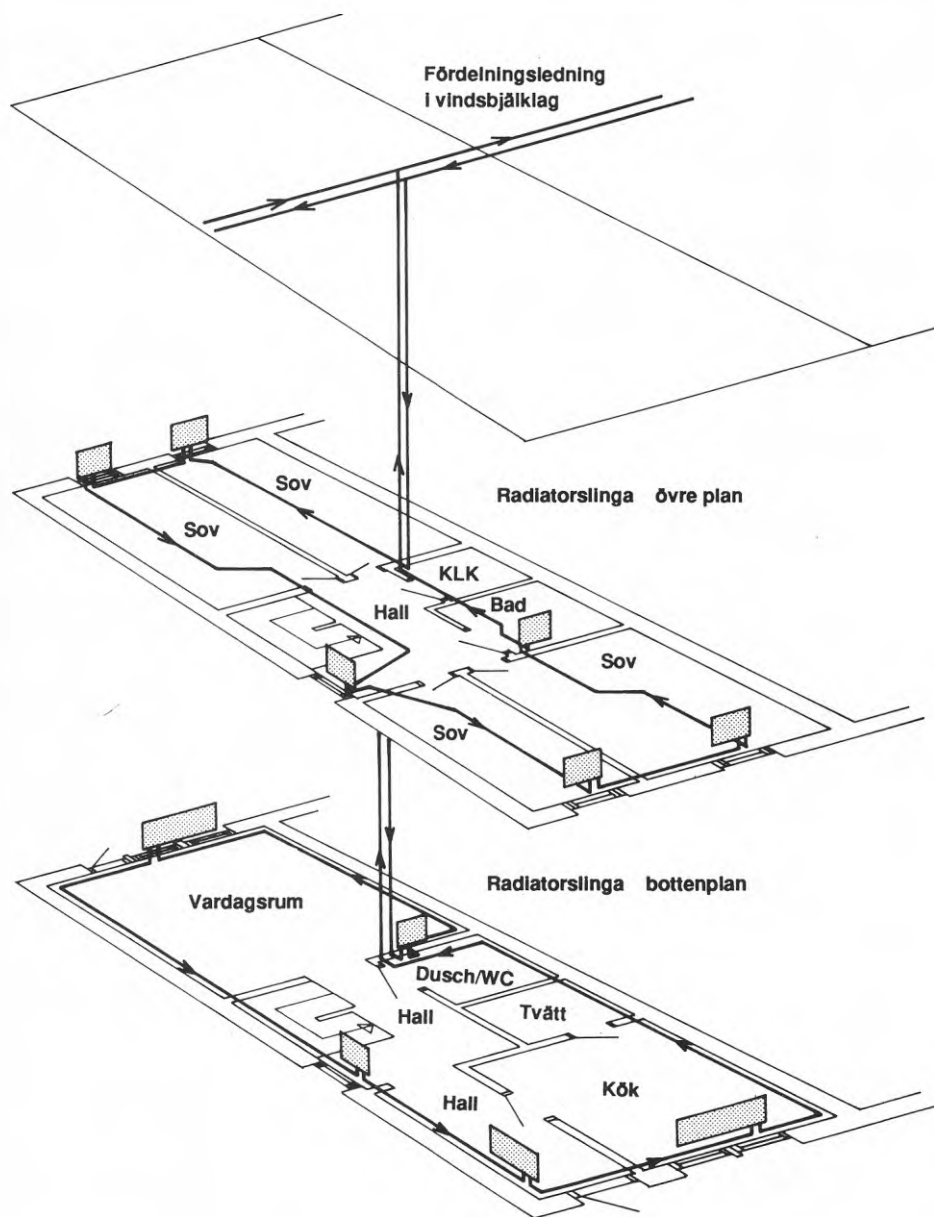


FIG.6.1 Radiatorsystemet inom ett radhus, principiell uppbyggnad

Samtliga radhus matas med värmevatten av samma temperatur genom shuntning i en gemensam shuntgrupp. Inställning av den så kallade reglerkurvan, som anger förhållandet mellan framledningstemperatur och utetemperatur, sker centralt. Den individuella regleringen inom varje radhus är tänkt att ske genom termostatventiler. Dessa reglerar hur mycket vatten som skall gå genom radiatorn.

6.2 Mätresultat - värmesystemets funktion

I detta avsnitt redovisas översiktligt resultaten av timmätningarna som skett på värmesystemet. I följande avsnitt i detta kapitel redovisas orsakerna närmare, varför resultaten endast beskrivs översiktligt i detta avsnitt.

I föregående avsnitt beskrevs värmesystemets uppbyggnad. Värmesystemets reglering består i en utekompensering, där en temperaturgivare på utsidan mäter utetemperaturen. Via en reglercentral regleras den önskade temperaturen in på det vatten som pumpas ut till radiatorerna. Denna temperatur kallas framledningstemperatur. Alla hus får härigenom samma framledningstemperatur vid samma utetemperatur. Om behovet av värme är litet i ett hus, är tanken att termostatventilerna på radiatorerna skall stänga av. Vattnet skulle då lämna huset utan att kylas av så mycket. Detta har genom de oisolerade rören i bjälklagen inte fungerat som avsett eftersom värmen i stället tillförs betongplattan.

Framledningstemperaturen ställs in på reglercentralen så att man vid en viss utetemperatur erhåller en viss framledningstemperatur. Detta förhållande är normalt linjärt eller nästan linjärt. I FIG.6.2 redovisas den efter ett år slutligt inställda reglerkurvan, eller förhållandet mellan framlednings- och utetemperatur. Figuren visar timvisa mätningar under en eldningsäsong. Som synes är reglerkurvan svagt böjd. Framledningstemperaturen vid ca 0 °C ute blir ca 47 °C, och värmesystemet levererar ingen värme över utetemperaturer på ca 16 °C. Vid dimensionerande lägsta utetemperatur levereras vatten med ca 65 °C temperatur. Eftersom radiatorsystemet är ett lågtemperatursystem, som är tänkt att lämna full effekt redan vid 55 °C framledningstemperatur, skulle man alltså klara sig med denna lägre temperatur.

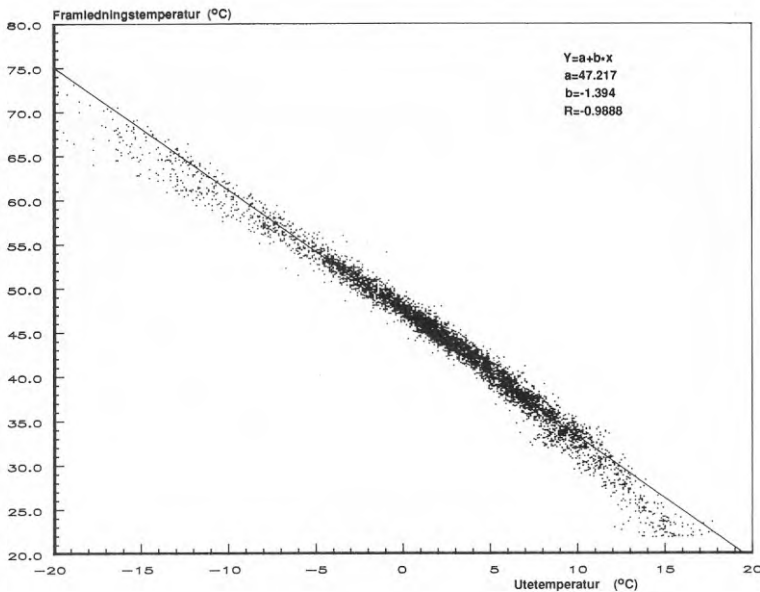


FIG.6.2 Inställd reglerkurva - framledningstemperaturen som funktion av utetemperaturen timvis under en eldningsäsong.

Flödet av vatten i värmeystemet är i stort sett konstant över tiden, oavsett om radiatortermostatventilerna är öppna eller stängda. Detta åskådliggörs i FIG.6.3 som visar flödet i undercentralen under en januarivecka. Flödet ligger på ca $3 \text{ m}^3/\text{h}$, eller i genomsnitt ca 100 l/h och radhus. Vid injusteringar i enskilda radhus och vid spolning av gemensamt smutsfilter kan större förändringar ske av flödet, se vidare kapitel 4.

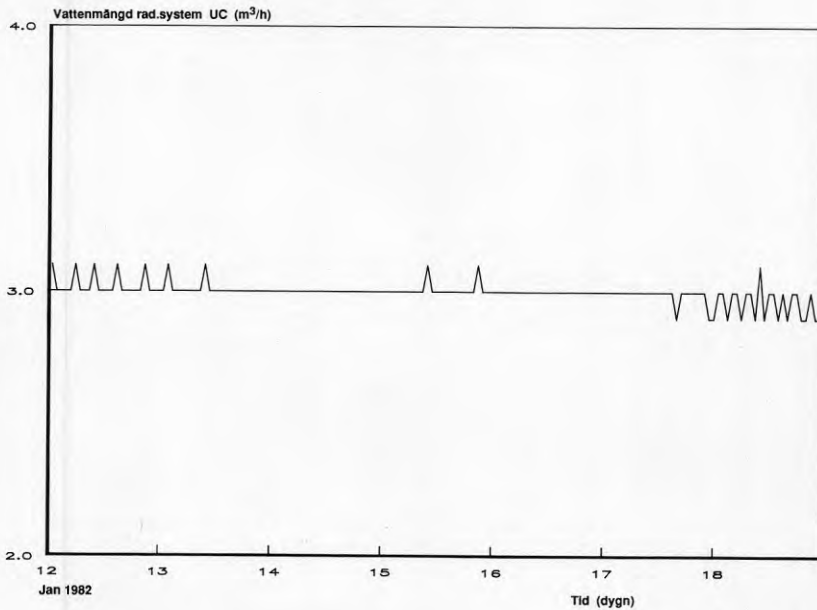


FIG.6.3 Vattenflödet genom radiatorsystemet inom undercentralen timvis under en vecka i januari

På grund av de oisolerade rören i bjälklagen lämnar värmevattnet av sin värme till husen, oavsett om radiatorerna är "av" eller "på". Den injusterade vattenmängden för varje radhus och framledningstemperaturen är nästan helt avgörande för hur stor effekt husets värmesystem avger. I FIG.6.4 redovisas radiatoreffektens beroende av utetemperaturen timvis under 4 dagar för hus A. Dels redovisas det normala utförandet, dels sedan värmesystemet i detta hus blivit modifierat genom att alla rör förlagda i betongbjälklaget byttes ut. Spridningen på mätvärdena visar hur mycket

värmesystemet reglerat, eller som i detta fall, inte reglerat värmemängden. Värmeavgivningen beror alltså på aktuell utetemperatur, inte på det aktuella behovet av värme inne i huset. Reglerförmågan har inte märkbart förändrats efter ombyggnaden, även om huset använder betydligt mindre värme.

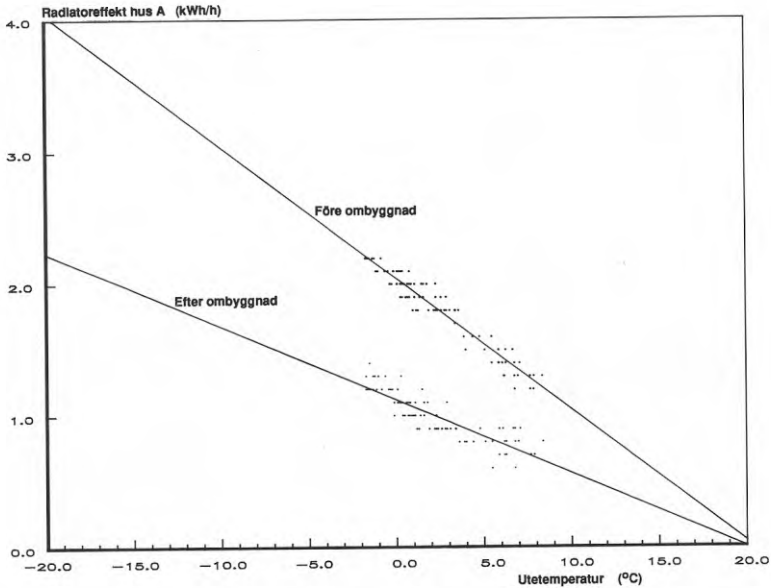


FIG.6.4 Radiatoreffekten timvis för hus A under två perioder om 4 dygn, dels med ursprungligt värmesystem, dels med modifierat värmesystem.

Följden av ombyggnaden blev att betongplattan inte längre värmdes upp direkt via värmerören, utan indirekt via rumsluften. Detta framgår av FIG.6.5 som visar temperaturen på köksgolvet en vecka före till 12 dagar efter ombyggnaden som skedde dygn 400. Från att ha varit ca 27 °C 0.3 m från yttervägg och 24-25 °C på resten av golvet före ombyggnaden, sänktes temperaturen till ca 17 °C vid 0.3 m från yttervägg och 19-21 °C på övriga golvet. Efter ombyggnad har man en mer "normal" temperaturprofil, med kallt golv vid yttervägg och något varmare i övrigt, jämfört med omvända förhållandet före ombyggnaden.

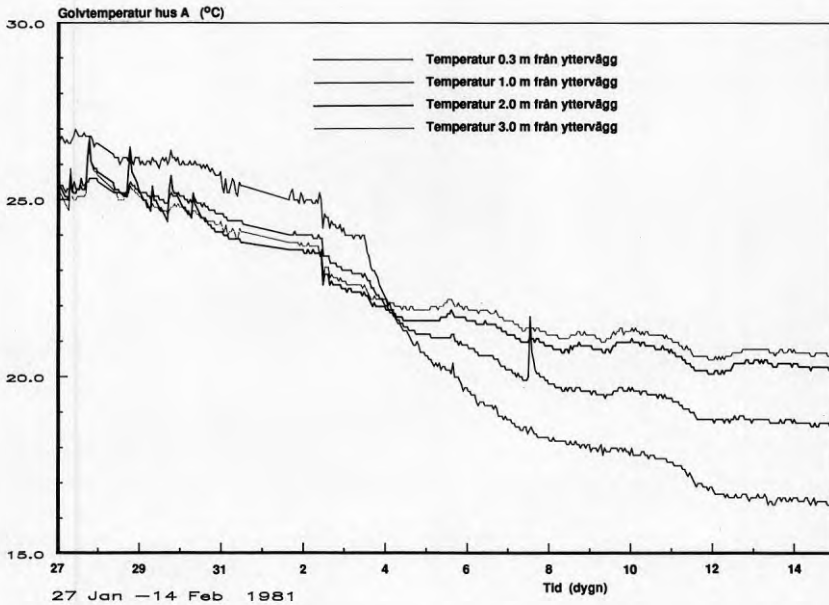


FIG.6.5 Golvtemperaturen i köket hus A under 18 dagar i samband med övergången till det modifierade värmesystemet

FIG.6.6 redovisar radiator-effekten under två dagar (9-10/3) för 7 st radhus, dels vårt ombyggda gavelradhus A, dels ett normalt gavelradhus B samt för fem mellanliggande radhus C-G. Det framgår tydligt av figuren att mellanhusen använder lika mycket energi, och detta oberoende av innetemperatur och aktuellt behov. Det icke ombyggda gavelhuset använder betydligt mer energi beroende på den längre avkylande yttergolvytan där värmerören ligger. Det ombyggda gavelradhuset använder minst energi för uppvärmning.

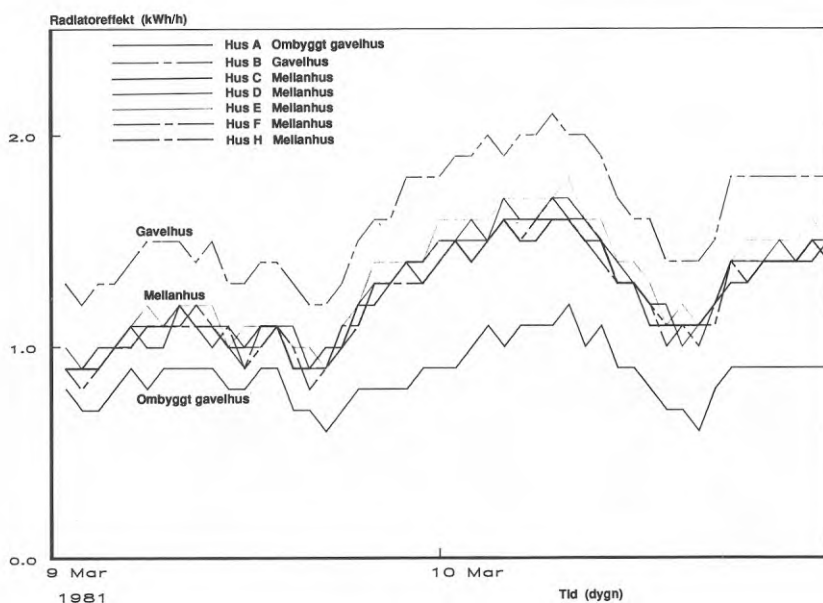


FIG.6.6 Radiatoreffekten timvis under 9-10/3 för 7 st radhus

I FIG.6.7 är radiatoreffekterna från föregående FIG.6.6 plottade mot utetemperaturen. Endast regressionslinjerna är utritade. Samtliga mellanliggande radhus ligger väl samlade.

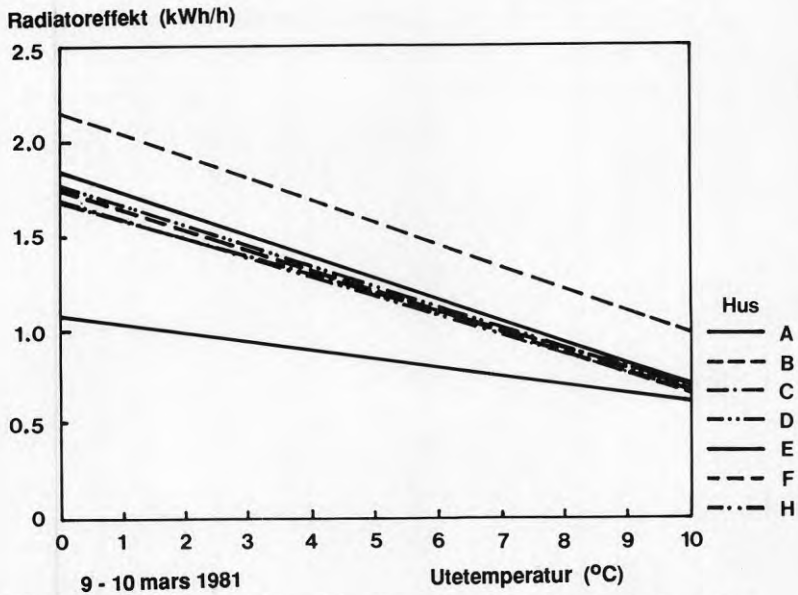


FIG.6.7 Radiatoreffekten timvis under 9-10/3 för 7 st radhus som funktion av utetemperaturen

Inomhustemperaturerna för de sju husen redovisas i FIG.6.8 för de två aktuella dagarna. Temperaturerna i de olika husen uppvisar likartade variationer, men de ligger på olika nivåer med upp till 3 °C skillnad. Temperaturuppgången till följd av sol syns tydligt mitt på dagen, liksom kvällshöjningen främst under den 10/3. Lägg märke till att man trots mycket varierande inomhustemperaturer, inte i FIG.6.7 kan spåra någon variation i effekten. Detta beror på att utetemperaturen (egentligen framledningstemperaturen som är starkt kopplad till utetemperaturen) styr radiatoreffekten. Innetemperaturen och det aktuella värmebehovet styr alltså inte radiatoreffekten vilket hade varit önskvärt.

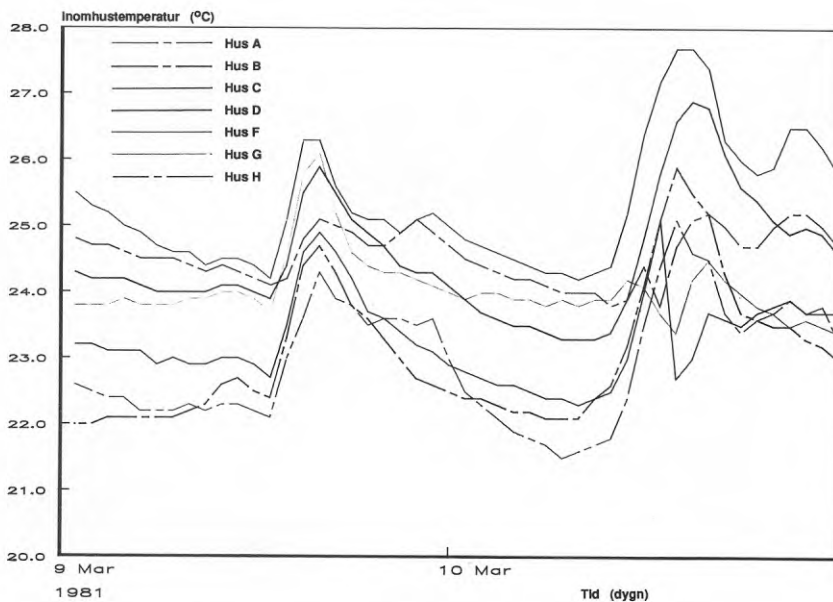


FIG.6.8 Inomhustemperaturen timvis under 9-10/3 för 7 st radhus

Det år som gavelhuset A tillfälligt försågs med direktverkande elradiatorer använde detta hus i storleksordningen hälften av uppvärmningsenergin jämfört med det ombyggda vattenburna systemet, se kapitel 4. Uppvärmningseffekten har inget direkt beroende av utetemperaturer vid direktel, åtminstone under kortare perioder, utan varierar mer beroende på det aktuella värmebehovet inomhus beroende på relativt god reglering. Under perioder med måttligt varierande utetemperaturer får man inget samband alls med utetemperaturer. I FIG.6.9 redovisas uppvärmningseffektens beroende av utetemperaturer under en vecka i mars 1983, dels för det eluppvärmda hus A, dels för gavelhus B och mellanhus C som båda har kvar sitt vattenburna system.

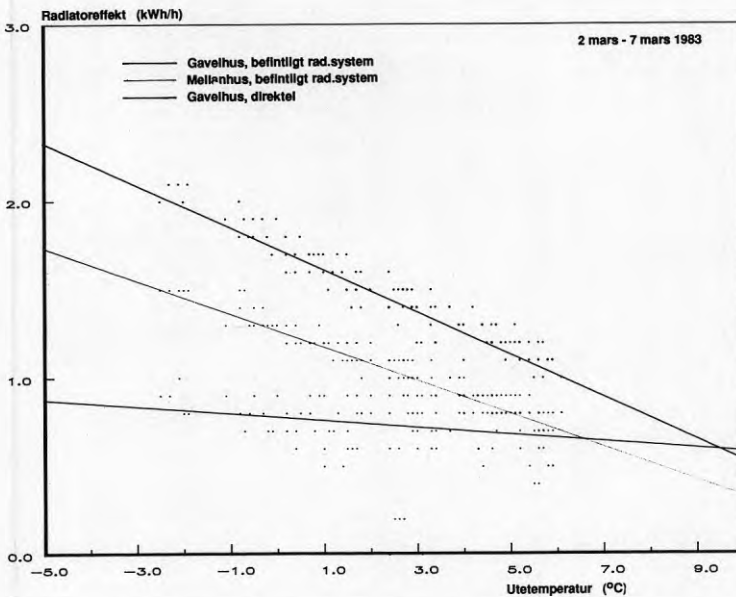


FIG.6.9 Radiatoreffekten timvis under 9-10/3 som funktion av utetemperaturer för gavelhus A med elvärme samt gavelhus B och mellanhus C med ursprungligt värmesystem.

Problemet med det oönskade temperaturfallet i värmerören i golven kan åskådliggöras på olika sätt. I avsnitt 6.4 visas temperaturfallen i de båda slingorna på botten- och övre plan för radhus A. I FIG.6.10a redovisas temperaturerna före och efter radiatorerna för slingan på bottenvåningen, och tilllops- och returtemperaturerna för 8 dagar i november 1980, före systemet blivit modifierat. De breda fälten är temperaturfallet över radiatorerna, och övriga ytor är det oönskade temperaturfallet i värmerören mellan radiatorerna som alltså ligger i betongplattan. Man ser att slingan tappar nästan all värme i rören och att temperaturfallet är störst i början på slingan. Radiatortermostaterna har uppenbarligen stängt, men värmesystemet lämnar ändå ifrån sig relativt mycket värme i form av rörförluster. Efter att systemet blivit ombyggt genom att nya värmerör förlagts i en sockellist minskar förlusterna från rören. Detta åskådliggörs i FIG.6.10b, och nu uppvisar denna slinga stora likheter med ovanvåningens slinga. Den del av slingan på ca 1.5 m som dock ligger kvar i betongen efter ombyggnaden, fortsätter att värma golvet. Efter ombyggnaden försvinner 20-30% av slingans värme på dessa 1.5 m trots att längden bara motsvarar ca 4% av slingans längd.

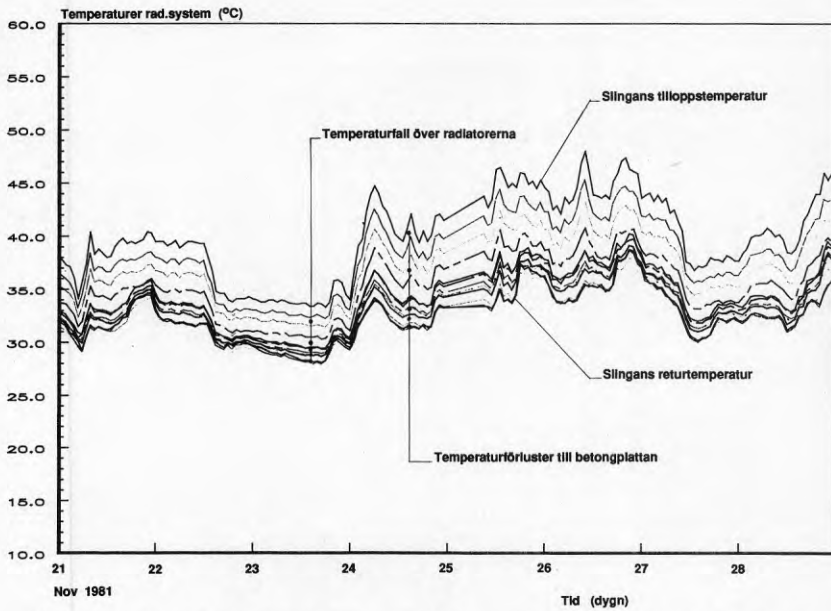
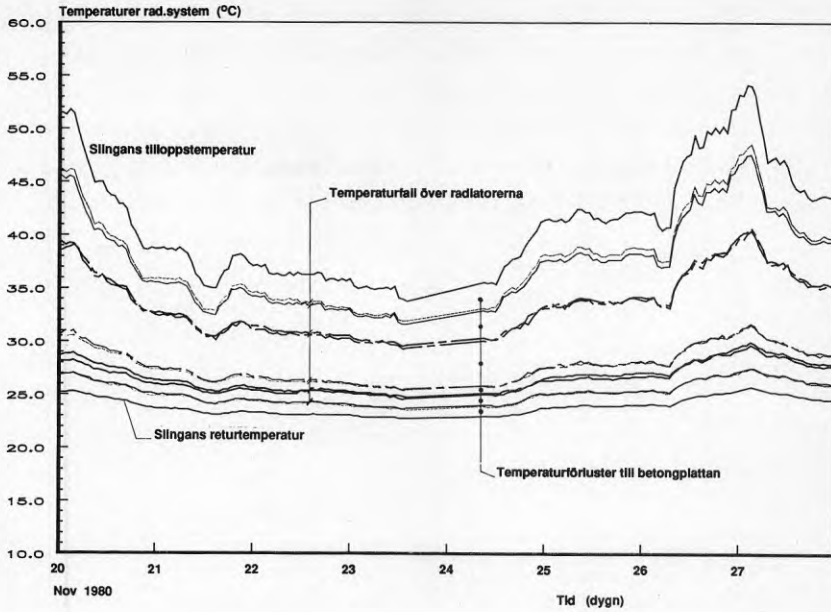


FIG.6.10 Temperaturer före och efter radiatorerna för radiator-slingan på bottenvåningen hus A under 8 dagar i november 1980

- a) före modifiering av värmesystemet
- b) efter modifiering av värmesystemet

Motsvarande temperaturer för slingan på övre plan visas i FIG. 6.11. Här är dels temperaturfallet över radiatorerna mer framträdande och dels är temperaturförlusterna från rören mindre. Denna slinga fungerar alltså bättre i det avseendet att värmen huvudsakligen kommer från radiatorerna. Temperaturfallet i denna slinga är betydligt mindre än på bottenvåningen före ombyggnad.

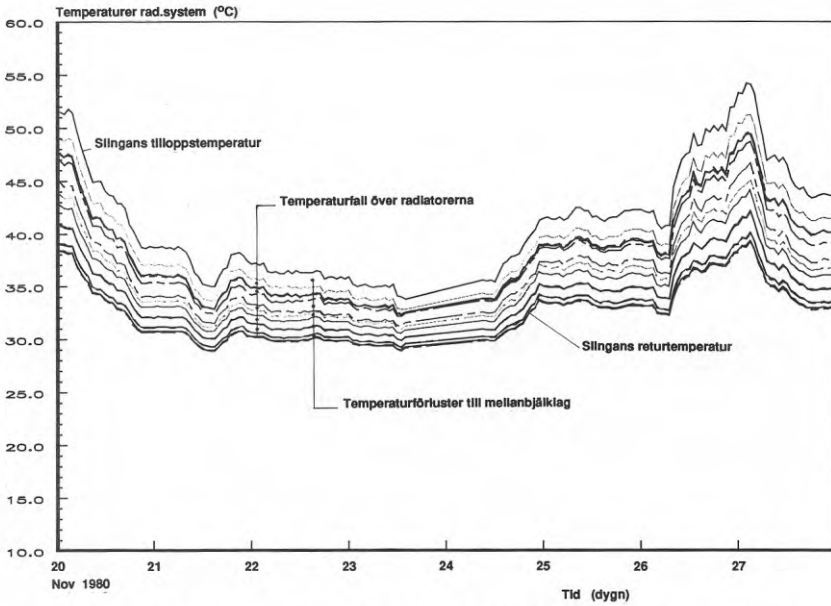


FIG.6.11 Temperatur före och efter radiatorerna för radiator-slingan på ovanvåningen hus A under 8 dagar i november 1980.

I FIG.6.12 kan man studera hur den gemensamma returtemperaturen från slingorna beror på framledningstemperaturen. Figuren visar timvisa mätningar från eldningssäsongen 81/83. Den inritade linjen i figurerna visar var man legat om man inte haft något temperaturfall alls i slingorna. Övre avgränsningen av mätpunkterna visar det temperaturfall som är oundvikligt på grund av förlusterna från rör och armaturer. Avgränsningen nedåt visar det maximala uttaget man haft under året. Som synes har man i bästa fall reglerat ca 50% av det totala värmeuttaget.

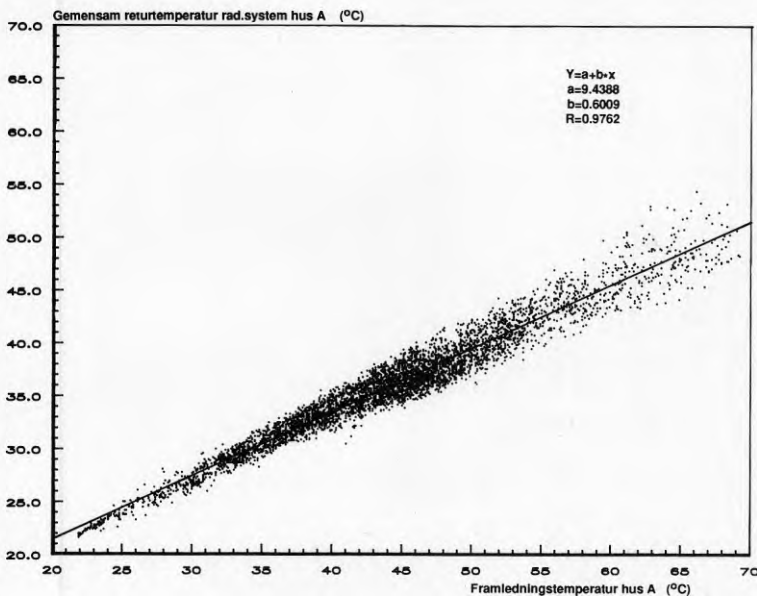


FIG.6.12 Returtemperaturen värmesystemet hus A som funktion av framledningstemperaturen timvis under eldningssäsongen 1981/82.

Vi har redan konstaterat att värmesystemets reglerförmåga är dålig, och att man i de enskilda radhusen normalt inte kan påverka sin värmeförbrukning. Genom att man i praktiken har ett "golvvärmsystem", kan man tänka sig att en viss reglering sker då rumsluften värms upp. När rummets temperatur kommer i nivå med golvet värms inte rummet längre av golvet. I det rad-

hus som har ett ombyggt radiatorsystem, i stort sett utan värmehöjningsrör i betong, fungerar värmesystemet som ett konventionellt vattenburet system liksom de som byggs idag. Det är därför intressant att studera dess reglerförmåga. Utgångspunkten är förhållandet mellan radiator effekt och utetemperatur, som visas timvis för hus A under en eldningssäsong i FIG.6.13. Mätpunkternas spridning i vertikallängd på ca ± 400 W från regressionslinjen utgör reglerförmågan. Genom att ur denna figur hämta avvikelserna timvis, och studera sambandet med andra parametrar kan man se vad som får värmesystemet att öppna eller stänga. Är till exempel hög vindhastighet orsak till att man använder 1.6 kW vid 0°C utetemperatur, och är solinstrålning orsak till att man vid samma utetemperatur ibland endast använder ca 0.8 kW?

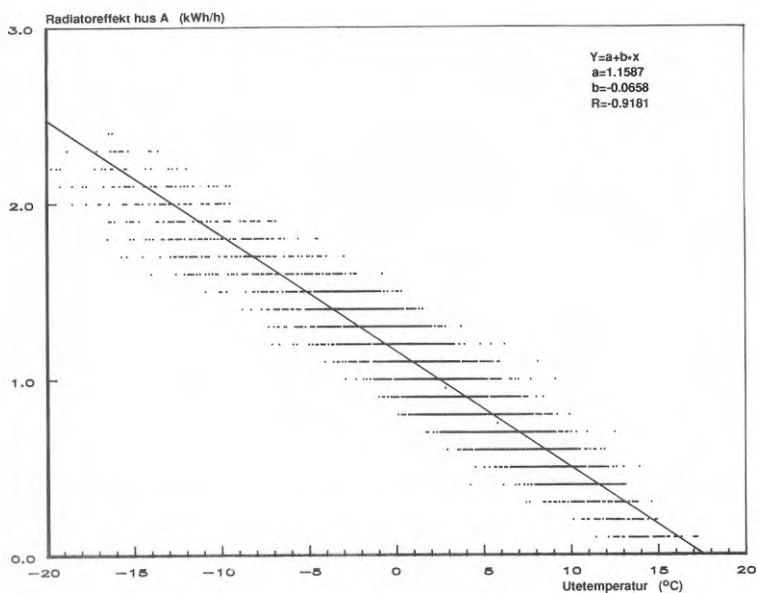


FIG.6.13 Radiator effekten som funktion av utetemperaturen timvis för hus A under eldningssäsongen 1981/82.

I FIG.6.14 visas sambandet mellan avvikelsen från regressionslinjen från FIG.6.13 och solinstrålningen mot horisontell yta. Även om det matematiska sambandet är mycket svagt kan man tolka figuren så att man vid solinstrålning använder mindre värme än utan solinstrålning. Vid solinstrålning över ca 400 W/m^2 ligger nästan alla mätvärden under 0.

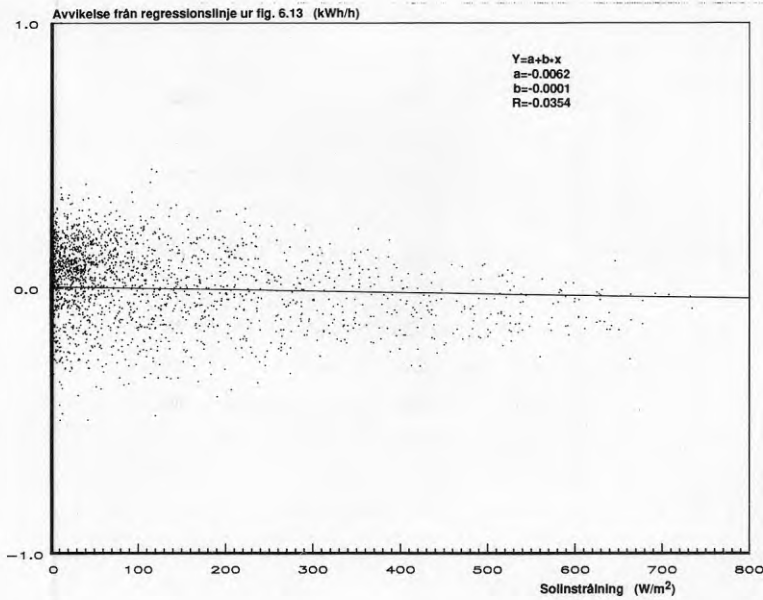


FIG.6.14 Avvikelsen i y-led (skillnad i radiator effekt) från FIG.6.13 som funktion av solstrålningen

I FIG.6.15 visas sambandet mellan avvikelsen från regressionslinjen från FIG.6.13 och vindhastigheten. Även här är det matematiska sambandet mycket svagt, och det går inte av figurens utseende att påvisa att man använder mer värme vid höga vindhastigheter.

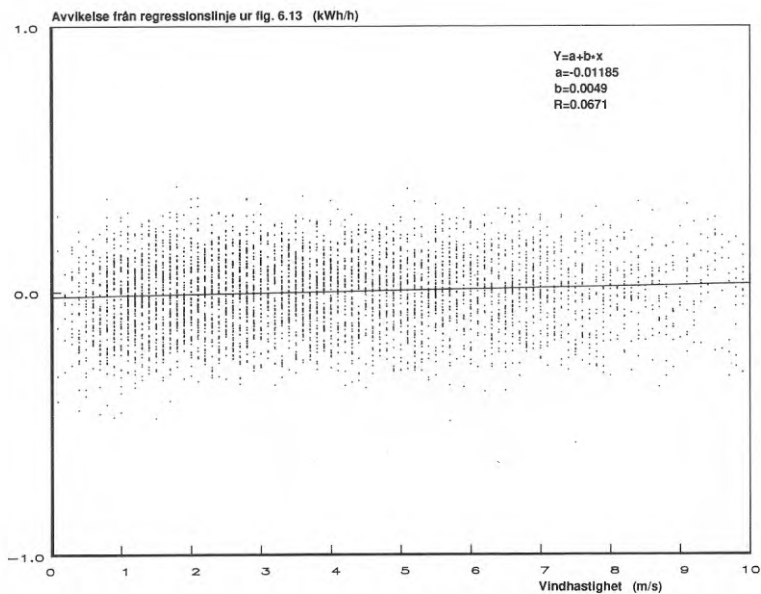


FIG.6.15 Avvikelsen i y-led (skillnad i radiatoreffekt) från FIG.6.13 som funktion av vindhastigheten

I FIG.6.16 visas sambandet mellan avvikelsen från regressionslinjen från FIG.6.13 och medeltemperaturen inomhus. Vid ett väl fungerande värmesystem med goda regleregenskaper borde man här få resultatet att man vid höga inomhustemperaturer använder mindre energi till uppvärmning än vid lägre inomhustemperaturer. Något sådant samband kan inte spåras i figuren.

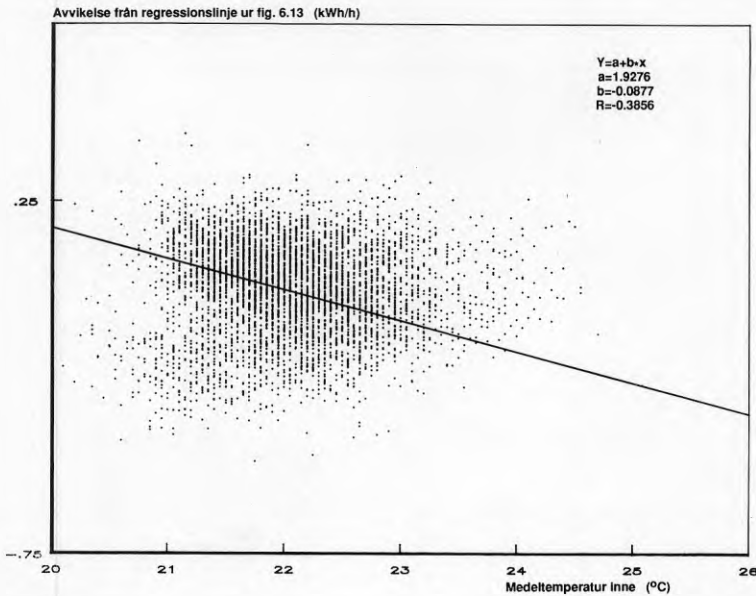


FIG.6.16 Avvikelsen i y-led (skillnad i radiatoreffekt) från FIG.6.13 som funktion av medeltemperaturen inomhus

6.3 Uppvärmningsenergin beroende av olika parametrar

6.3.1 Förutsättningar

Genom att statistiskt bearbeta de manuella avläsningar som redovisas i detta kapitel, kompletterade med andra önskvärda parametrar, som klimatdata, kan vi t ex ange vad som påverkar husens uppvärmningsenergi. Vi har valt att studera andra året, under eldningssäsongen mellan den 1/10 1981 och den 30/4 1982, som innefattar 15 st tvåveckorsperioder. Materialet innefattar totalt 32 radhus. Vårt ombyggda försökshus behandlas separat. I övrigt delas husen upp i 7 st gavelhus respektive 24 st mellanhus.

Det statistikprogram som utnyttjats är Minitab. De data som utnyttjats redovisas nedan. Regressionsanalyserna är endast giltiga inom det intervall inom vilket parametrarna varierat. För varje parameter anges därför intervallet.

Parameter (per hus, i medelvärde 14 dag) Variation från-till

Radiatoreffekt, kWh/h	0 till 3
Vattenflöde radiatorsystem, l/h	50 till 150
Innetemperatur, °C	20.6 till 24.6
Kallvattenanvändning, l/h	2 till 27
Varmvattenanvändning, l/h	1 till 14
Hushållsel, kWh/h	0.1 till 1.4
Total effekt (värme+hhl), kWh/h	0.2 till 3.4
Temperaturskillnad inne-ute, °C	6 till 32
Utetemperatur, °C	-6 till +5
Solinstrålning mot horisontell yta, W/m ²	10 till 210
Antal personer/hushåll	1 till 5

6.3.2 Värmesystemets regleregenskaper

Först görs en regressionsanalys med en oberoende parameter, och vi beräknar radiatorenergin (Rad kW) beroende av

- framledningstemperatur (T-fram)
- utetemperatur (T-ute)
- temperaturskillnad inne-ute (Δt)

Detta redovisas nedan för gavelhus, mellanhus samt för det ombyggda hus A. Korrelationskoefficienten, R-sqr i %, anges som ett mått på förklaringsgraden.

	Gavelhus	Mellanhus	Hus A
Rad kW = A+BxT-ute ; A (W)	1903	1435	1158
B (W/°C)	-105	-80.1	-69.7
R-sqr (%)	90.7	92.2	97.2
Rad kW = A+BxΔt ; A	-601	-525	-536
B	111	85.6	76.3
R-sqr	89.0	90.8	97.6
Rad kW = A+BxT-fram; A	-1585	-1235	-1171
B	73.7	56.4	49.2
R-sqr	91.2	92.6	98.0

Som synes är förklaringsgraden mycket hög för alla de valda parametrarna. I regel kan uppvärmningsenergin förklaras till drygt 90%. Bäst förklaringsgrad ger framledningstemperaturen, tätt följd av utetemperaturen. Detta är naturligt eftersom bristfällig reglering gör att temperaturen på radiatoren blir viktig. Radiatortemperaturen (T-fram) bestäms av reglerkurvan (se FIG.6.2), som i sin tur följer utetemperaturen (T-ute). Inkluderas även innetemperaturen i analysen, genom att utnyttja temperaturskillnaden inne-ute, försämras förklaringsgraden. Eftersom innetemperaturen inte påverkar radiatorenergin blir denna parameter endast en störning som försämrar förklaringsgraden. Husens värmesystem levererar sin värme i stort sett oberoende av innetemperaturen och det aktuella värmebehovet.

Inte bara temperaturen på radiatorvattnet borde spela in, utan även vilken mängd radiatorvatten som pumpas genom varje hus. Denna vattenmängd är konstant i tiden om inte någon förnyad injustering sker. Radiatortermostatventilerna bestämmer endast om allt vatten i ettrörsslingan skall gå förbi radiatoren eller om max 50% skall gå upp genom radiatoren. I tabellen nedan redovisas regressionsanalyser med två oberoende parametrar, den som gav bäst förklaringsgrad ovan (T-fram) samt vattenflödet genom radiator-

systemet för varje hus (Q). Det är injusteringens betydelse som studeras eftersom vattenflödet inom varje hus är konstant i tiden.

	Gavelhus	Mellanhus	Hus A
Rad kW = A+BxT-fram+CxQ ;			
A (W)	-2201	-1645	-1063
B (W/°C)	71.9	54.0	49.5
C (W/l/h)	5.99	5.69	1.18
R-sqr (%)	96.6	96.0	98.0

Genom att även inkludera vattenflödet genom radiatorsystemet i analysen ökar förklaringsgraden till ca 96%. För det ombyggda huset ökar inte förklaringsgraden eftersom vattenmängden för det enskilda huset är konstant i tiden. Det vi har visat här är att den energimängd som levererats till husen beror nästan helt på hur man centralt ställer in reglerautomatiken och hur injusteringen är utförd. Det återstår endast att förklara 3-4%, vilket tyder på allvarliga brister i uppvärmnings- och regler-systemet.

Nästa steg blir att bland de oberoende variablerna ta med gratisvärmebidragen i olika former för att spåra dess inverkan på energianvändningen. De parametrar som borde ha störst inverkan är användningen av hushållsel (hhel), solinstrålning (sol) samt antalet personer som bor i huset (pers). Vi utgår från regressionsanalysen enligt ovan, med framledningstemperatur och vattenmängd i radiatorsystemet, och inkluderar nämnda parametrar en och en. Resultatet redovisas i tabellen nedan.

Som framgår av sammanställningen kan vi endast öka förklaringsgraden marginellt genom att ta med gratisvärmeposter i analysen. Vi kan konstatera att förändringar i solinstrålning över eldningssäsongen endast kan förklara marginella förändringar i uppvärmningsenergin. Storleken på hushållselen och dess eventuella förändringar över eldningssäsongen leder endast till marginella förändringar i uppvärmningsenergin. Antalet personer som bor i huset har heller inget klart samband med förändringar i uppvärmningsenergin.

Gavelhus Mellanhus Hus A

Rad kW = A+BxT-fram+CxQ+Dxhhel;

A (W)	-2176	-1623	-1126
B (W/°C)	75.2	55.5	43.6
C (W/l/h)	5.71	5.52	-0.43
D (W/W)	-0.262	-0.137	0.251
R-sqr (%)	96.6	96.0	98.0

Rad kW = A+BxT-fram+CxQ+Dxsol ;

A (W)	-1750	-1424	-547
B (W/°C)	64.5	50.4	40.3
C (W/l/h)	6.04	5.72	-0.7
D (W/W)	-0.816	-0.399	-1.0
R-sqr (%)	96.8	96.1	98.8

Rad kW = A+BxT-fram+CxQ+Dxpers;

A (W)	-2323	-1547	-
B (W/°C)	71.8	54.0	-
C (W/l/h)	6.36	5.62	-
D (W/W)	26.9	-29.4	-
R-sqr (%)	96.7	96.3	-

Det är alltså radiatortemperaturen och injusteringen inom varje hus, som nästan uteslutande avgör hur mycket energi från radiatorsystemet som respektive hus använder. Förändringar i solinstrålning, antalet personer som bor i huset och hur mycket hushållsel som man använder påverkar endast värmeförseln marginellt.

Observera att det är uppvärmningssystemets möjligheter att individuellt reglera värmeförseln för det aktuella behovet inom varje hus som avses. Genom manuella injusteringar av vattenmängd i radiatorsystemet har värmeleveransen via radiatorerna anpassats efter det enskilda husets förutsättningar, hur många som bor i huset, hur mycket hushållsel man använder mm. Detta har utförts på begäran av de boende. Härigenom finns en manuell koppling mellan energi från radiatorerna och mängden gratisvärme i olika former som inte kan spåras i dessa analyser.

Den förvånansvärt svaga kopplingen mellan hushållsel och uppvärmningsenergi kan bero på att hushållselen endast varierar svagt över eldnings säsongen, och att de hushåll som uppvisar större variationer använder en del av "hushållselen" vintertid till att värma upp sina förråd. Denna elenergi ger då inget upphov till vare sig höjningar av innetemperaturen eller reduceringar av uppvärmningsenergin.

6.3.3 Byggnadens förluster

Genom att göra regressionsanalyser med radiatorenergien och en eller flera oberoende parametrar kan man dels studera husets specifika energiförluster, och dels hur stor inverkan olika parametrar har. I tabellen nedan redovisas radiatorenergins beroende av inne- och utetemperaturen.

	Gavelhus	Mellanhus	Hus A
Rad kW = A+BxT-ute+CxT-inne;			
A (W)	2056	864	-1097
B (W/°C)	-104	-80.3	-70.9
C (W/l/h)	-6.8	24.9	101
R-sqr (%)	90.7	92.1	97.4

Som vi kunnat konstatera i föregående avsnitt ger innetemperaturen inte upphov till någon högre förklaringsgrad jämfört med om man endast studerar utetemperaturen. Konstanten B framför utetemperaturen anger husens genomsnittliga specifika värmestillskott i W/°C. Cirka 80 W/°C för mellanhusen resp ca 104 för gavelhusen får man för varje grads förändring i utetemperaturen.

Konstanten A, i regressionsanalysen med T-ute, anger hur stor radiatoreffekt som tillförs husen i genomsnitt vid 0 °C utetemperatur. I regressionsanalysen med Δt , anger A hur stor gratisenergin är. Denna uttrycks i genomsnittlig effekt, 601 kW för gavelhusen respektive 525 W för mellanhusen. Omräknat i temperaturskillnad räcker denna effekt att värma upp husen ca 6 °C.

Vi utgår nu från analyserna ovan, väljer ut analysen med Δt och inkluderar gratisvärmeposterna i regressionsanalyserna. Vi börjar med en, och slutligen inkluderas alla tre. Resultatet redovisas i nedanstående tabell.

	Gavelhus	Mellanhus	Hus A
Rad kW = $A+Bx\Delta t$;			
A (W)	-601	-525	-536
B (W/°C)	111	85.6	76.3
R-sqr (%)	89.0	90.8	97.6
Rad kW = $A+Bx\Delta t+C$ hhel;			
A (W)	-540	-470	-611
B (W/°C)	120	91.5	66.4
C (W/l/h)	-0.441	-0.335	0.279
R-sqr (%)	90.0	92.2	97.8
Rad kW = $A+Bx\Delta t+C$ pers;			
A (W)	-3631	-342	-
B (W/°C)	112	86.3	-
C (W/l/h)	-78.9	-62.6	-
R-sqr (%)	90.1	92.3	-
Rad kW = $A+Bx\Delta t+C$ sol ;			
A (W)	-40	-187	-171
B (W/°C)	93.7	75.1	64.6
C (W/l/h)	-1.28	-0.76	-0.89
R-sqr (%)	89.5	91.1	98.1
Rad kW = $A+Bx\Delta t+C$ hhel+D sol+E pers;			
A (W)	269	-125	-232
B (W/°C)	104	81.1	62.0
C (W/l/h)	-0.500	-0.188	0.10
D (W/W)	-1.27	-0.595	-0.744
E	-80.9	-35.8	-
R-sqr (%)	91.9	92.8	98.1

Genom att inkludera gratisenergiposterna i analysen kan vi öka förklaringsgraden något. De olika gratisvärmeposterna har en viss betydelse på energibalansen, men sambanden är mycket svårtolkade.

Studerar man t ex konstanten B framför Δt , som anger specifika energitillskottet i $W/^{\circ}C$, förändras denna beroende på vilka parametrar som ingår i analysen. För mellanhusen ligger detta specifika tillskott på ca $80 W/^{\circ}C$, ett värde som väl motsvarar det teoretiskt beräknade värdet. I regressionen med solinstrålning minskar detta värde till $75 W/^{\circ}C$. En tänkbar anledning är att solenergin fördelning över året, med sina maxvärden när det är som varmast, ger upphov till detta. Analogt med detta ger hushållselen upphov till ett ökat värde på specifika tillskottet, drygt $90 W/^{\circ}C$, på grund av att hushållselen är som störst när utetemperaturen är som lägst.

Konstanten A kan i sista regressionen med alla parametrarna tolkas som en restpost som skall minimeras. Minskningen i sig är säkerställd, men i övrigt är värdet svårtolkat.

6.3.4 Inomhustemperaturens beroende av olika parametrar

Studerar man innetemperaturen genom att göra regressionsanalyser med olika oberoende variabler, ser man att ingen enskild parameter ger bra förklaringsgrad. Den enda som kommer i en förklaringsgrad på 16.1% är personer, se tabellen nedan. För övriga parametrar, som t ex hushållsel, radiatorenergi eller solinstrålning, får vi inga samband och R_{sq} går mot 0.

Om vi inkluderar dessa parametrar i analysen, så att vi får två oberoende parametrar, ökar inte förklaringsgraden - se tabellen nedan.

Vi kan emellertid konstatera att värdet A, "restposten" som vi inte kan förklara, ligger på närmare $22^{\circ}C$. Enligt analysen ger också 1 person upphov till en temperaturhöjning på $0.3^{\circ}C$, vilket motsvarar en effekt på ca 25-30 W. Antar vi att man vistas hemma 50% av tiden och att vi i genomsnitt avger en effekt på 100 W blir då "verkningsgraden" av personvärmen ca 50%.

Samtliga hus

T-inne = A+B T-ute ;

A (W)	22.8
B (W/°C)	0.0075
R-sqr (%)	0.4

T-inne = A+B hhel ;

A (W)	22.4
B (W/°C)	0.00085
R-sqr (%)	6.4

T-inne = A+B Rad ;

A (W)	23.0
B (W/°C)	-0.0012
R-sqr	0.9

T-inne = A+B pers ;

A (W)	21.9
B (W/°C)	0.302
R-sqr (%)	16.1

T-inne = A+B soltot;

A (W)	22.7
B (W/°C)	0.0017
R-sqr (%)	2.6

T-inne = A+B sol ;

A (W)	22.7
B (W/°C)	0.00078
R-sqr (%)	0.8

T-inne = A+B tot kW;

A (W)	22.8
B (W/°C)	0.000005
R-sqr	0

6.3.5 Temperaturskillnadens beroende av olika parametrar

Temperaturskillnaden (Δt) är ett mått på husets energiförluster. Med få undantag, som t ex vädring, är förlusterna temperaturberoende. Genom att studera vilka parametrar som påverkar Δt kan vi studera hur köpt energi och gratisenergi i olika former täcker upp husets förluster. I tabellen nedan redovisas först i vilken omfattning radiatorenergien (Rad) bidragit till att uppnå temperaturskillnaden inne-ute. Därefter inkluderas stegvis hushållselen (hhel) och solinstrålning (sol) i regressionsanalysen.

	Gavelhus	Mellanhus	Hus A
$\Delta t = A+B \times \text{Rad}$;			
A (W)	6.86	7.32	7.30
B (W/°C)	0.009	0.011	0.013
R-sqr (%)	89.0	90.8	97.6
$\Delta t = A+B \times \text{Rad} + C \text{ hhel}$;			
A (W)	5.24	5.79	5.59
B (W/°C)	0.007	0.010	0.011
C (W/l/h)	0.005	0.004	0.003
R-sqr (%)	91.5	93.2	97.7
$\Delta t = A+B \times \text{Rad} + C \text{ hhel} + D \text{ sol}$;			
A (W)	5.30	5.79	5.47
B (W/°C)	0.007	0.010	0.011
C (W/l/h)	0.005	0.004	0.003
D (W/W)	0.0004	0.00004	0.0006
R-sqr (%)	91.5	93.2	97.7

En mycket hög förklaringsgrad uppnås redan genom att enbart ha med radiatorenergien (Rad), ca 90%. Genom att ta med hushållselen (hhel) i analysen kan ytterligare någon procent förklaras. Solinstrålning och personvärme förbättrar endast förklaringsgraden marginellt.

Hushållselen varierar kraftigt mellan olika hus och är i många hus av samma storleksordning som radiatorenergin. Av denna orsak är det märkligt att man inte får större inverkan på temperaturskillnaden inne-ute. En tänkbar orsak till detta kan vara att en del av de ibland kraftiga ökningarna av hushållsel sommartid beror på att man värmer yttre förråd med direktel, vilket då inte kommer huset till godo. En annan tänkbar orsak är att "verkningsgraden", eller den del av hushållselen som kommer huset till godo, är mindre än förväntat. Tvättar man t ex mycket, försvinner en del av hushållselen ut i avloppet utan att påverka Δt .

6.4 Brister i dimensionering och utförande

Det misstag som fått de största konsekvenserna är att värmerören inom radhusen inte är isolerade, bortsett från den begränsade rördragningen inom klädkammaren. Total rördragning inom varje radhus är ca 80 m, varav ca 35 m ligger ingjutna i bottenplattans betong. Enligt SBN 75 skulle alla rör varit isolerade, möjligen med undantag av de ledningar som placerats vid yttervägg i bottenplattan. Av husets totalt ca 80 m värmerör, utgör dessa ledningar emellertid endast ca 11 m för mellanhus, respektive ca 22 m för gavelhus.

Vid dimensioneringen av radiatorerna har inte någon hänsyn tagits till det stora oönskade temperaturfall som uppstår i slingorna genom att rören inte är isolerade. Detta har fått stora konsekvenser, främst för radiatorslingan på bottenvåningen. Radiatorerna är dimensionerade för en vattentemperatur på 70-60 °C, dvs ett temperaturfall på 10 °C för samtliga radiatorer i hela slingan.

FIG.6.17 utgör ett diagram där temperaturfall och värmeeffekt redovisas längs radiatorslingan på bottenvåningen. Värmeeffekten baseras på flödet 50 l/h för slingan. Det är det dimensionerande fallet som redovisas, +70 °C i framledningstemperatur vid -14 °C ute. X-axeln utgörs av de verkliga rörlängderna och det är radiatorslingan för gavelhus A före ombyggnad som visas.

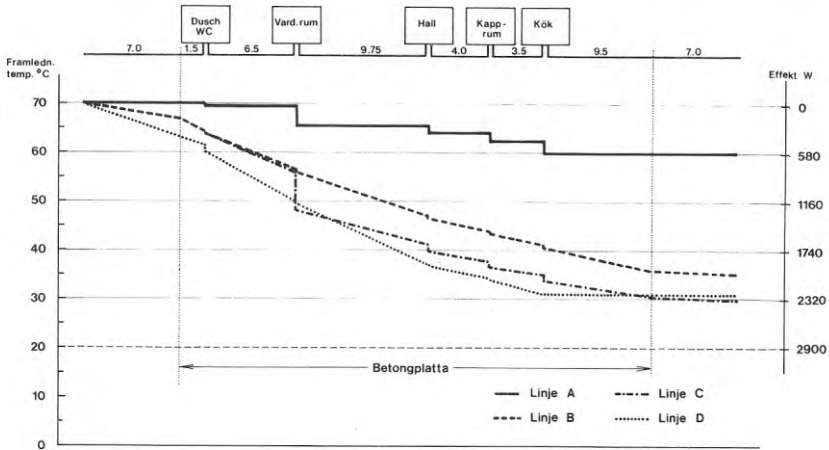


FIG.6.17 Temperaturfallet samt utnyttjad effekt i radiator-slingan på bottenvåningen som funktion av läget i radiator-slingan under dimensionerande fallet -14°C ute före radiatorsystemet modifierats.

Linje A visar det teoretiska temperaturfall som VVS-konsulten räknat med vid projekteringen av anläggningen. Temperaturfallet i rören och i radiatorarmaturerna har helt försumrats.

Linje B visar det beräknade temperaturfallet i radiator-slingan med alla radiatorer avstängda. Endast rör och radiatorarmaturer (25 W/armatur antas) avger då värme. Rörförlusten är hämtad ur tabell för den använda rörtypen, vid aktuell temperatur på vatt-net och med $+20^{\circ}\text{C}$ omgivningstemperatur. Rören är förlagda främst i betong men också i luft, vilket anges i figuren. Vi kan konstatera att enbart rörförlusterna ger ett temperaturfall överstigande det av VVS-konsulten projekterade enbart från radiatorerna. Ingen möjlighet finns alltså att stänga av uppvärmningen i bottenvåningen. Förutom att värmeavgivningen från rören överstiger behovet, kommer betongplattan att värmas upp längs ytterväg-gen med avsevärda transmissionsförluster som följd.

Linje C visar vad man teoretiskt kan få för maximalt temperatur-fall vid rörförluster enligt linje B, men med fullt utnyttjad värmeavgivning från radiatorerna. Som synes är ett betydligt större effektuttag än det projekterade möjligt. Detta kan delvis

kompenseras med en reducerad framledningstemperatur, men får då negativa följder för radiatorslingan i det övre planet som inte har ledningar i betong.

Linje D visar de uppmätta temperaturerna i slingan på bottenvåningen före systemet byggdes om, alltså samma förutsättningar som linje A, B och C ovan. Inflyttning i huset hade inte skett under denna kalla period som här redovisas. Som synes är temperaturfallet över radiatorerna blygsamt, vilket indikerar stängda radiatortermostatventiler. Ett mindre effektuttag är av denna orsak troligen inte möjligt. Ett större effektuttag är troligen inte heller möjligt då temperaturen i slutet av slingan närmar sig rumstemperaturen även med stängda radiatorer. Värmesystemet på bottenvåningen går alltså inte att reglera eller att stänga av. Värmeavgivningen bestäms genom den centralt inställda framledningstemperaturen och genom den utförda injusteringen inom varje radhus.

FIG.6.18 är motsvarande diagram för mäthuset A med ombyggt värmesystem, i stort sett utan värmerör i betongplattan.

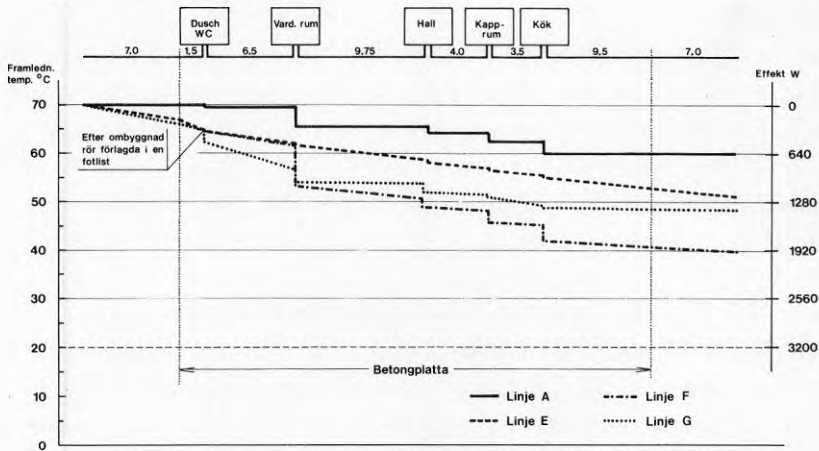


FIG.6.18 Temperaturfallet samt utnyttjad effekt i radiatorslingan på bottenvåningen som funktion av läget i radiatorslingan under dimensionerande fallet -14°C ute före radiatorsystemet modifierats.

Linje A är liksom i FIG.6.17 det av konsulten framräknade temperaturfallet.

Linje B är liksom i FIG.6.17 det beräknade temperaturfallet med alla radiatorer avstängda. Genom förläggningen av röret i sockeln har det oönskade temperaturfallet här minskats till ca 19 °C jämfört med ca 35 °C i FIG.6.18.

Linje C är liksom i FIG.6.17 det beräknade temperaturfallet med alla radiatorer i full drift.

Linje D är liksom i FIG.6.17 det uppmätta temperaturfallet med alla radiatorer i normal drift vid dimensionerande utetemperatur. Som synes understiger det uppmätta temperaturfallet det teoretiskt möjliga uttaget av värme enligt linje C. Detta indikerar att radiatorerna nu står för en viss reglering.

FIG.6.19 utgör motsvarande diagram för radiatorslingan på det övre planet. Rören är här förlagda i luft i mellanbjälklaget. Det är liksom i FIG.6.17 och 6.18 det dimensionerande fallet som redovisas, +70 °C i framledningstemperatur. X-axeln utgörs av de verkliga rörlängderna och det är rørslingan för gavelhus A som visas.

Linje A visar det teoretiska temperaturfall som VVS-konsulten räknat med vid projekteringen av anläggningen. Temperaturfallen i rören och i radiatorarmaturerna har helt försummats. Den redovisade effekten i denna linje utgör i stort sett det teoretiska värmebehovet då ingen gratisvärme utnyttjas.

Linje B visar det beräknade temperaturfallet i radiatorslingan med alla radiatorer avstängda. Endast rör och radiatorarmaturer (25 W/armatur antas) avger då värme. Förlusten är hämtad ur tabell för den använda rörtypen, förlagda i luft, vid aktuell temperatur på vattnet och med +20 °C omgivningstemperatur.

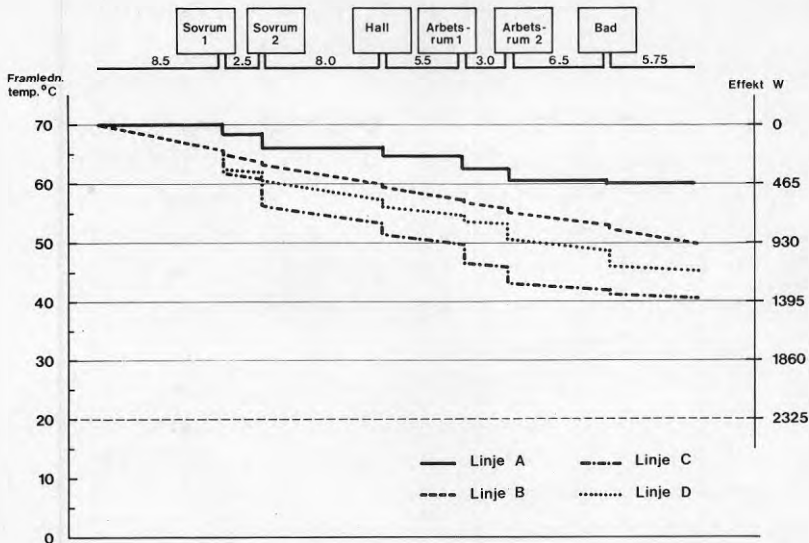


FIG.6.19 Temperaturfallet samt utnyttjad effekt i radiatorslingan på övre plan som funktion av läget i radiatorslingan under dimensionerande fallet -14°C ute

Linje C visar vad man teoretiskt kan få för maximalt temperaturfall (eller uttagen effekt) vid rörförluster enligt linje B och med fullt utnyttjad värmeavgivning från radiatorerna. Som synes är ett betydligt större effektuttag än det projekterade möjligt, även om det inte kommer upp i samma grad av överdimensionering som slingan på bottenvåningen.

Linje D visar de uppmätta temperaturerna i slingan på övre plan under en kall period, före inflyttning i huset (samma period som redovisades i FIG.6.17, linje D). Liksom fallet var på bottenvåningen är temperaturfallet över radiatorerna blygsamt, vilket indikerar delvis stängda radiatortermostatventiler. Inte heller här är ett mindre effektuttag möjligt och möjligheterna att stänga av värmesystemet är små. På grund av den högre returtemperaturen finns för denna radiatorslinga möjligheten att öka effektuttaget om termostatventilerna öppnas mer.

En korrekt beräkning av k-värden och ytor är utförd. Den har legat till grund för radiatordimensioneringen, dock utan något påslag för ventilationen. Vid låga utetemperaturer blåses ventilationsluft in i sovrum och vardagsrum med en temperatur på lägst ca 11 °C. Radiatorerna i dessa utrymmen skall, förutom att täcka transmissionsförlusterna, även värma upp ventilationsluften samt eventuell infiltration till rumstemperatur. Ingen hänsyn har tagits till detta av konsulten, vilket medför att radiatorerna i rum med tilluft, sovrum och vardagsrum, eller i princip radiatorerna på hela övre planet är underdimensionerade.

Den erforderliga kompletterande uppvärmningseffekten för rummen med tilluft blir 415 W för 0.5 oms/h vid uppvärmning från +11 °C till +20 °C vid -14 °C ute. Egentligen krävs denna uppvärmningseffekt redan vid kanske -5 °C, då frånluftens energiinnehåll inte är tillräckligt för att tilluften skall värmas till +11 °C. Ytterligare 315 W tillkommer för 0.1 oms/h för infiltrationsförluster vid -14 °C, som bör fördelas på samtliga radiatorer. Generellt täcker alltså radiatorerna endast ca 70% av totala transmissions- och ventilationsförluster.

Den tryckfallsberäkning som ligger till grund för rördimensioneringen bygger på felaktiga förutsättningar. Radiatorslingorna är uttagna för ett totalt temperaturfall på 10 °C. Vid dimensioneringen av pumpar, fördelningsledningar och kulvertar har detta emellertid inte uppmärksammats utan dessa är dimensionerade för ett temperaturfall på 20 °C, vilket då ger hälften av flödet. Samtliga fördelningsledningar och kulvertar har därför fått för kläna dimensioner. I praktiken får radiatorerna endast hälften av den vattenmängd som erfordras för att hålla önskad rumstemperatur.

6.5 Konsekvenser av bristerna

På grund av de i avsnitt 6.4 omtalade bristerna i värmesystemet fungerar detta inte som avsett, och en rad driftsstörningar har förekommit. Efter inflyttningen uppdagades att en injustering av värmeanläggningen inte var utförd. En beräkning av förinställningsvärden och en injustering utfördes då inom samtliga radhus

under första vintern. Genom injusteringen av flödet till varje radhus, kompletterat med fortlöpande efterjusteringar, försökte vi anpassa värmeleveransen till varje radhus till det individuella behovet. Eftersom rören är underdimensionerade försvårades injusteringen och det fanns ingen möjlighet att komma upp i önskade flöden.

Det skulle dessutom visa sig att just en individuell injustering av vattenflödet genom radiatorsystemet var den enda metoden att påverka värmeleveransen till respektive radhus.

Det minsta flöde som kan accepteras för ett radhus är ca 50 l/h med tanke på att vattenmätaren kräver ett mätbart flöde. Uppåt 150 l/h är vad man i praktiken kan komma upp i för det enskilda radhuset. Värmeavgivningen varierar dock inte lika mycket. Räknet på årsenergin för uppvärmning är en justering från ca 5000 kWh/år till ca 10000 kWh/år möjlig. Vid ett visst inställt vattenflöde har sen husägaren mycket små möjligheter att påverka sin energiförbrukning. Detta beror på att de oisolerade rören, främst de som är förlagda i betongplattans ytterkant, läcker så mycket värme att i stort sett all värme som levereras till radhuset också konsumeras. Detta inträffar oavsett om radiatorerna är av eller på. Stängs t ex radiatorerna av i bottenplanet, kyls ändå vattnet i slingan av genom sin förläggning i betongplattan. Detta medför att betongplattan värms till upp mot 30 °C vid ytterkant (se FIG.6.5). Förutom att en del av denna värme tillförs rummet okontrollerat, i stort sett oberoende av det aktuella behovet, försvinner en del av värmen ner i marken och ut via den sparsamt isolerade kantbalken. Genom ombyggnad av ett radhus kan vi konstatera att merförbrukningen, för att hålla betongplattan varm, för ett gavelradhus ligger på ca 2000-3000 kWh/år.

I praktiken har man på bottenvåningen fått ett dåligt fungerande golvvärmsystem med mycket små möjligheter att påverka sitt klimat och sin värmeförbrukning. Det är temperaturen på vattnet kombinerat med vattenmängden som avgör hur mycket värme huset använder. Eftersom alla hus förses med värmevatten av samma temperatur är en förnyad injustering i praktiken det enda som kan påverka värmeförbrukningen i det enskilda radhuset. Radiatortermostatventilerna förändrar inte detta, åtminstone inte på bottenvåningen.

"Golvvärmesystemet" på bottenvåningen behöver, jämfört med radiatorsystemet på övre planet, betydligt lägre temperatur på värmevattnet på grund av den större värmande golvytan. "Normal" reglerkurva ger därför övertemperaturer på bottenvåningen, åtminstone i början av slingan. Samtidigt kräver övre planet, genom sina underdimensionerade radiatorer, en högre reglerkurva för att komma upp i önskad rumstemperatur. Med den reglerkurva som idag används upplever flertalet bottenvåningen som för varm och ovanvåningen som sval. Även om man på övre plan under kvällstid har temperaturer på 22-23 °C, upplevs detta som kallt efter att ha vistats i t ex det varmare vardagsrummet.

Förutom fördelningsproblemen inom varje radhus finns även fördelningsproblem mellan olika radhus. Mängden gratisvärme, och därmed behovet av köpt energi förmedlat via radiatorsystemet, varierar kraftigt mellan husen. Genom injusteringen kan detta delvis kompenseras, men oftast inte tillräckligt för att utjämna större skillnader i gratisenergi. Sålunda kan man återfinna radhus som har hög förbrukning av köpt värme bland de som har de lägsta rumstemperaturerna.

6.6 Värmesystemets reglerförmåga

Ett värmesystem dimensioneras normalt för att klara hela uppvärmningen av huset under lägsta dimensionerande utetemperatur. För ett mycket välisolerat hus, typ Valdemarsrohusen, krävs en effekt av ca 80 W/°C eller ca 2.7 kW vid DUT. I praktiken kräver byggnaden endast 2 kW på grund av tillgänglig värmekapacitet, olika former av gratisvärme samt möjligen också på grund av manuell reducerad mekanisk ventilation under perioder med mycket låga utetemperaturer. Byggnadernas konstruktion kan betecknas som "lätt", men värmekapaciteten är betydande på grund av de små värmeförlusterna.

Ett värmesystem utnyttjas alltså normalt inte fullt ut ens vid mycket låga utetemperaturer. Detta ställer stora krav på regler-systemet och möjligheten att stänga av radiatorerna. Vid perioder med solinstrålning eller aktivitet inom huset, som t ex under kvällstid, räcker ofta gratisvärmen mer än väl till för att värma

huset. Att värmen skall kunna stängas av helt är alltså ett rimligt krav i denna typ av bebyggelse.

För att komma ner i en låg energiförbrukning är man beroende av ett väl fungerande värme- och reglersystem. De beräkningar som utförs av årsenergiförbrukningen förutsätter alltid väl fungerande värme- och reglersystem (i regel 100%) för att komma ner i förväntade siffror. Ofta ser man optimistiska beräkningar som visar att man från totala värmebehovet (den energimängd som krävs för att hålla 20 °C inne under ett år) genom gratisvärmeutnyttjande kommit ner i siffror på kanske 20-30%. Endast 20-30% av värmen utgör då köpt energi som förmedlas av radiatorsystemet och resterande 70-80% förväntas täckas upp med gratisvärme i olika former. Det innebär att värmesystemet i genomsnitt utnyttjat 20-30% av tillgänglig effekt, och att det i praktiken måste vara avstängt långa perioder.

En utbredd missuppfattning är också att den avgörande skillnaden mellan ett direktelsystem och ett vattenburet värmesystem är den större "trögheten" för det vattenburna systemet. Siffror på 5-10% i försämrad reglerförmåga återfinns ofta. I realiteten finns fler och i sammanhanget viktigare skillnader. Det vattenburna systemet går i praktiken inte att stänga av och den rumsvisa reglerförmågan kan vara obefintlig. Eftersom styrningen huvudsakligen sker med givare på utsidan av huset, kommer energiförbrukningen att följa yttre klimatet och inte nämnvärt påverkas av olika typer av gratisvärme, om inte en noggrann injustering av värmesystemet till varje radhus utförs.

Genom mätningar har vi kunnat konstatera att reglerförmågan hos värmesystemet är dålig, för att inte säga obefintlig, och kommer inte i närheten av vad som är önskvärt. Detta gäller även för huset med ombyggt värmesystem. Genom att studera sambandet radiatoreffekt/utetemperatur för ett radhus, kan vi studera reglerförmågan. Det är skillnaden på högsta och lägsta effekt vid samma utetemperatur som anger inom vilket spann värmesystemet reglerat under den aktuella mätperioden. Vi kan konstatera att man i praktiken uppnått en maximal reglering för hela värmesystemet på ca +/-200-300 W, vilket vid DUT och 3 kW radiatoreffekt ger ca +/-10% reglerförmåga.

En mindre förbättring kan konstateras för det ombyggda radhuset utan värmerör i betongen. Under motsvarande förhållanden har man här uppnått en total reglerförmåga på ca +/-400 W, vilket vid DUT och ca 2 kW radiator effekt ger ca +/-20% reglerförmåga.

Det måste påpekas att värmesystemet i dessa hus är i högsta grad konventionellt. Allmänt används den teknik och de material som utnyttjats i Valdemarsro. Visserligen har man mindre effektbehov än normalt, men principen är densamma. Det ombyggda värmesystemet, utan ingjutna rör, kan också betecknas som normalt. Resultaten från Valdemarsro kan alltså inte avfärdas utan vidare. Likheterna med andra mätprojekt som genomförts på institutionen är slående och problemen med värmesystemet i detta projekt återfinns troligen i de flesta vattenburna värmesystem.

6.7 Önskad värme förluster

Den främsta orsaken till den dåliga reglerförmågan är att hänföra till de oisolerade värmerören, och då främst de som är ingjutna i betongplattan. Andra önskad värmeläckage sker vid radiatorventilerna, som är varma oavsett om radiatorerna är på, och vid övriga aramaturer i systemet. Trots termostatventilernas regler egenskaper är värmesystemets reglerförmåga obefintlig. Det enda som i praktiken kan påverkas är värmeavgivningen på det övre planet. Denna del är emellertid relativt liten eftersom värmerören i bottenvåningen i praktiken även står för en stor del av övre planets uppvärmning.

I SBN 80 kom krav på maximal okontrollerad värmeavgivning. 25-30% av värmeavgivningen, dock minst 75 W per rum, tillåts även då värmarna är "stängda". Vi tolkar här "rum" som utrymmen som försätts med radiatorer. För ett Valdemarsrohus innebär detta en tillåten värmeavgivning vid DUT på maximalt $11 \cdot 75 \text{ W} = 825 \text{ W}$ eller ca 30% av den dimensionerande effekten (räknat med en specifik effekt på $80 \text{ W}/^\circ\text{C}$). I praktiken utnyttjar man betydligt mindre effekt än den installerade. Detta framgick av FIG.6.4 som visade att det ombyggda radhuset endast utnyttjar ca 2 kW vid lägsta dimensionerande utetemperatur. Vid försöken med direktel under det tredje året (se avsnitt 6.9) fanns endast 1.6 kW i installe-

rad radiator effekt. De enligt SBN 80 tillåtna 825 W uppgår till oacceptabla 40 respektive 50% av utnyttjad effekt.

Detta innebär att man med "avstängda" radiatorer får acceptera en årlig energiförbrukning på upp mot 2500 kWh/år i dessa hus (30% av 7210 respektive 8055 kWh, se avsnitt 5.1), vilket givetvis är helt oacceptabelt. Hade dessutom varje enskilt radhus varit försett med egen fjärrvärmeundercentral eller annan uppvärmningsanordning, som vanligen har en kontinuerlig värmeförlust på närmare 200-300 W, hade man fått en årlig önskad värmeförlust som kommer i nivå med husets totala årliga värmebehov, och detta med "avstängda" värmare.

6.8 Modifierat uppvärmningssystem

I det speciella mäthuset byggdes värmesystemet delvis om under senare delen av första eldningssäsongen. Merparten av de i betongen ingjutna oisolerade värmerören ersattes med en rörslinga ovan golv. Endast ca 1.5 m rör av de ursprungliga ca 30 m, belägna mitt i huset under toaletten, fick av praktiska skäl vara kvar. Rören placerades i en fotlist av plast som drogs runt huset längs ytterväggarna. Av utrymmesskäl var det inte möjligt att isolera värmeröret, som var av samma typ som det ingjutna röret med en tunn plastbeklädnad. Både det ursprungliga och det ombyggda värmesystemet måste betraktas som konventionella värmesystem.

Konsekvenserna på energisidan av denna åtgärd var en reducering av den årliga uppvärmningsenergin med i storleksordningen en tredjedel (TAB.4.3). På "minussidan" kunde vi konstatera en kraftig sänkning av golvtemperaturen på bottenvåningen, även om man klarar SBN-kraven med viss marginal. Golvtemperaturerna från ytterväggen och in, för en period före och efter ombyggnaden, visades i FIG.6.5. Med "golvvärmesystemet" uppmättes upp mot +25 °C på betongplattan som helhet, och upp mot +30 °C vid ytterkant. Efter ombyggnad sjönk golvtemperaturen, under kalla perioder vintertid, till ca +20 °C i den inre zonen och ner mot +16 °C någon decimeter in. Den okontrollerbara värmeavgivningen minskar, men reglerförmågan förbättras endast marginellt. Minskningen i energiförbrukning kan nästan helt hänföras till minskad

okontrollerad värmeavgivning genom bottenplattan.

6.9 Försök med direktelvärme

Inför den tredje eldningsssäsongen försågs det ombyggda radhuset med direktverkande termostatstyrda elradiatorer. Totalt installerades en effekt på 1.6 kW fördelade på vardagsrum 600 W, kök 400 W samt 300 W vardera i de båda 10 m² sovrummen på ovanvåningen. Övriga utrymmen saknade alltså värmare. En elradiator på 600 W fanns i beredskap för det stora sovrummet på övre plan, men den behövde aldrig utnyttjas på grund av den milda vintern.

Den stora skillnaden för de boende, jämfört med det vattenburna radiatorsystemet, var möjligheten att själv välja inomhustemperatur. Den uppmätta medeltemperaturen, 21.7 °C över eldningsssäsongen, innebär en sänkning med ca 1 °C jämfört med tidigare år. Troligen är denna temperatur dessutom något överskattad eftersom den är uppmätt med givaren i vardagsrummet där man vistas mycket, och där det normalt är varmare än i övriga delar av huset. Relativt stora skillnader i temperaturnivå inom huset var möjligt att uppnå med elvärmesystemet, vilket inte var fallet med det vattenburna värmesystemet.

Direktelvärme har inte några okontrollerade förluster och reglergenskaperna är betydligt bättre än för det vattenburna systemet. Under en vårmånad gjordes kontinuerliga, timvisa mätningar med direktelvärme. I FIG.6.9 redovisades elradiatoreffekten för hela huset som funktion av utetemperaturen. Figuren redovisar också de vattenburna varianterna. Vi har som synes ett mycket svagt samband mellan radiatoreffekt och utetemperatur, mycket beroende på att mätningarna endast omfattar 15 dagar utan dramatiska skillnader i utetemperatur. Även om klimatet varierar från ca -3 till +7 °C kommer husets värmetröghet och möjligheterna att tillvarata gratisvärme att vara utslagsgivande för radiatoreffekten.

Försöken med direktelvärme under detta år visade att man kan spara mycket energi med direktelvärme jämfört med det ursprungliga vattenburna systemet. Som framgick av kapitel 4, TAB.4.3, reducerades energiåtgången för uppvärmning till i storleksord-

ningen hälften jämfört med det modifierade vattenburna systemet och till en tredjedel jämfört med de icke ombyggda gavelhusen. Av detta vill vi emellertid inte dra några generella slutsatser. Experimentperioden med elvärme har haft olikheter både i yttre och inre klimat, och det är tveksamt om man i detta fall kan utjämna dessa skillnader med konventionell gradtimmejustering. Vi kan konstatera att regleringen av radiatorsystemet förbättras, men kan inte kvantifiera förbättringen.

Helhetsintrycket från de boende i huset med direktel var dock negativt jämfört med det vattenburna systemet. Det är i huvudsak den lägre temperaturen som inte uppskattas. Även den betydligt lägre temperaturen vintertid på golvet i bottenvåningen kan vara besvärande, speciellt om den inte kombineras med en något högre inomhustemperatur. Det senare gäller dock även huset med det modifierade vattenburna systemet, även om man där har något högre inomhustemperatur. Man har lätt att förstå de vattenburna värmesystemens popularitet. Troligen grundar det sig på okontrollerad värmeavgivning, kombinerat med bristfällig reglering, som leder till högre komfort, men också till högre energiförbrukning för uppvärmning.

7 VENTILATIONSSYSTEMET

7.1 Beskrivning av ventilationssystemet

Varje enskilt radhus ventileras via ett eget ventilationsaggregat genom balanserad ventilation med värmeåtervinning. Ett ventilationssystem med balanserad ventilation kräver ett tätt hus för att fungera som avsett. Det finns då stora möjligheter att styra ventilationsmängden till olika utrymmen och därmed säkerställa en god luftkvalitet. Man kan tillföra tilluften på ett komfortmässigt sätt med avseende på lufthastighet och lufttemperatur. För att förväntad energibesparing skall uppnås, krävs att merparten av tilluften kommer via tilluftssystemet och inte genom springor och otätheter.

- | | |
|--------------------|-------------------------------|
| 1. Frånluftsfilter | 7. Kondensvattenavlopp |
| 2. Värmeväxlare | 8. Givare för elvärmaren |
| 3. Hölje | 9. Givare för tilluftsfläkten |
| 4. Tilluftsfläkt | 10. Elvärmare |
| 5. Kopplingsplint | 11. Överhettningsskydd |
| 6. Frånluftsfläkt | 12. Tilluftsfilter |

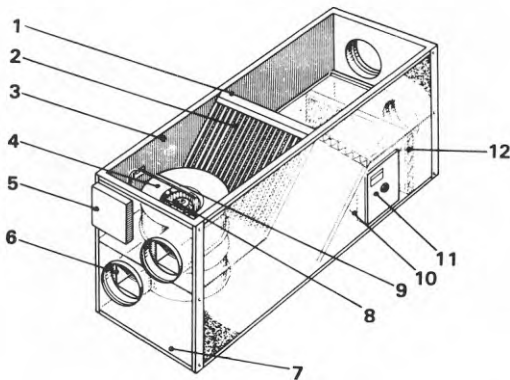


FIG.7.1 Ventilationsaggregat för ett radhus

Ventilationsaggregatet, som visas i FIG.7.1, är placerat på vinden och är av Fläkt AB:s fabrikat, typ Rexovent. Aggregatet innehåller till- och frånluftsfläkt av radialtyp, värmeväxlare, filter samt ett elbatteri. Kanaldraging sker inom huset i schakt och mellanbjälklag. Tilluftskanalerna i vindsbjälklaget ligger

förlagda ungefär mitt i vindsisoleringen. Frånluftskanalerna på vinden ligger ovanför isoleringen och är isolerade med 30 mm mineralull. Värmeväxlaren, som är av tvärströmstyp, är uppbyggd av plana respektive korrugerade, korslagda aluminiumlameller. Flödesschema över systemet visas i FIG.7.2. Det bör påpekas att dagens modell genomgått vissa förändringar i t ex avfrosthets- och eftervärmningsfunktionen.

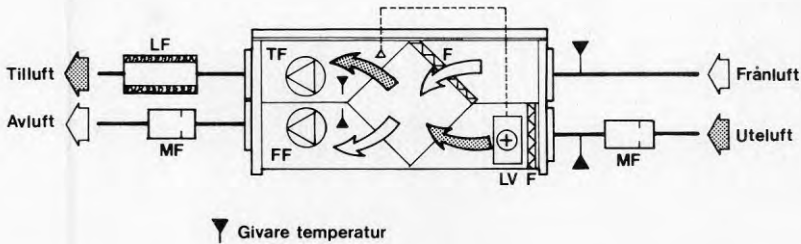


FIG.7.2 Flödesschema ventilationsaggregat

Tilluft blåses in i sovrum och vardagsrum genom tilluftsdon placerade i takets bakkant, fabrikat Fläkt AB typ CTVA. Frånluft suges ut ur samtliga våtutrymmen via kontrollventiler, typ KGEB-1, och från klädkammaren med KGEZ-06. Projekterade luftmängder framgår av TAB.7.1. Ett luftmängdsprotokoll upprättades för ventilationsanläggningen inom varje hus, där injusterade och uppmätta luftmängder redovisades. I de flesta fall, bl a i vårt mäthus - hus A, redovisades dessa protokoll utan att någon mätning av injusterat flöde hade utförts.

TAB.7.1 Projekterade luftmängder.

	m^3/h
Tilluft;	
sovrum, 8 m^2	25
sovrum, 10 m^2	25
sovrum, 10 m^2	25
sovrum, 12 m^2	36
vardagsrum, 20 m^2	<u>36</u>
Summa	147
Frånluft;	
kök	36 (108)
tvätt	36
WC/dusch	36
bad	36
klädkammare	<u>7</u>
Summa	151
Förhållandet F/T	151/147 = 1.027

Projekterat förhållande frånluft/tilluftsmängd ligger mycket nära 1 (1.02). Mätningar av ventilationsmängderna, se TAB.7.2 och även avsnitt 7.4, visar emellertid att förhållandet frånluft/tilluft vid inflyttningen i hus A låg på 1.20 och inte på projekterade värden. En stor tilluftsmängd skulle vara gynnsamt ur energisynpunkt, då i stort sett all tilluft värmväxlas. Risker är emellertid uppenbar att frånluften, som är mest känslig för försmutsning av filter och don, då minskar. Då riskerar man att få ett förhållande på under ett, vilket resulterar i ett övertryck i huset. Varm och relativt fuktig luft kan då pressas ut i byggnadskonstruktionen och kondensera vid kall väderlek. Flertalet tillverkare förordar i dag ett förhållande på 1.1 till 1.25, och rekommenderar dessutom täta filterrengöringar. Mycket tyder dock på att man måste ha ett rensningsintervall av filterna på ca 1 månad om man skall säkerställa ett undertryck i huset. Undersökningar utförda av SIB i Gävle pekar på att man vid rensningsintervallet 3 månader behöver ha ett förhållande uppåt 1.5 på frånluft/tilluftsmängd för att säkerställa ett undertryck. Den skillnad i luftmängd som finns mellan till- och frånluft kommer in

genom de springor och otätheter som finns även i ett väl tätat hus.

TAB.7.2 Uppmätt luftmängd 18/7-80 (inflyttning) samt uppmätt luftmängd 1/9-81 (efter 1 år)

18/7-80

Läge	Tyristor	Spjäll	Q_{till}	$Q_{från}$	Q_f/Q_t
Normalläge	max	min	121	145	1.20
Forcerad kök	max	max	124	175	1.41
Reducerad vent	min	min	105	120	1.14

1/9-81

	Tyristor	Spjäll i kök	Q_{till}	$Q_{från}$	Q_f/Q_t
	Max	Min	122	138	1.13
	Min	Min	105	125	1.19

Spiskåpan är en volymkåpa av fabrikat Fläkt AB, typ CPAC. Där finns reglage för steglös reglering av till- och frånluftsflödet på mellan 50 och 100% av fullt flöde enligt tillverkaren. Maxläget på fläkreglaget skall ge projekterat maxflöde 0.5 omsättningar i timmen, vilket är minkravet i Byggnormen. Minläget ger endast hälften av minkravet i Byggnormen. Detta läge rekommenderas endast vid mycket låga utetemperaturer och vid längre tids bortvaro från bostaden. Strax efter inflyttningen frestades många att sänka ventilationen beroende på besvärande ljud från ventilationsanläggningen, främst från kökskåpan och tillluftsdonen i sovrummen. Genom information till husägarna i detta projekt står numera de flesta reglagen på max, som alltså skall ge 0.5 oms/h. Ett mekaniskt spjäll i spiskåpan ger i öppet läge en forcerad ventilation genom spiskåpan, som enligt tillverkaren då kommer upp i 90% uppfångningsförmåga. Totala frånluftsmängden ökar vid forcerad ventilation, men en stor del av ökningen genom kökskåpan sker på bekostnad av en reducerad ventilation i övriga utrymmen med frånluft, se TAB.7.2 och 7.3. Spjället måste återställas manuellt.

7.2 Ombyggd anläggning

Vårt speciella mäthus, hus A, försågs efter ett år (augusti 81) med en större frånluftsfläkt och injusterades på nytt. Förändringen gjordes för att komma upp i en större ventilationsgrad, från 0.5 till ca 0.7 oms/h vid normaldrift (maxläge på fläkthastighet och ingen forcering). Detta var ett önskemål från husägaren som främst ville förbättra köksventilationen. De luftmängder som injusterades redovisas i TAB.7.3. Under våren det tredje mätåret byttes spiskåpan också ut, då tyristorerna i den gamla kåpan inte reducerade fläktarnas varvtal från 100% till 50% som tillverkaren uppgett. Endast en reduktion till 80% av flödet erhöles. Denna reduktion var för liten med de nya luftmängderna. Den nya kåpan var dessutom försedd med timer och automatisk återställning av spjället vid forcerad ventilation i köket, en funktion som saknades i den gamla kåpan. Kontinuerliga mätningar som visar effekterna av de gjorda förändringarna på luftmängderna visas under avsnitt 7.4.

TAB.7.3 Hus A, flöden efter byte av spiskåpa.
Mätvärden från den 13/3 1983.

Tyristor	Spjäll	oms/h	Flöde, m ³ /h		
			Frånluft	Tillluft	Förhållandet frånluft/tillluft
Min	Min	0.41	115	95	1.21
Min	Max	0.44	125	95	1.32
50%	Min	0.55	155	130	1.2
50%	Max	0.62	175	130	1.35
Max*	Min*	0.62	175	150	1.15
Max	Max	0.73	205	150	1.37

* normalläge

Möjligheten att hålla den högre luftomsättningen, ca 0.7 oms/h, utnyttjas i hus A under merparten av året. Vintertid reduceras luftmängden regelmässigt genom fläktrglaget till ett mellanläge

som ger ca 0.5 oms/h. Detta görs av komfortskäl. Vid mycket låga temperaturer, -10°C eller lägre, utnyttjas minläget - ca 0.3 till 0.4 oms/h - dygnet om, bortsett från vid matlagning och vid drift av torkskåpet.

7.3 Uppmätta temperaturer

För de olika ventilationsaggregaten i hus A till H har temperaturer mätts som timvisa momentanvärden. Mätpunktsplacering visades i FIG.7.2. Förändringar i frånluftstemperaturer kan ske snabbt, liksom temperaturvariationer i tilluften då elbatteriet slår till. Avläsning momentant varje timme är inte tillräckligt för att helt följa dessa förlopp, men genom mångfalden av mättillfällen kompenseras detta delvis.

Värmeväxlarens funktion under en vintervecka i december 1981 kan studeras i FIG.7.3.

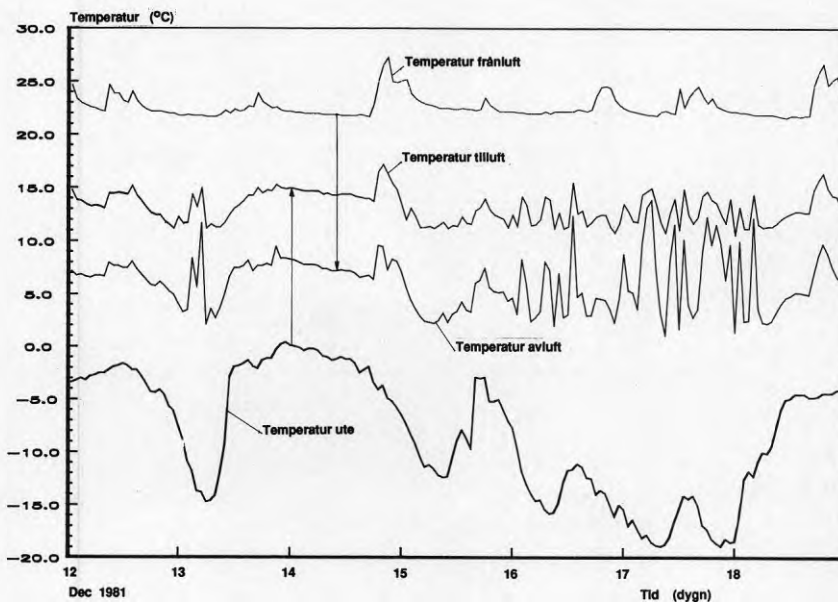


FIG.7.3 Temperaturer före och efter ventilationsaggregat under 6 dagar i februari 1981

De inritade pilarna för den 14/12 visar den sänkning av frånluftstemperaturen och den höjning av tilluftstemperaturen som sker i värmeväxlaren. Under de kallare dygnet från den 16 december har värmen från frånluften inte varit tillräcklig för att värma upp tilluften till $+11^{\circ}\text{C}$. De svängningar som då finns på tilluften beror på att elbatteriet för eftervärmning och avfrostning varit på. Eftersom värmebatteriet på denna modell är placerat före värmeväxlaren i tilluften, kommer även avluften att via värmeväxlaren värmas upp. Värmeväxlingsfunktionen kommer av denna anledning delvis att sättas ur spel under kalla perioder.

Tilluftens temperatur kan bättre studeras för hela eldnings säsongen (oktober 81 - april 82) i FIG.7.4, som visar hur tilluftstemperaturen varierar för hus A vid olika utetemperaturer.

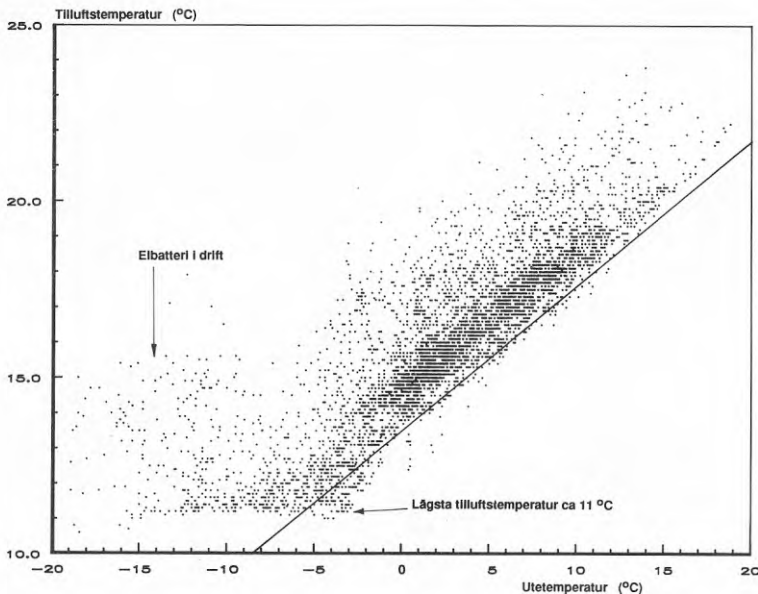


FIG.7.4 Tilluftstemperaturen som funktion av utetemperaturen under eldnings säsongen 1987/82 för hus A

Sambandet är starkt och avviker endast vid utetemperaturer under ca -3°C , där tilluftstemperaturen begränsas till ca $+11^{\circ}\text{C}$ av elbatteriet. Avvikelsen i y-led varierar upp mot 5°C och

beror främst på varierande frånluftstemperaturer och variationer i luftmängder, eller med andra ord hur mycket värme som finns tillgänglig i frånluften. Vi har manuellt lagt in en linje vid den nedre avgränsningen av mätpunkterna. Avvikelsen från denna linje för varje mätvärde i FIG.7.4 visas i FIG.7.5 (bortser från värden under $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, vilket gör att regressionslinjen parallellförskjuts neråt). Vi kan konstatera ett klart samband mellan avvikelsen från linjen och frånluftstemperaturen. Ju högre frånluftstemperatur desto högre tilluftstemperatur. Det redovisade sambandet i FIG.7.5 har beräknats ur samtliga mätvärden med minsta kvadratmetoden och lutningen visar att varje ökning av frånluftstemperaturen med $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ger en höjning av tilluftstemperaturen med ca $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ för hus A (jämför temperaturverkningsgrad).

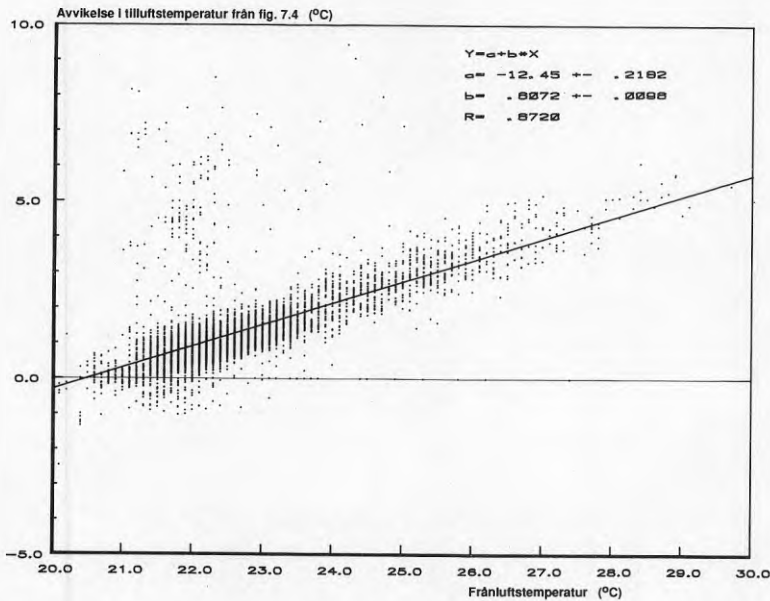


FIG.7.5 Avvikelsen i y-led (skillnad i tilluftstemperatur) från FIG.7.4 som funktion av frånluftstemperaturen

Flera mätpunkter i FIG.7.4 vid utetemperaturer under $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ till $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ faller utanför det gängse mönstret på grund av elbatteriet. Detta framgår ännu tydligare i FIG.7.5 där mätvärden som avviker mer än $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ över den framräknade linjen är timvärden då

elbatteriet varit i drift.

Motsvarande figurer för övriga hus skiljer sig främst från hus A genom varierande tilluftstemperaturer då elbatteriet går in, från ca +10 till +13 °C för olika aggregat. Vid en ökning av frånluftstemperaturen med 1 °C ökar tilluftstemperaturen i övriga hus med ca 0.8 °C, troligtvis beroende på de lägre luftmängderna (större förhållande f/t), samt att man har ca 0.5 oms/h i dessa hus jämfört med ca 0.7 oms/h för hus A.

Fabrikanten anger i ett diagram hur tilluftstemperaturen beror på utetemperaturen. Variationer i temperaturverkningsgrad skulle ge olika tilluftstemperaturer vid samma utetemperatur, liksom vi i FIG.7.5 visat att tilluftstemperaturen varierar med frånluftstemperaturen. I FIG.7.6 har avvikelsen i tilluftstemperatur plottats mot de aktuella temperaturverkningsgraderna för respektive timme. Sambandet mellan tilluftstemperatur och temperaturverkningsgrad är inte lika starkt.

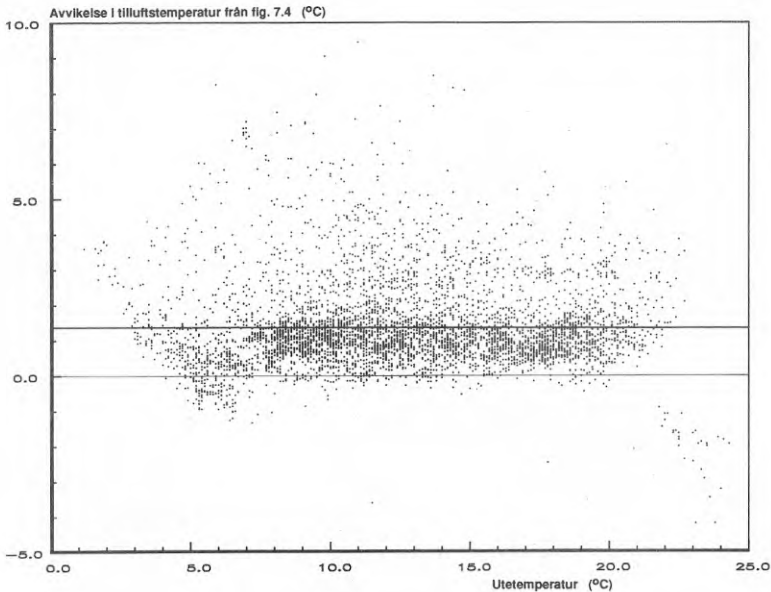


FIG.7.6 Avvikelsen i y-led (skillnad i tilluftstemperatur) från FIG.7.5 som funktion av temperaturverkningsgraden

Till-, från- och avluftstemperaturer för hus A till H redovisas i FIG.7.7, 7.8 respektive 7.9 som månadsmedelvärde under eldnings-säsongen oktober 81 till och med april 82. Utetemperaturer redovisas i FIG.7.7. Värdena redovisas också i TAB.7.4, 7.5 och 7.6.

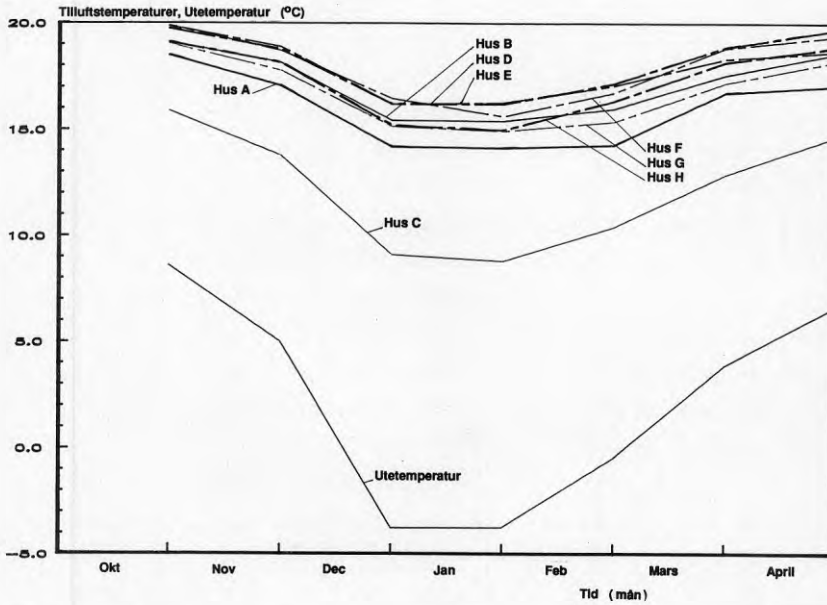


FIG.7.7 Tilluftstemperaturer och utetemperaturer för hus A till H som månadsmedelvärde under eldnings-säsongen 1981/82

TAB.7.4 Tilluftstemperaturer under perioden okt 81 till apr 82

Hus	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mars	Apr	Summa okt-apr
A	18.49	17.06	14.18	14.13	14.28	16.74	17.06	15.99
B	15.92	13.80	9.13	8.83	10.45	12.90	14.70	12.25
C	19.75	18.78	16.20	16.20	17.17	18.88	19.71	18.10
D	19.89	18.90	16.21	16.27	17.09	18.34	18.68	17.01
E	19.90	18.72	16.47	15.63	16.75	18.85	19.40	17.96
F	19.06	17.79	15.16	14.95	15.40	17.22	18.24	16.83
G	19.12	18.14	15.19	14.97	16.35	18.16	18.88	17.26
H	19.14	18.16	15.44	15.41	16.00	17.58	18.58	17.19
A-H	18.91	17.70	14.75	14.55	15.44	17.33	18.16	16.57
T _{ute}	8.63	5.02	-3.73	-3.71	-0.43	3.91	6.69	2.34

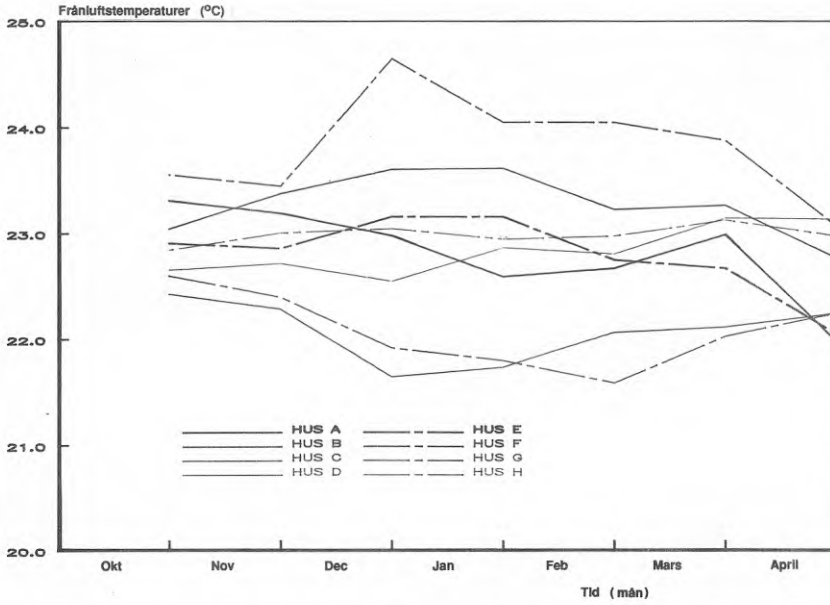


FIG.7.8 Frånluftstemperaturer för hus A till H som månadsmedelvärden under eldningssäsongen 1981/82

TAB.7.5 Frånluftstemperatur under perioden okt 81 till apr 82

Hus	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mars	Apr	Summa okt-apr
A	23.31	23.19	22.98	22.59	22.67	22.99	21.98	22.81
B	22.43	22.29	21.65	21.74	22.07	22.12	22.25	22.08
C	22.66	22.72	22.55	22.87	22.81	23.15	23.14	22.84
D	22.91	22.86	22.68	23.16	22.75	22.67	22.05	22.73
E	23.56	23.45	24.65	24.05	24.05	23.88	23.07	23.82
F	22.60	22.40	21.92	21.80	21.59	22.03	22.25	22.08
G	22.85	23.01	23.05	22.95	22.98	23.13	22.93	22.98
H	23.05	23.38	23.61	23.62	23.23	23.27	22.77	23.27
A-H	22.92	22.91	22.89	22.85	22.77	22.91	22.56	22.83
T _{ute}	8.63	5.02	-3.73	-3.71	-0.43	3.91	6.69	2.34

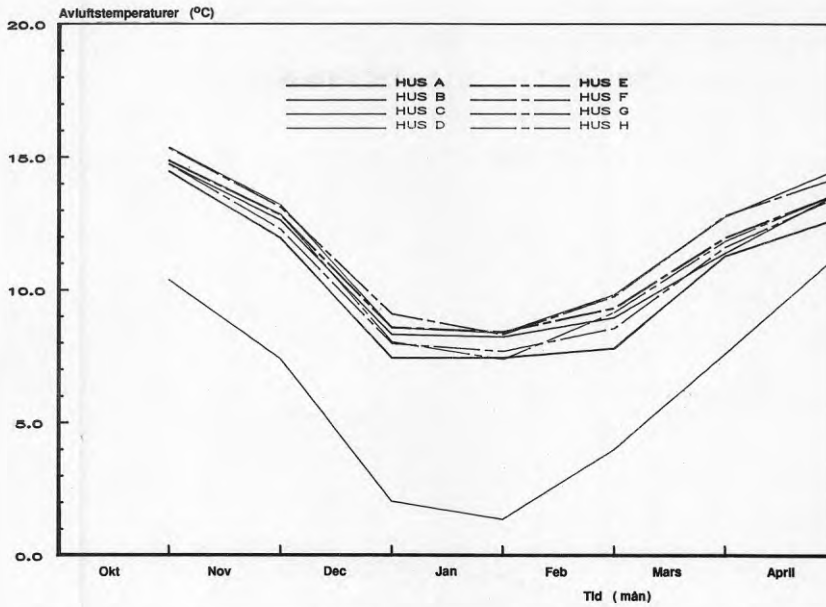


FIG.7.9 Avluftstemperaturer för hus A till H som månadsmedelvärde under ledningssäsongen 1981/82

TAB.7.6 Avluftstemperaturer under perioden okt 81 till apr 82

Hus	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mars	Apr	Summa okt-apr
A	14.46	11.95	7.43	7.45	7.81	11.30	12.70	10.44
B	10.39	7.41	2.06	1.39	4.02	7.61	11.29	6.31
C	15.38	13.21	8.58	8.39	9.85	12.79	14.56	11.82
D	14.87	12.83	8.58	8.42	9.33	11.99	13.63	11.38
E	15.35	13.12	9.09	8.33	9.78	12.83	14.25	11.82
F	14.75	12.29	7.97	7.69	8.57	11.64	13.52	10.92
G	14.89	12.85	8.04	7.39	9.18	11.87	13.66	11.13
H	14.75	12.63	8.32	8.24	8.98	11.42	13.63	11.14
A-H	14.36	12.04	7.51	7.16	8.44	10.18	13.41	10.62
T _{ute}	8.63	5.02	-3.73	-3.71	-0.43	3.91	6.69	2.34

I FIG.7.10, 7.11 och 7.12 redovisas till-, från- och avluftstemperaturernas beroende på utetemperatur, allt redovisat som månadsmedelvärden. Variationer i frånluftstemperaturen har inget samband med varierande utetemperatur. Korrelationskoefficienten är som regel mycket låg, ner till 0.1. Sambanden mellan tillluftens och avluftens temperatur och utetemperatur är emellertid mycket starka. Korrelationskoefficienten ligger för samtliga hus på ca 0.99.

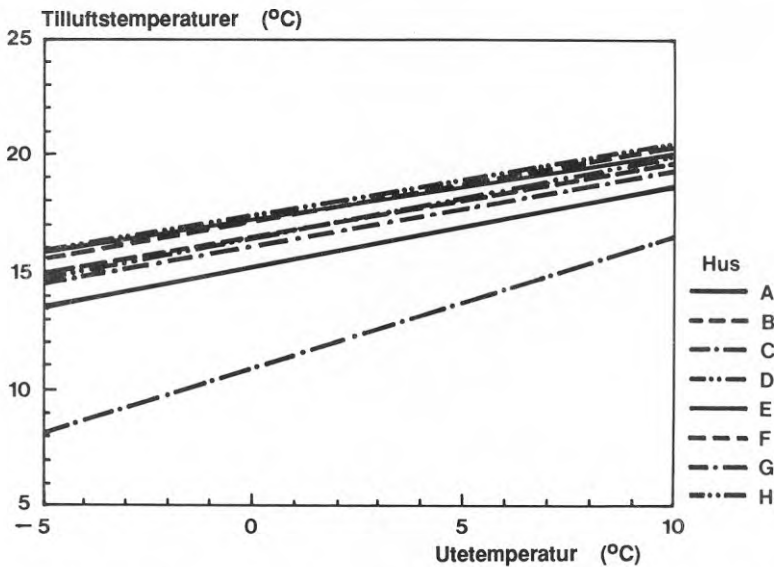


FIG.7.10 Tilluftstemperaturernas funktion av utetemperaturen för hus A till H som månadsmedelvärde under eldningssäsongen 1981/82

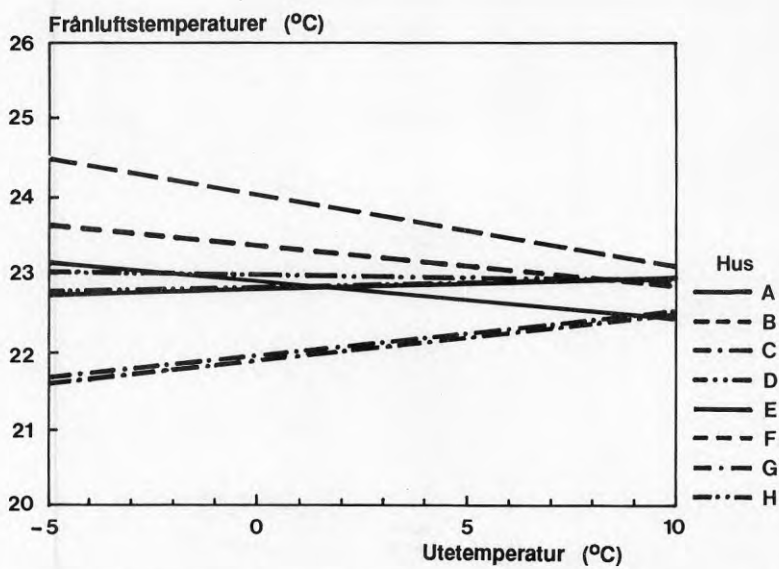


FIG.7.11 Frånluftstemperaturernas funktion av utetemperaturen för hus A till H som månadsmedelvärde under eldnings-säsongen 1981/82

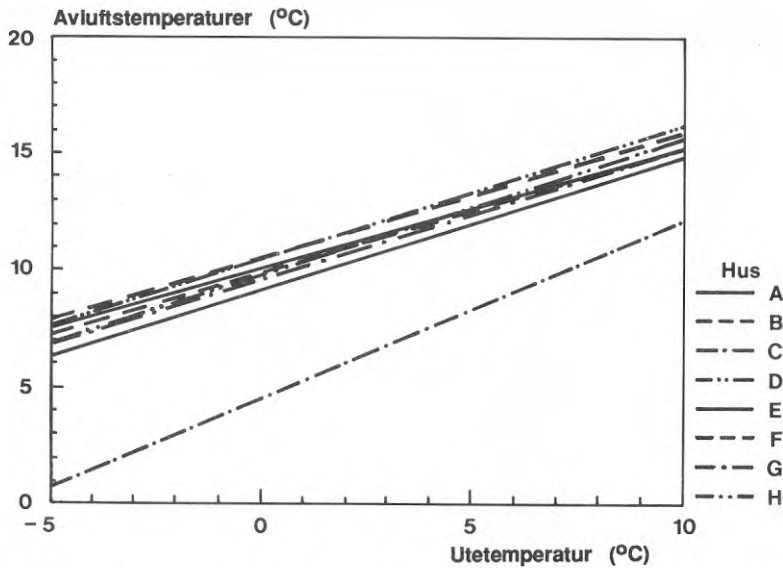


FIG.7.12 Avluftstemperaturernas funktion av utetemperaturen för hus A till H som månadsmedelvärde under eldnings säsongen 1981/82.

I denna typ av värmeåtervinningsaggregat har man normalt ingen möjlighet att koppla bort värmeåtervinningsfunktionen t ex sommartid. Sommarinsatser som ersätter värmväxlarpaketet finns, men har inte utnyttjats i detta projekt. Vid mycket höga temperaturer sommartid får värmeåtervinningen negativa konsekvenser. Genom att tilluften värms av den förbrukade frånluften kan man inte utnyttja tilluften och ventilationssystemet för att kyla ner huset natetid. Den praktiska betydelsen av detta skall emellertid inte överdrivas. Faktum är att man riktigt varma dagar kyler tilluften de timmar när det är som varmast ute. Detta beror på att temperaturen inne, och därmed frånluften, är kallare än utetemperaturen under dessa timmar.

Temperaturförloppet före och efter värmväxlare under några extremt varma sommandagar redovisas i FIG.7.13. Som synes kyla tilluften dagtid av den svalare frånluften, vilket är markerat i figuren. Växlarens "normala" funktion, värmeåtervinning ur frånluften till tilluften, erhålles nattetid. Detta får under varma dagar närmast betraktas som en nackdel då lägsta möjliga tilluftstemperatur är önskvärt för att kyla ut huset nattetid. En sommarinsats under sommarmånaderna tar bort värmväxlingsfunktionen helt. Observera att tilluftstemperaturer (= utetemperaturer med sommarinsats) under $+11^{\circ}\text{C}$ sätter igång elbatteriet, som alltså måste kopplas bort. En viss risk för yttre kondens på ventilationskanalerna inne i huset uppstår också. Det är alltså viktigt att byta till värmväxlarpaketet i tid inför hösten.

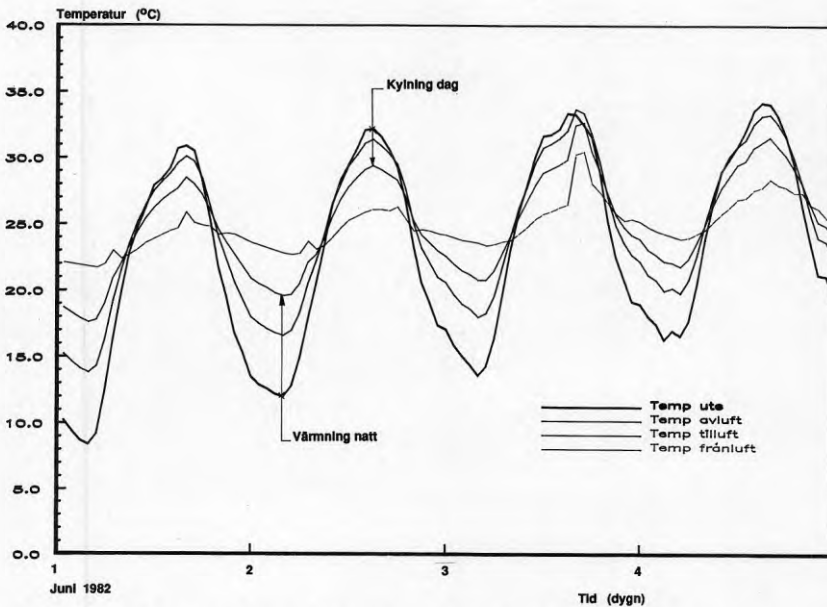


FIG.7.13 Temperaturer före och efter värmväxlaren hus A under några extremt varma sommandagar juni 1982

Temperaturskillnaden mellan innetemperatur-utetemperatur (motsvaras av ett fall utan värmeväxling eller med sommarinsats) samt innetemperatur-tilluftstemperatur (fallet med värmeväxling) som ett medeldygn av de fyra redovisade dygnen visas i FIG.7.14. Här ser man hur mycket tilluften med eller utan värmeväxling kyler respektive värmer räknat i °C. Temperaturskillnaderna omräknat till kylande effekt redovisas i FIG.7.15 som ett medelvärde av samma dygn (luftmängden 120 m³/h i tilluft använd). Man får då fram kyleffekten nattetid respektive värmeeffekten dagtid som erhålls av ventilationsanläggningen.

Det är troligt att man under varma dygn som de redovisade vädrar flitigt, förhoppningsvis under den kallare delen av dygnet. Härigenom kommer man troligen upp i luftomsättningar och kylande effekter som vida överstiger de som redovisats ovan.

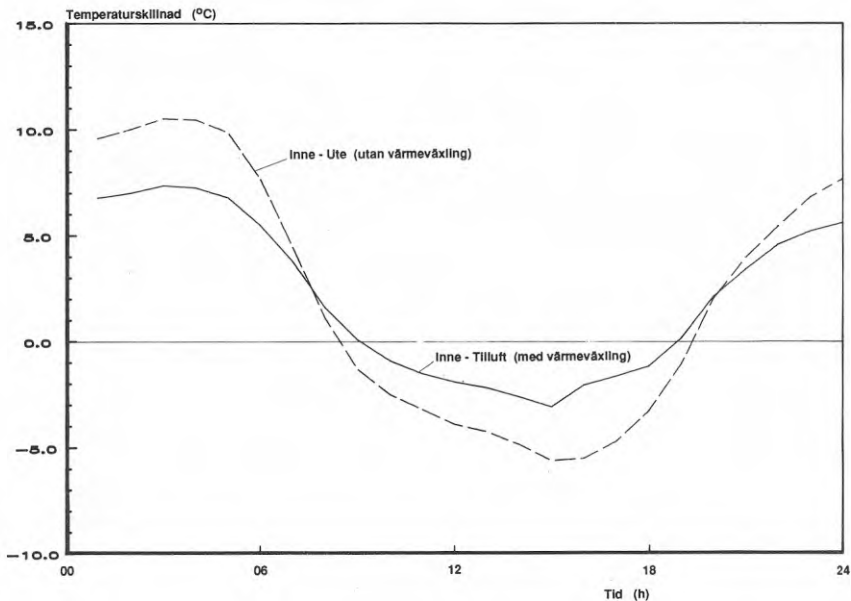


FIG.7.14 Temperaturskillnaden inne-ute (motsvarar ett fall utan värmeväxling) samt temperaturskillnaden inne-tilluft (motsvarar ett fall med värmeväxling) för ett medeldygn beräknat ur de 4 dagarna i FIG.7.13.

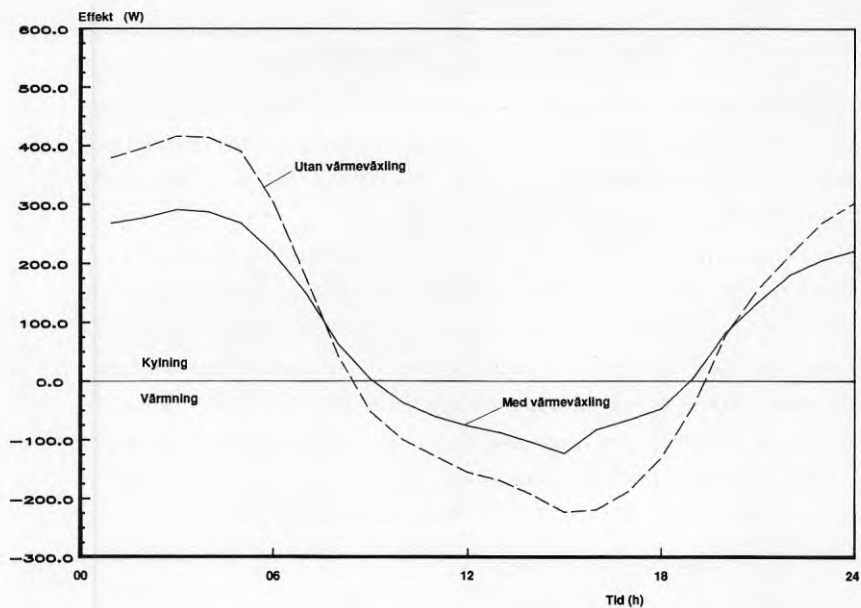


FIG.7.15 Kylande respektive värmande effekt på grund av ventilationssystemet för fallen med/utan värmeväxling för ett medeldygn beräknat ur de 4 dagarna i FIG.7.14.

7.4 Uppmätta luftmängder

Under det tredje året, 82/83, genomfördes timvisa mätningar under mars 1983 då även kontinuerliga mätningar av luftmängder ingick. Även begränsade mätningar med 5 minuters intervall genomfördes på ventilationssystemet. Mitt under mätperioden byttes spiskåpan med tillhörande tyristorreglering av fläktvarvtalet då den befintliga varvtalsregleringen fungerade dåligt.

FIG.7.16 visar från- och tillluftsflödet under perioden 24/2-23/3 1983. Filterrengöring är utförd den 8/3 och byte av tyristorregleringen och spiskåpan är utförd den 13/3. Frånluftsflödet ökar markant vid filterrengöringen från en nivå på ca 140-150 m³/h till 170-180 m³/h, vilket motsvarar en luftsättning på 0.5 respektive 0.65 oms/h. Tilluftsflödet ökar endast marginellt. Efter bytet till spiskåpan med automatisk återgång av forceringen med en timer, syns också forceringen av frånluften tydligt med toppar på drygt 200 m³/h.

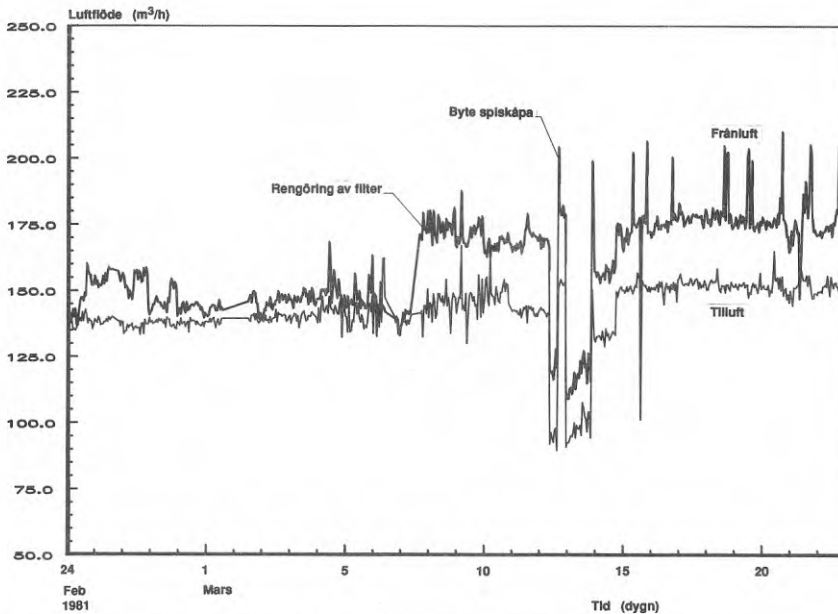


FIG.7.16 Till- och frånluftsflödet för hus A under en månad våren 1983

Även drift på lågvarv med små luftflöden är nu möjligt, ca 90 respektive 120 m³/h, vilket provas den 13 och 14/3. Detta minflöde motsvarar ca 0.4 luftomsättningar och uppnås med rena filter.

Förhållandet mellan frånluftsmängd och tilluftsmängd bör vara väl över ett, vilket behandlades inledningsvis under avsnitt 7.1. Det uppmätta förhållandet för de 28 dagarna redovisas i FIG.7.17. Man ligger farligt nära förhållandet 1 före filterrengöring. Med de projekterade mängderna, som ger ett förhållande på ca 1 redan vid rena filter, hade man troligen i detta läge varit under 1. Efter filterrengöring ligger man som synes på ca 1.15 och vid force-ringar av köksventilationen kommer man upp i ett förhållande på upp mot 1.4.

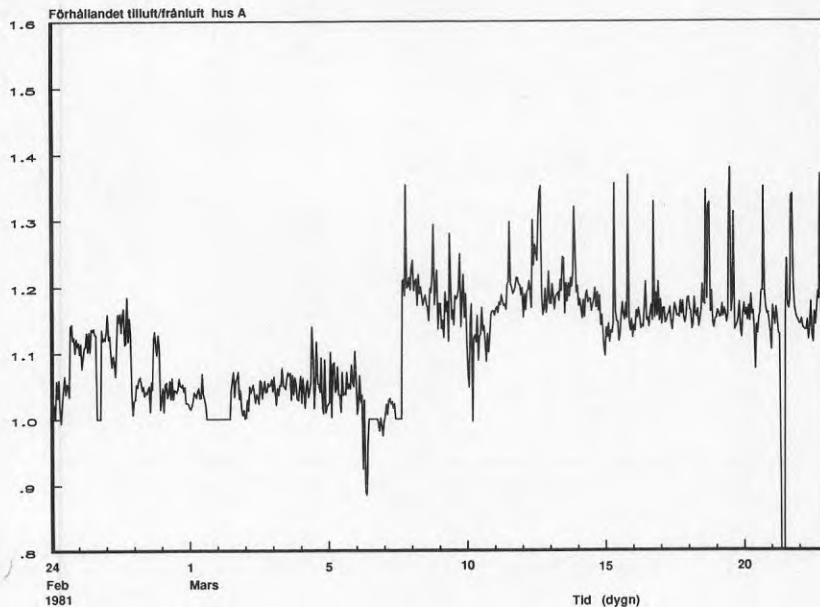


FIG.7.17 Förhållandet mellan frånluftsmängd och tilluftsmängd under 28 dagar

Luftmängdsmätningarna visar att man i huvudsak ligger på en viss flödesnivå, baserad på aktuellt fläktvarv, men att man också har vissa fluktuationer i flödet. Intressant i detta sammanhang är eventuell avvikelse till följd av vindpåverkan. Intensivmätningar med 5 minuters intervall genomfördes under 8 timmar en blåsig dag med medelhastigheter på upp till 12 m/s. Bortsett från sista timmen stod huset tomt, så ingen annan påverkan av ventilationssystemet fanns.

I FIG.7.18 redovisas från- och tilluftsflödets beroende av vindhastigheten.

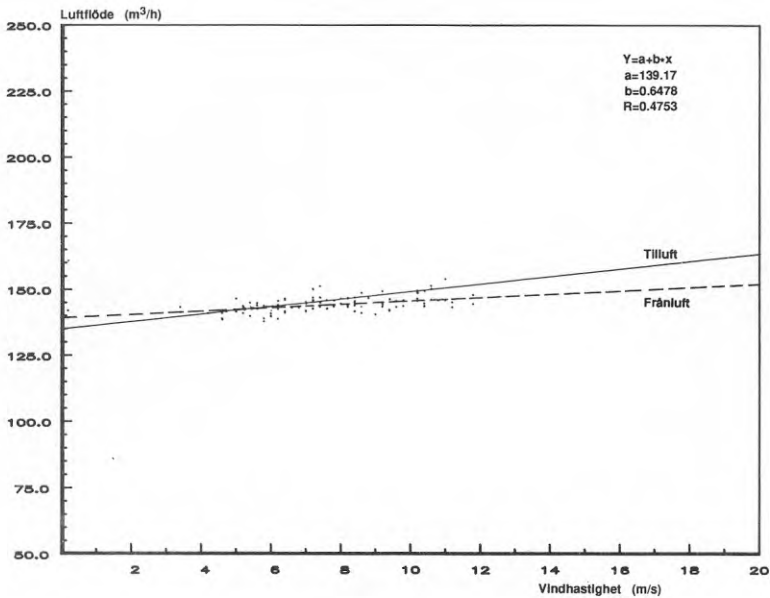


FIG.7.18 Frånluftsflödet och tilluftsflödet som funktion av vindhastigheten

Mätpunkterna som redovisats gäller frånluften och sambandet har beräknats enligt minsta kvadratmetoden. Sambandet är svagt och lutningen på linjen anger ökningen $0.7 \text{ m}^3/\text{h}$ (ca 0.5%) för varje ökning av vindhastigheten med 1 m/s. För tilluften, som har ett större vindberoende genom det mindre totaltryckfallet, är beroendet större, ca $2 \text{ m}^3/\text{h}$ (ca 1.4%) för varje ökning med 1 m/s i vindhastighet. Endast beräknad regressionslinje är här redovisad. Korrelationskoefficienten för de båda beräkningarna är låg, ca 0.5. Vid motsvarande analys för alla timmar under de 28 dagarna med timvisa mätningar kan inget samband spåras. Troligen beror detta på att andra och starkare faktorer än vindhastigheten bestämmer flödet. Det skall också påpekas att dessa mätningar är gjorda på hus A med sitt modifierade system som är mer vindkänsligt på tilluftssidan. För att komma upp i de önskade luftmängderna har tilluftsspjället öppnats helt, vilket gör detta system mer känsligt för påverkan av t ex vind. I frånluftssystemet har man större tryckdifferenser över t ex donen och känsligheten är som synes mindre.

De spårgasmätningar som genomfördes vintern 81 i hus A redovisas i TAB.7.7. Observera här att även infiltrationsmängden ingår, en post som under normala förhållanden ligger väl under 0.1 oms/h. För normalläget, maxhastighet på fläkten och kökspjället stängt, ökar luftomsättningen från i genomsnitt 0.61 till 0.73 oms/h för detta hus, en ökning med 0.12 oms/h eller 34 m³/h.

TAB.7.7 Luftomsättningsmätning med spårgas före och efter rengöring av ventilationsvärmexlare i hus A.

Dag	Kl	Tyristor	Köks- spjäll	Medelvärde			Luftoms/h
				Vind m/s	Tute °C	Tinne °C	
1981							
4/11	20-21	max	min				0.59
	21-22	max	min N	7	+9	+23	0.56
	22-23	max	min				0.65
						medel	<u>0.60</u>
5/11	09-11	max	min N	9	+7	+22	0.69
	10-11	max	min				0.58
						medel	<u>0.63</u>
5/11	19-20	max	min N	7	+8	+22	0.56
	20-21	max	min				0.62
						medel	<u>0.59</u>
6/11	09-10	max	max F	7	+5	+22	0.60
	10-11	max	max				0.66
						medel	<u>0.63</u>
12/11	- Rengöring filter, fläktar, värmexlare						
15/11	19-20	max	min N	1	+0	+23	0.72
	20-21	max	min				0.77
						medel	<u>0.74</u>
16/11	10-11	min	min M	5	+4	+23	0.55
	11-12	min	min				0.53
						medel	<u>0.54</u>
16/11	14-15	max	min N	5	+4	+23	0.75
	15-16	max	min				0.69
						medel	<u>0.72</u>

7.5 Värmeväxlarens verkningsgrad

7.5.1 Temperaturverkningsgrad

Värmeväxlarens temperaturverkningsgrad definieras enligt

$$\eta_t = \frac{t_{\text{till}} - t_{\text{ute}}}{t_{\text{från}} - t_{\text{ute}}} * 100\%$$

där

η_t = temperaturverkningsgrad

$t_{\text{från}}$ = frånluftstemperatur

t_{ute} = utetemperatur

t_{till} = tilluftstemperatur

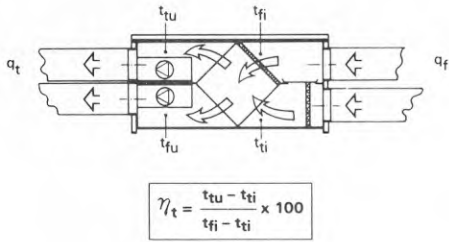
Ingen hänsyn tas till luftmängder i detta uttryck. Temperaturverkningsgraden kan därför vara ett dåligt mått på hur mycket energi man återvinner. Temperaturverkningsgraden ökar om förhållandet frånluft/tilluft överstiger 1, medan energiverkningsgraden då minskar. Energiverkningsgraden, som anger hur mycket energi som återvinnes till tilluften av den tillgängliga energin i frånluften, beskrivs i avsnitt 7.5.2.

De temperaturverkningsgrader som redovisades av tillverkaren redovisas i FIG.7.19 och gäller för torr växlare och luftmängder vid +20 °C.

Kontinuerliga temperaturmätningar har genomförts på de åtta aggregaten inom hus A till H. Hus A har ett något modifierat system, se avsnitt 7.2. Hus C redovisas inte på grund av driftsproblem. Momentant timvis uppmätt temperaturverkningsgrad för hus E som funktion av utetemperaturen redovisas i FIG.7.20. Mätningen omfattar perioden oktober 81 till och med april 82. Ett starkt samband finns. Från i genomsnitt ca 75% vid -5 °C till ca 80% vid ca +10 °C. De avvikande värdena som finns vid utetemperaturen under ca -5 °C härrör från timmar då avfrostnings/eftervärmningsfunktionen varit inkopplad och dessa mätvärden är inte intressanta i detta sammanhang.

Temperaturverkningsgrad Tabell 1

Benämning	Beteckning	Sort
Temperaturverkningsgrad	η_t	%
Tilluftstemperatur, in	t_{ti}	°C
Tilluftstemperatur, ut	t_{tu}	°C
Frånluftstemperatur, in	t_{fi}	°C
Frånluftstemperatur, ut	t_{fu}	°C
Tilluftslöde genom RDAA	q_t	l/s
Frånluftslöde genom RDAA	q_f	l/s



$$\eta_t = \frac{t_{tu} - t_{ti}}{t_{fi} - t_{ti}} \times 100$$

Temperaturverkningsgrad Diagram 4

Temperaturverkningsgraden i diagram 4 gäller för torr värmeväxlare. Vid kondensvattenutfällning blir verkningsgraden högre.

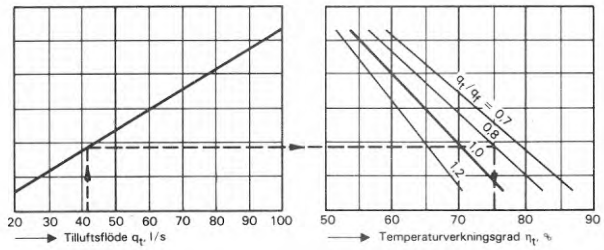


FIG.7.19 Värmeväxlarens temperaturverkningsgrad enligt tillverkaren

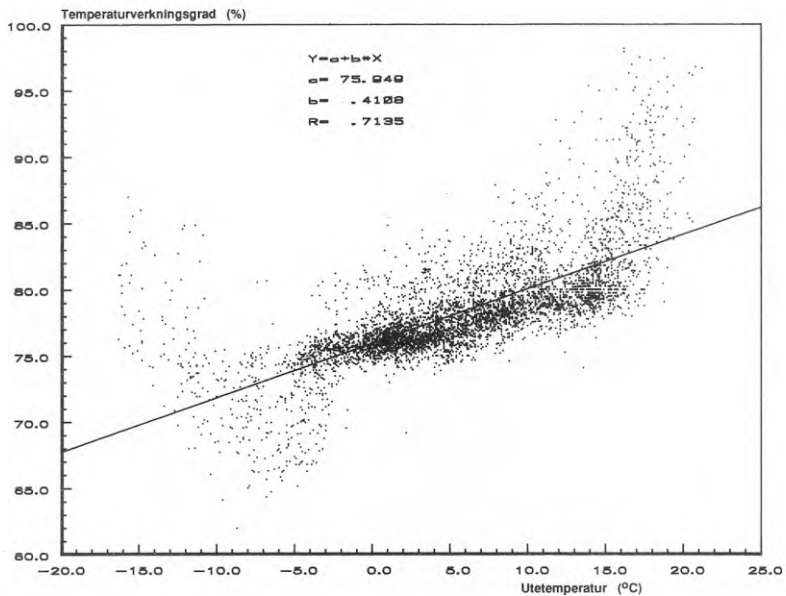


FIG.7.20 Temperaturverkningsgraden för hus E som funktion av utetemperaturen

En avvikelse finns på upp till +5% och -3% från linjen som beräknas från samtliga mätvärden genom minsta kvadratmetoden. Sannolikt beror detta på variationer i luftfuktighet och luftmängder. De senare förorsakade både genom försmutsning respektive rengöring av filter samt normala handreglerade förändringar, t ex forceringar genom kökskåpan. Variationer i luftmängder medför förändringar i förhållandet frånluft/tilluft och ger därmed temperaturvariationer och variationer i temperaturverkningsgraden.

En sammanställning över månadsvisa medelvärden för samma period, innefattande även hus A med det modifierade systemet, redovisas i FIG.7.21. I figuren redovisas den räta linjen som beräknats med minsta kvadratmetoden ur timvärden för varje hus.

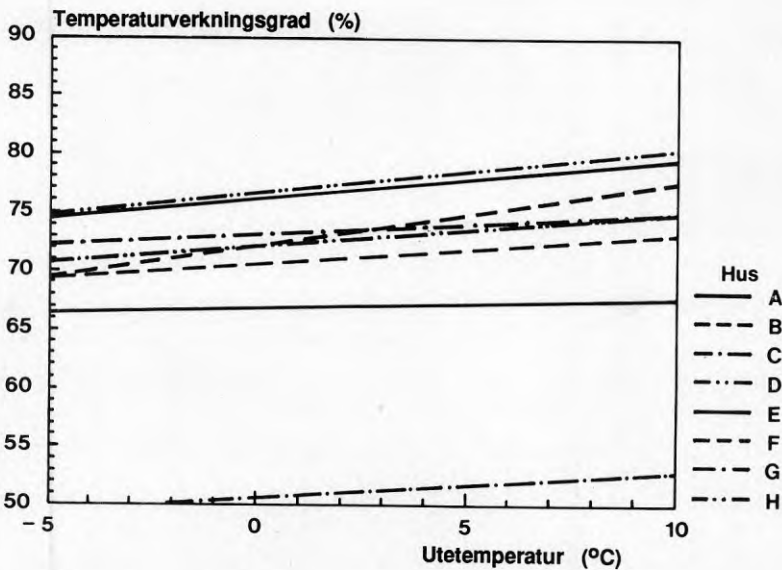


FIG.7.21 Temperaturverkningsgraden som funktion av utetemperaturen för alla 8 mäthusen

Använder man de projekterade mängderna 42 l/s frånluft och 41 l/s tilluft, som ger ett flödesförhållande på 1.02, får vi en temperaturverkningsgrad på ca 72% (FIG.7.19). Detta är en betydligt lägre siffra än de 75 till 80% som uppmätts. Avvikelsen beror till en del på att luften normalt inte är torr, och att kondensering sker i värmeväxlaren. Under sommarhalvåret innehåller uteluften en relativt stor mängd vatten medan temperaturerna på uteluften är ganska höga. Under vinterhalvåret innehåller uteluften en liten mängd vatten, även om den relativa fukthalten är låg, samtidigt som temperaturen på friskluften är låg. Stort absolut vatteninnehåll, som man har vid varma utetemperaturer, är gynnsamt ur kondensationssynpunkt, medan höga temperaturer är en nackdel. Lågt vatteninnehåll som man har vintertid är en nackdel ur kondensationssynpunkt medan de låga temperaturerna då är en fördel. Av FIG.7.20 att döma, är det kombinationen högre temperatur på friskluften och relativt hög lufttemperatur som är mest gynnsamt och som därmed ger den högsta temperaturverkningsgraden.

Det hus som har den i särklass största ökningen i temperaturverkningsgrad över året, hus F, har dessutom den i särklass största förbrukningen av tappvatten. Hushållet innefattar dessutom relativt många personer. Sammantaget innebär detta att man troligen i en betydligt större omfattning än övriga hus befuktar frånluften. För detta hus har temperaturverkningsgraden timvis under perioden oktober-april redovisats i FIG.7.22 för de olika delarna på dygnet i genomsnitt. Perioden kl 13-18 uppvisar den största ökningen av temperaturverkningsgraden, 0.66%, medan man nattetid har den lägsta ökningen, 0.28%. Även absolut sett återfinns detta förhållande, delvis beroende på lägre utetemperaturer nattetid, vilket medför lägre temperaturverkningsgrader. Kompenserar man för detta återstår som synes ändå en skillnad.

Med tanke på den bristfälliga injusteringen har man i praktiken ett flödesförhållande som är större än 1.02 för frånluft/tilluft. Tilluftsmängden är troligen inte så stor som projekterat. Med flödesförhållandet 1.18 för frånluft/tilluft och det för hus A uppmätta tilluftsflödet 34 l/s erhålls i stället 77% i temperaturverkningsgrad vilket stämmer bättre med de uppmätta siffrorna.

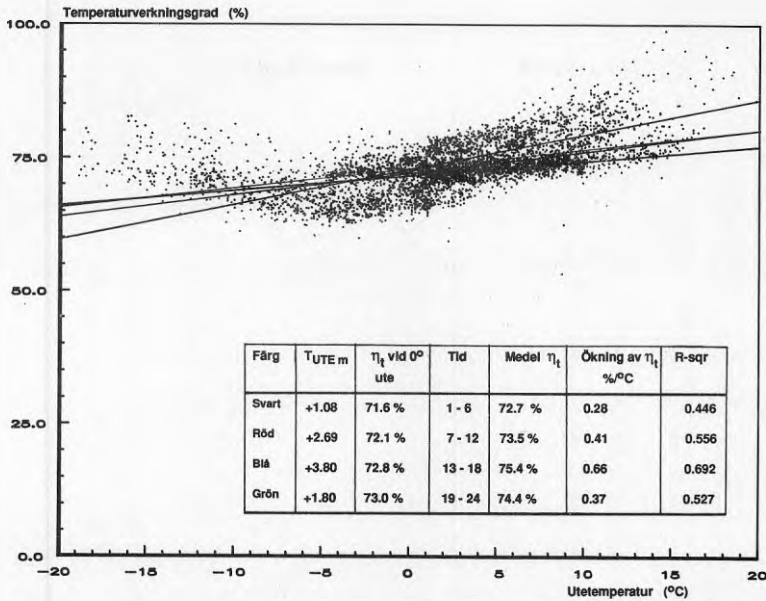


FIG.7.22 Temperaturverkningsgraden för hus F som funktion av utetemperaturen under olika delar av dygnet.

Något som också spelar in är förändringen i luftens densitet vid olika temperaturförhållanden. I FIG.7.23 redovisas det projekte-rade flödesförhållandet med 42/41 l/s för frånluft och tilluft (förhållande 1.02). De temperaturer som är angivna är ett unge-färligt medelvärde för husen under januari och februari 1982. Antar man att volymflödet över fläktarna är konstant oavsett tem- peratur, kommer förändringar i densiteten att ge flödena 44.5/41 för frånluft och tilluft under den redovisade vinterperioden. Detta ger i stället flödesförhållandet 1.08 vilket förbättrar temperaturverkningsgraden med ca 1.5% enligt tillverkaren, se FIG.7.21, vid 3.7 °C ute jämfört med vid +8.6 °C.

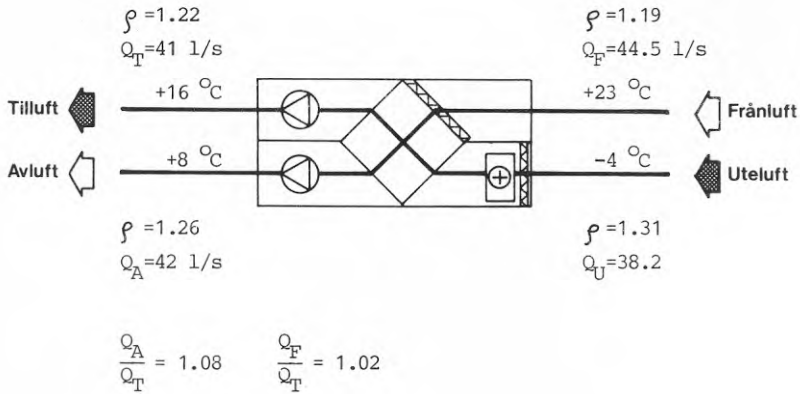


FIG.7.23 Projekterat flödesförhållande för frånluft och tilluft

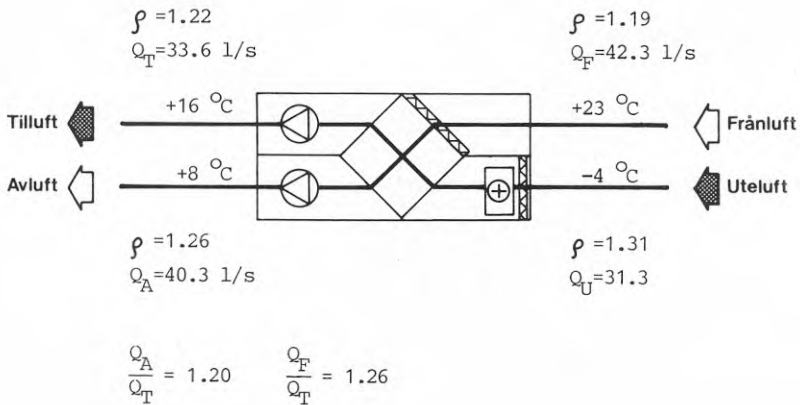


FIG.7.24 Uppmätta flödesförhållanden för frånluft och tilluft för hus A

Motsvarande temperaturer, flöden och densiteter redovisas i FIG.7.24 för det vid inflyttningen uppmätta sambandet för hus A.

Temperaturverkningsgraden ökar i genomsnitt 4.1% för de 6 husen i FIG.7.21. Ungefär hälften av detta kan förklaras av flödesvariationer och förändringar i densiteten. Resterande beror troligen på verkningsgradsförbättringar genom kondens i värmeväxlaren.

Vid rengöring av filterna i värmeväxlaren har vi i tidigare avsnitt kunnat konstatera att förhållandet frånluftsmängd/tillluftsmängd ökar något. Samtidigt bör temperaturverkningsgraden också öka något. Vid den filter- och fläktrengöring som utfördes av skorstensfejarmästaren hade vi tillfälle att studera detta. I TAB.7.8 redovisas ett genomsnitt av en veckas mätningar före och efter rengöringen. Vi kan bara konstatera att man i stort sett ligger på samma nivå före och efter rengöringen.

TAB.7.8 Sotning

η_t vid $T_u=0$ /medel för hus	Före	Efter	Vid 0°C *)	Medel *)
H	71.55/72.42	70.86/71.19	-0.69	-1.23
G	71.10/72.28	71.09/73.31	-0.01	+1.03
F	70.87/72.64	71.33/73.75	+0.46	+1.11
E	72.96/74.62	72.33/73.93	-0.63	-0.69
D	77.29/78.27	76.46/77.74	-0.83	-0.53
C	77.37/78.76	75.97/77.30	-1.40	-1.46
B	50.23/51.80	46.78/50.95	-3.45	-0.85
A	63.24/64.72	66.53/67.52	+3.29	+2.80

*) + = bättre efter, - = sämre efter

Anmärkningar

Hus A har flödesförhållande 1 för till- och frånluft och dessutom en luftomsättning på ca 0.7 på max varv. Därav den sämre temperaturverkningsgraden.

Hus B har med största sannolikhet någon form av läckage av uteluft (från vinden) in i växlaren.

Hus B-H har projekterat flödesförhållande ca 0.8 för till- och frånluft med en luftomsättning på ca 0.5 på max varv.

Hus G har under båda perioderna haft elbatteriet igång vilket möjligen påverkat temperaturverkningsgraden.

7.6 Energiverkningsgrad

Energiverkningsgraden anger hur mycket energi som återvinns till tilluften av den tillgängliga energin i frånluften och definieras här enligt

$$\eta_e = \frac{(t_{till} - t_{ute}) * Q_{till}}{(t_{från} - t_{ute}) * Q_{från}}$$

där

- η_e = energiverkningsgrad
- t_{till} = tilluftstemperatur
- $t_{från}$ = frånluftstemperatur
- t_{ute} = utetemperatur
- Q_{till} = luftmängd tilluft
- $Q_{från}$ = luftmängd frånluft

Det skall påpekas att i detta uttryck tas ingen hänsyn till luftens entalpi. Temperaturer och luftflöden har mätts kontinuerligt timme för timme under en knapp månad i mars 1983 för hus A. Det uppmätta från- och tilluftsflödet under de 28 dagarna redovisades i FIG.7.16, avsnitt 7.5.4. Mitt i perioden syntes bytet av spiskåpa och tyristor som kombinerat med filterrengöring gav högre frånluftsmängder och bättre möjligheter till forcering av köksventilationen. Före bytet låg flödesförhållandet frånluft/tilluft på ca 1 till 1.05 och efter bytet på ca 1.15 till 1.20. Vid forcering av köksventilationen kom man upp i ca 1.35.

Temperaturverkningsgraden och energiverkningsgraden för perioden redovisas i FIG.7.25 och 7.26. Skillnaden mellan dessa redovisas i FIG.7.27. Vid flödesförhållandet lika med 1 finns naturligtvis ingen skillnad mellan temperatur- och energiverkningsgrad. Vid flödesförhållanden på ca 1.1 till 1.2 ligger energiverkningsgraden ca 10% lägre än temperaturverkningsgraden.

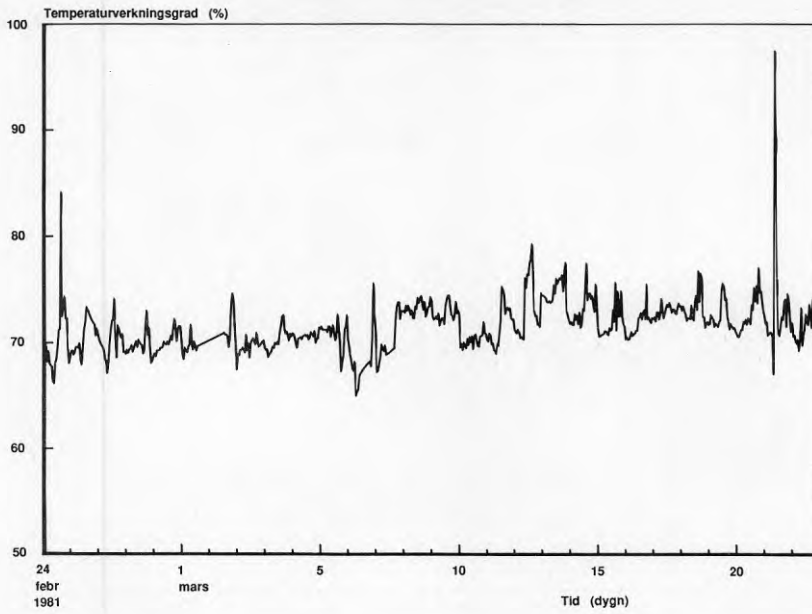


FIG.7.25 Temperaturverkningsgraden för hus A

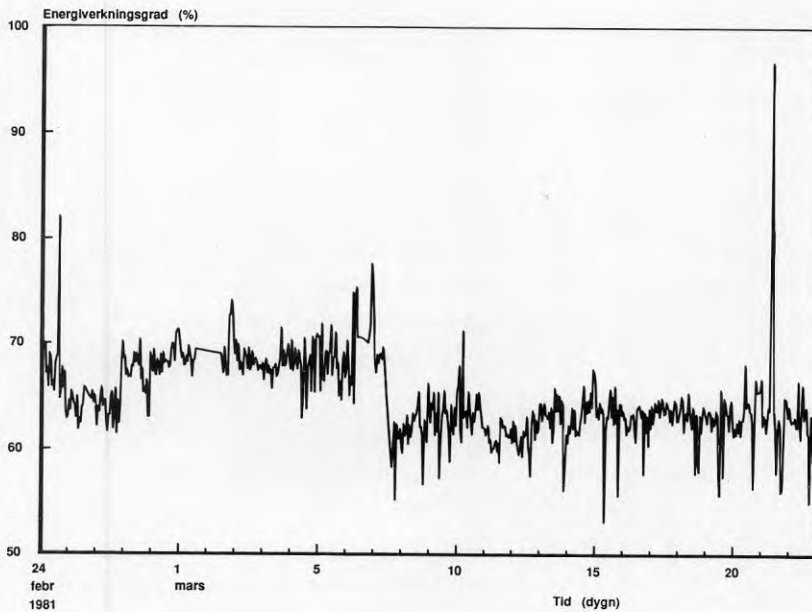


FIG.7.26 Energiverkningsgraden för hus A

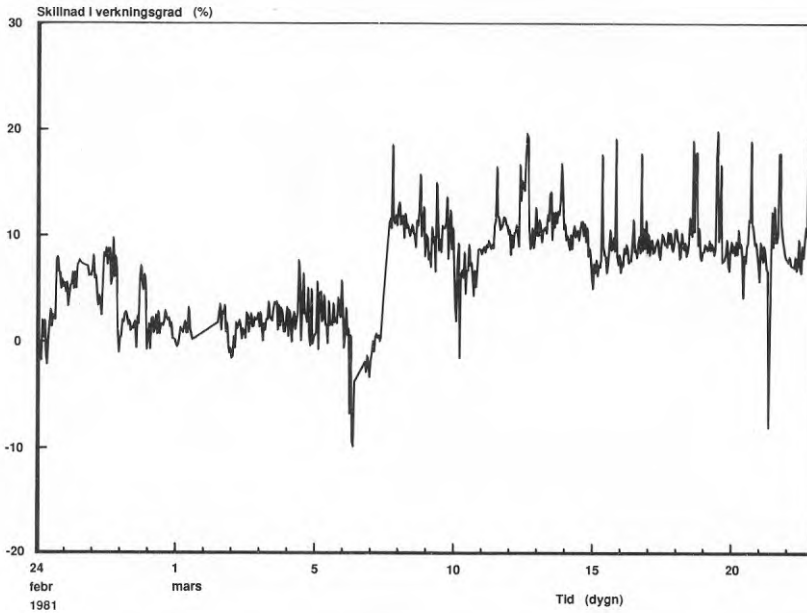


FIG.7.27 Skillnad mellan temperaturverkningsgrad och energiverkningsgrad för hus A

Med energiverkningsgraden känd kan man göra en bedömning av husets totala energibalans med avseende på ventilation och infiltration. Den energivinst som görs genom värmeväxlingen reduceras med energiåtgången för tilluftsfläkten, åtminstone under de perioder på året som inget uppvärmningsbehov finns. Med 7 månaders eldningsssäsong och ca 40 W/fläkt i energiåtgång blir denna siffra ca 150 kWh/år. Energiåtgången för frånluftsfläkten tas inte upp, en fläkten räknar vi med att ha ändå.

Den tilluft som inte tas in genom värmeväxlaren på grund av att flödesförhållandet är över 1 tas in utan att bli värmeväxlad, och måste värmas till rumstemperatur. Dessutom tillkommer utöver detta in- och exfiltration. Mätningar av infiltrationen visar att hus A har en in- och exfiltration understigande 0.1 luftväxlingar i timmen, eller mindre än $28 \text{ m}^3/\text{h}$. En del av detta kommer under normal drift att inrymmas i den tilluft som via fläktarnas undertryck tas in via springor och otätheter. Exfiltrationen närmar

sig troligen 0 under de flesta väderleksförhållanden, åtminstone understiger den klart 0.1 oms/h. En jämförelse av energiåtgång med och utan värmeväxling bör baseras på samma frånluftsmängder.

Årlig energiåtgång utan värmeväxling,
0.5 oms/h, husvolym 280 m^3 ;

$$P = 0.5 \times 280 \times 0.33 = 46.2 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

eller

$$\underline{4620 \text{ kWh/år}} \text{ vid } 100000^\circ\text{Ch}$$

Årlig energiåtgång med värmeväxling,
0.5 oms/h varav 0.4 oms/h via värmeväxlaren med 60% energi-
verkningsgrad, husvolym 280 m^3 ;

$$P = (0.4 \times 280 \times (1 - 0.6) \times 0.33) + (0.1 \times 280 \times 0.33) = 14.8 + 9.2 = 24.0 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

eller

$$\underline{2400 \text{ kWh/år}} \text{ vid } 100000^\circ\text{Ch}$$

Besparing med värmeväxlingen med hänsyn tagen till 150 kWh/år för den extra fläkten samt ytterligare 150 kWh/år för avfrostning blir

$$4620 - 2400 - 150 - 150 = \underline{1920 \text{ kWh/år}}$$

Hela systemets totala "verkningsgrad" kan definieras som total energianvändning för ventilation och infiltration med FIX-system i förhållande till energianvändningen för motsvarande hus med F-system. Denna beräknas med siffrorna enligt ovan till $1920/4620 = 42\%$. Detta erhålls vid energiverkningsgrad 60% (motsvarar en temperaturverkningsgrad på 70-75%) och luftflöden i genomsnitt enligt ovan.

7.7 Avfrostning - eftervärmning med elbatteri

Elbatteriets termostat sitter placerad i tilluften. Batteriet på 1.8 kW slås automatiskt på vid tilluftstemperaturer under +11 °C och slår av igen vid +13 °C enligt tillverkaren. Denna låga tilluftstemperatur kommer man ner till av två skäl, dels vid mycket låga utetemperaturer och dels då värmeväxlingen reduceras till följd av isbildning i värmeväxlaren. I tidigare avsnitt, se FIG.7.4, har vi sett hur tilluftstemperaturen min begränsas. Det vatten som smälter i värmeväxlaren vid avfrostning och det vatten som normalt kondenserar i växlaren, rinner ner genom en slang som är dragen till golvbrunnen i badrummet på övre planet.

Under de tre första vintersäsongerna använde de 8 husen i genomsnitt 120 kWh/år för avfrostnings-/eftervärmningsfunktionen, med en variation från 70 till 200 kWh/år. Studerar man när elbatteriet är i drift, ser man att det endast är på vid låga utetemperaturer. Detta åskådliggörs för hus B i FIG.7.28, där avfrostningseffektens beroende av utetemperaturen redovisas timvis för vintern 1981/82. Effekten redovisas som summa energi/h och utetemperaturen momentant. Vid ca -15 till -20 °C utnyttjas batteriet för fullt, åtminstone under några timmar. Som synes finns andra tillfällen då man vid -15 °C inte alls utnyttjar batteriet. I FIG.7.29 är eleffekten för batteriet summerad dygnsvis och tre hus (B, F och H) är inritade i samma bild där de redovisas mot dygnsmedeltemperaturen ute.

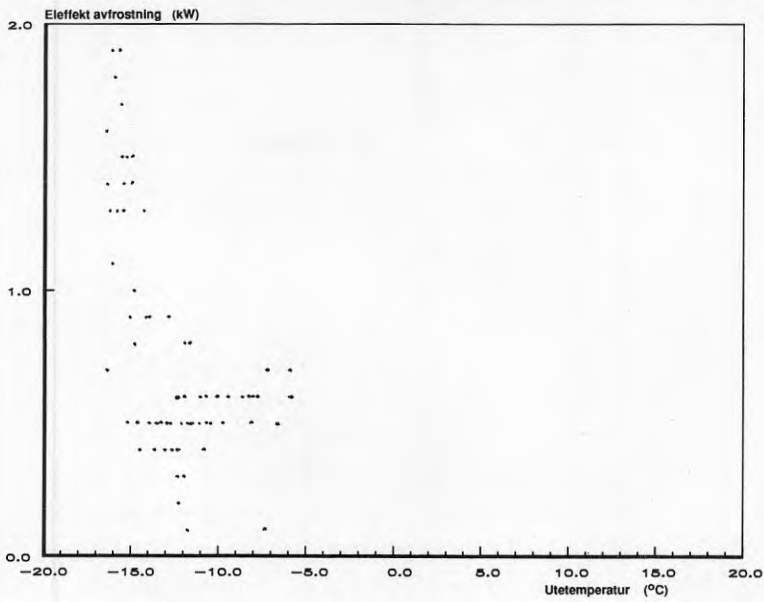


FIG.7.28 Avfrostningseffekten för hus B som funktion av utetemperaturen

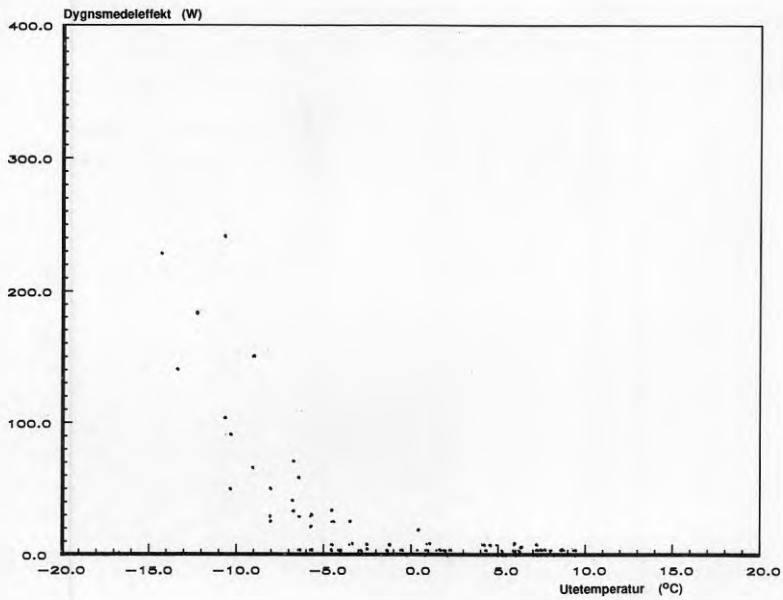


FIG.7.29 Dygsmedeleffekten för hus B, F och H som funktion av dygsmedeltemperaturen ute

8 ÖVRIGA TIMBASERADE MÄTNINGAR

8.1 Inomhustemperatur

I kapitel 4 beskrevs inomhustemperaturerna för 31 radhus under tre år i form av medeltemperaturer för perioder på två och fyra veckor. I detta avsnitt behandlas timbaserade mätningar av inomhustemperaturen för några fastigheter.

Sammanfattning

Mätningar i ett obebott radhus visar att temperaturen är relativt konstant över dygnet de dygn man inte har någon solinstrålning. Vid solinstrålning får man en topp i temperaturen under eftermiddagen, men temperaturen faller åter till ursprungsvärdet under kvällen. Dygnsmedeltemperaturen inomhus kan emellertid variera med upp till två grader mellan olika dygn. Vi har inte funnit något klart samband mellan varierande temperaturnivåer inne och utetemperaturen. Trots detta kan man misstänka att variationerna mellan olika dygn är en följd av brister vid inställningen av värmesystemets reglerkurva.

I ett obebott hus kommer användningen av hushållsel samt personvärme att påverka temperaturnivån. Soliga dagar, och dagar med mycket gratisvärme, ger höga dags- och kvällstemperaturer och leder också till att man under följande dag får en högre temperaturnivå.

Vädringen utgör en dämpande faktor på inomhustemperaturen. Mätningar visar att man regelmässigt vädrar under de perioder på dygnet man har gratisvärme i olika former, se vidare under nästa avsnitt.

Övre plan

De timbaserade mätningarna är momentanvärden timme för timme. Mätpunkterna är placerade på 1.6 m höjd över golvet i respektive rum och givaren är placerad på innervägg. Samtliga sovrum är placerade på övre plan. I två av sovrummen vistas normalt 1 barn vardera från sent på eftermiddagen till ca 0700 på morgonen. Två

vuxna befinner sig i ett sovrum från ca 2300 till 0700. I övrigt påverkas temperaturen på övre plan av radiatorsystemet, värme från bottenvåningen, solinstrålning samt varierande inblåsningstemperaturer på ventilationen. Genom det kraftiga taksprånget kommer solinstrålningen under sommarhalvåret att begränsas till främst förmiddag och sen eftermiddag.

I FIG.8.1 redovisas temperaturen i den öppna hallen på övre plan i hus A som funktion av tiden under perioden februari till september 1981. Med denna redovisning kan vi bara konstatera att inomhustemperaturen varierar kraftigt. Två perioder med relativt höga temperaturer finns under juli och augusti. Perioder med relativt låga temperaturer kan förekomma över hela året, vilket också framgår av kapitel 4.

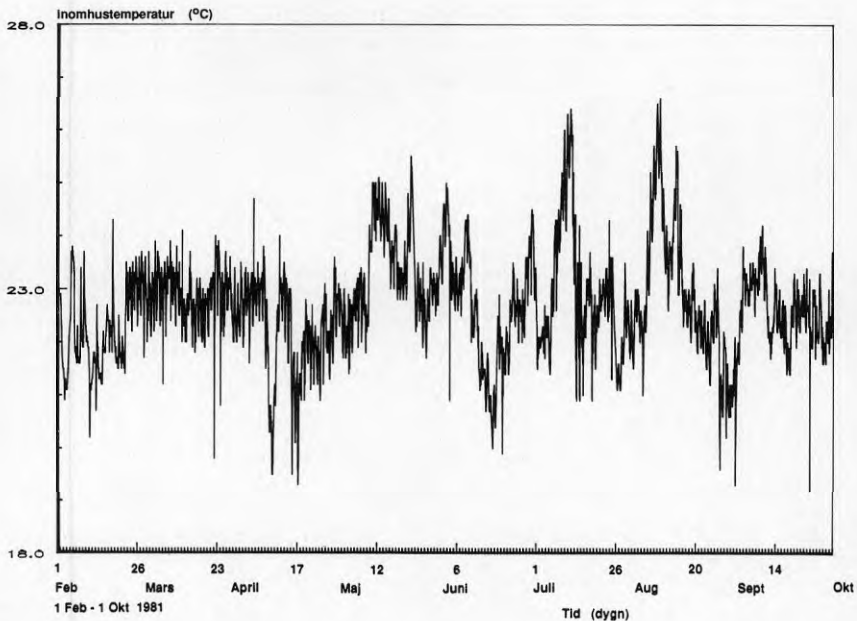


FIG.8.1 Temperaturen för hallen övre plan som funktion av tiden, hus A

Samma värden är redovisade i FIG.8.2, men där inritade med dygnet på tidsaxeln. I stället för att rita in alla dygnen efter varandra, är dygnen i denna figur lagda över varandra. Genom denna metod kan man spåra förändringar i rumtemperaturen som återkommer som ett mönster dygn efter dygn. Som synes är spridningen stor och temperaturen varierar på ett spann av ca 6 °C. Om man bortser från enstaka dagar med temperaturer under ca 21 °C och varma sommardagar på över ca 24 °C, kan vi se att temperaturen ligger inom spannet 21-24 °C hela året. Man kan också skönja en återkommande variation över dygnet med ett minimum under förmiddagen.

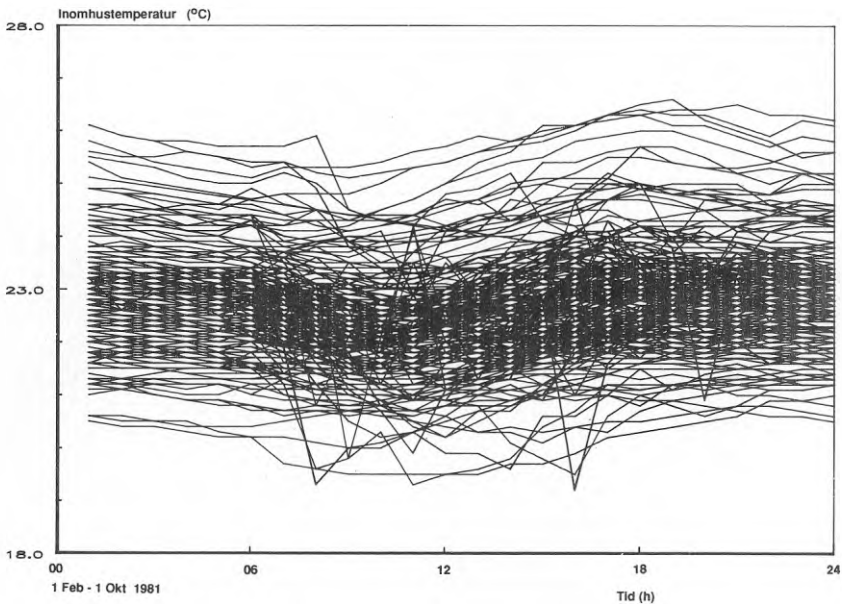


FIG.8.2 Inomhustemperaturens variation över dygnet för hallen övre plan, hus A

Detta framgår tydligare om man studerar FIG.8.3, som är medelvär-
det timvis beräknat ur samtliga dygn från FIG.8.2. Medeltempera-
turen varierar i genomsnitt mellan 22.3 och 22.9 °C, ett spann
på 0.6 °C. Temperaturen faller under natten med ca 0.2 °C i
genomsnitt. Från kl 0700 sjunker temperaturen kraftigare fram
till ca 1000, då man har den lägsta temperaturen, eller ca 22.3
°C i genomsnitt. Mellan kl 1000 och 1800 stiger temperaturen i
genomsnitt med ca 0.6 °C till en nivå på ca 22.9 °C. Denna
nivå bibehålls resten av dygnet.

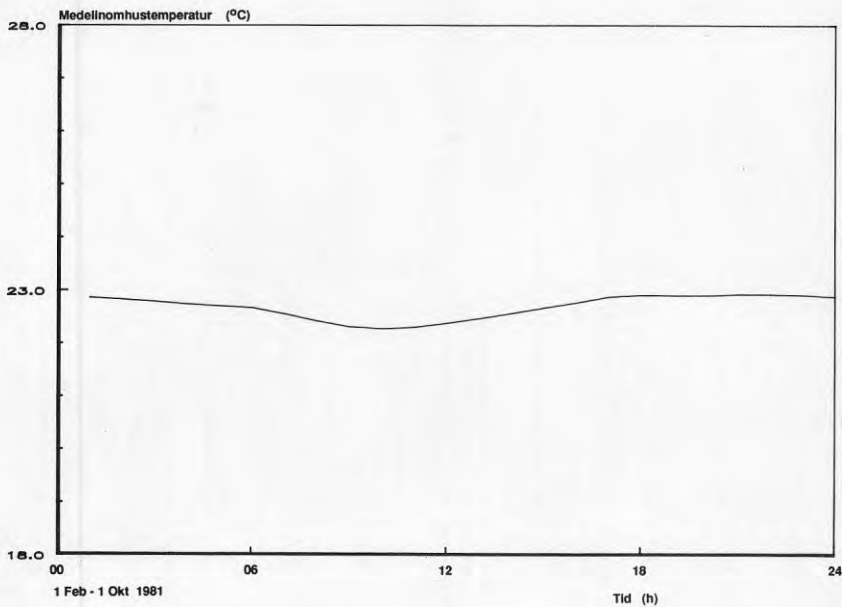


FIG.8.3 Medelvärde av inomhustemperaturen i hallen övre plan
för dygnet, hus A

Bottenplanet

Bottenvåningens temperaturer redovisas för samma hus och samma period i de följande figurerna. Kök, tvättstuga och vardagsrum är belägna på bottenvåningen och verksamhet under vardagarna förekommer normalt mellan kl 0700 och 0800 samt mellan kl 1500 och 2300. Solinstrålning inverkar mer på temperaturen på detta våningsplan.

I FIG.8.4 redovisas temperaturen för vardagsrummet som funktion av tiden. Liksom för motsvarande FIG.8.1 för övre plan, kan vi bara konstatera att temperaturvariationerna är stora över hela året.

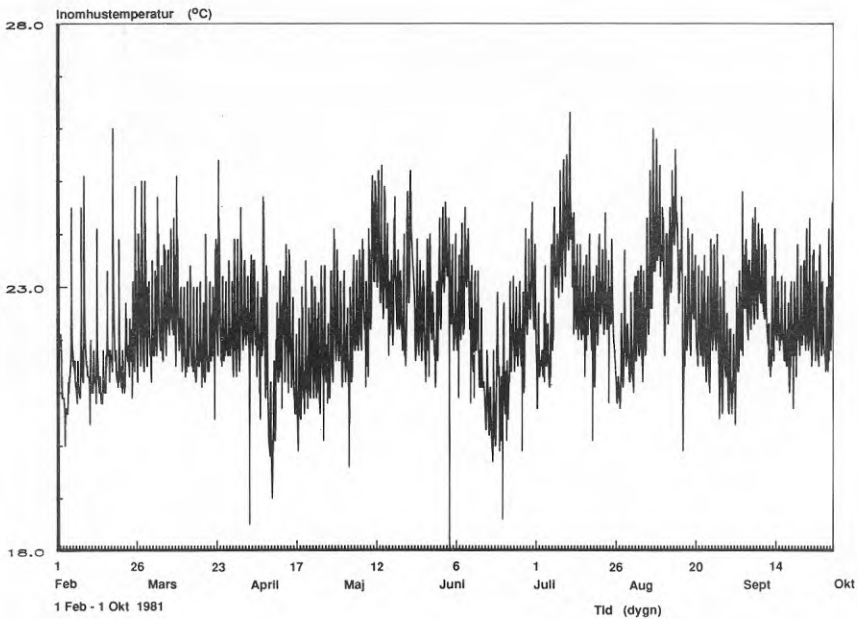


FIG.8.4 Temperaturen för vardagsrummet som funktion av tiden, hus A

Ritar man in temperaturerna över varandra med dygnet på tidsaxeln kan vi se ett tydligt tidsberoende mönster. Detta redovisas i FIG.8.5. Variationerna över dygnet är här kraftigare än på övre planet som en följd av solinstrålning och att aktiviteterna i utrymmena på bottenvåningen ger större tillskott av gratisvärme.

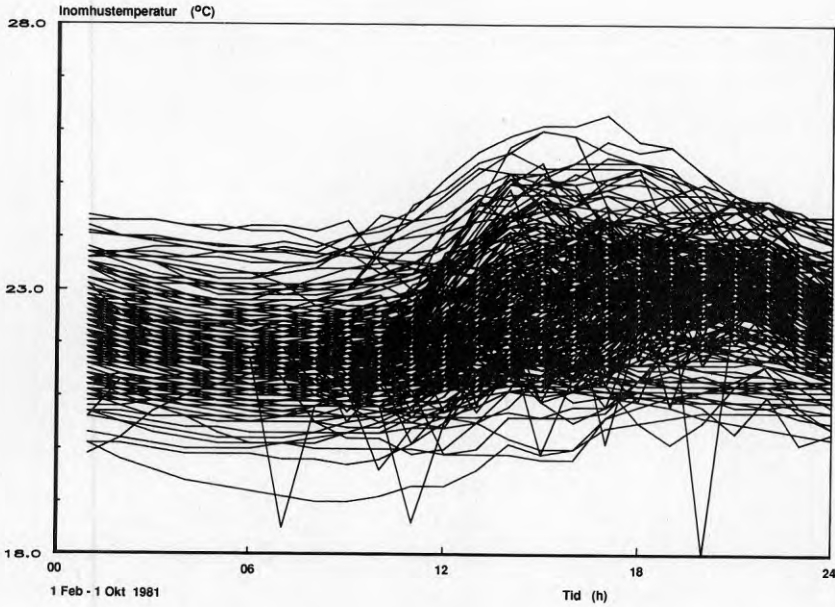


FIG.8.5 Inomhustemperaturens variation över dygnet för vardagsrummet, hus A

Medelvärdet av inomhustemperaturen för dygnet redovisas i FIG. 8.6. Variationen över dygnet ligger i genomsnitt på ca 1.2 °C. Från ca kl 2300 faller temperaturen från ca 23 °C ner till ett minimum på ca 21.8 °C kl 0700. Från ca kl 1100 ökar temperaturen som en följd av solinstrålning och gratisvärme i andra former till ca 23 °C på kvällen i genomsnitt. Jämfört med övre plan ligger bottenvåningens temperaturer i detta hus ca 1 °C kallare under natten och ungefär lika på kvällen.

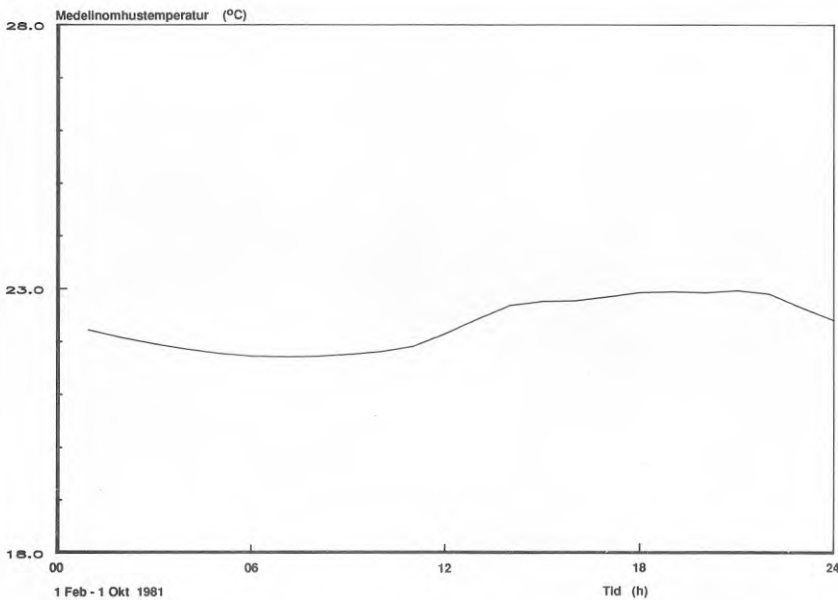


FIG.8.6 Medelvärdet av inomhustemperaturen i vardagsrummet för dygnet, hus A

För att tydligare kunna skilja på vad som är orsaken till temperaturvariationerna redovisas temperaturerna för vardagsrummet under en treveckorsperiod i mars månad i FIG.8.7. Temperatursänkningen under natten kommer att bero på temperaturnivån på kvällen. Ligger man på ca 25 °C på kvällen sjunker temperaturen med ca 1.5 °C till morgonen. Har man lägre temperatur på kvällen blir temperaturfallet mindre. Trots denna utjämning kommer temperaturen under morgon och förmiddag att till stor del bero på tem-

peraturnivån dygnet innan, och temperaturen kommer att variera inom ett tvågradersspann.

Vid kl 1000 börjar temperaturerna att gå upp de dagar man har solinstrålning, eller för ungefär hälften av dagarna i FIG.8.5. Från ca kl 1600 börjar åter temperaturen falla och ca kl 1800 till 2000 börjar gratisvärme i andra former att upprätthålla temperaturnivån vid 24-25 °C.

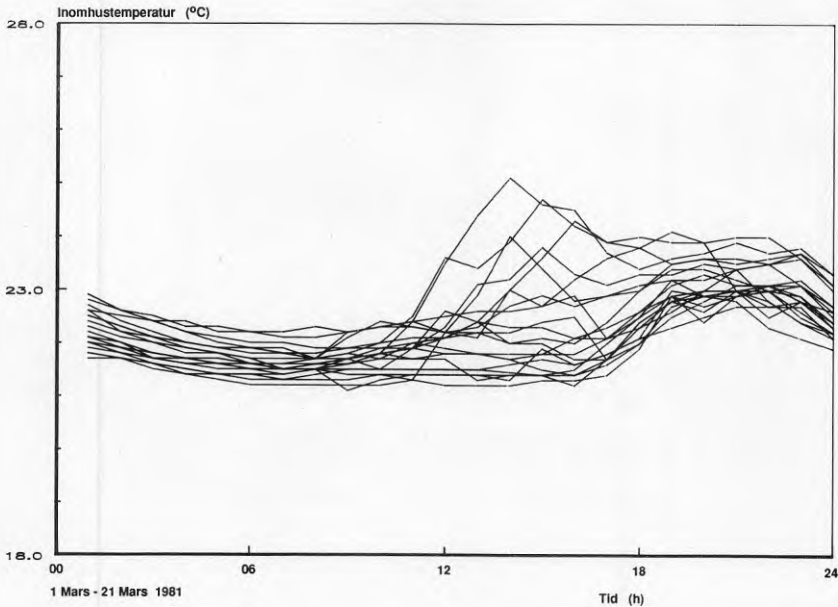


FIG.8.7 Vardagsrumstemperaturens variation över dygnet under 1-21 mars 1981 för hus A

De dagar man inte har någon solinstrålning sker ingen temperaturhöjning under dagen. Först efter kl 1800 dessa dagar kommer temperaturnivån att höjas med ca 1 °C till följd av andra former av gratisvärme. Temperaturen på eftermiddagen kommer att variera upp mot 6 °C beroende på solinstrålning och olika utgångsläge på morgonen.

FIG.8.8 visar temperaturen under några höst- och vintermånader för vardagsrummet i hus A, som då stod obebott. Solinstrålning är alltså den enda gratisvärmeposten under denna period. Temperaturen är relativt konstant under dygnets mörka perioder, även om de ligger på olika nivåer inom ett tvådagarsspann. Vid solinstrålning får man liksom i det bebodda huset en temperaturhöjning. Temperaturen har emellertid gått ner till den ursprungliga nivån vid kl 0600.

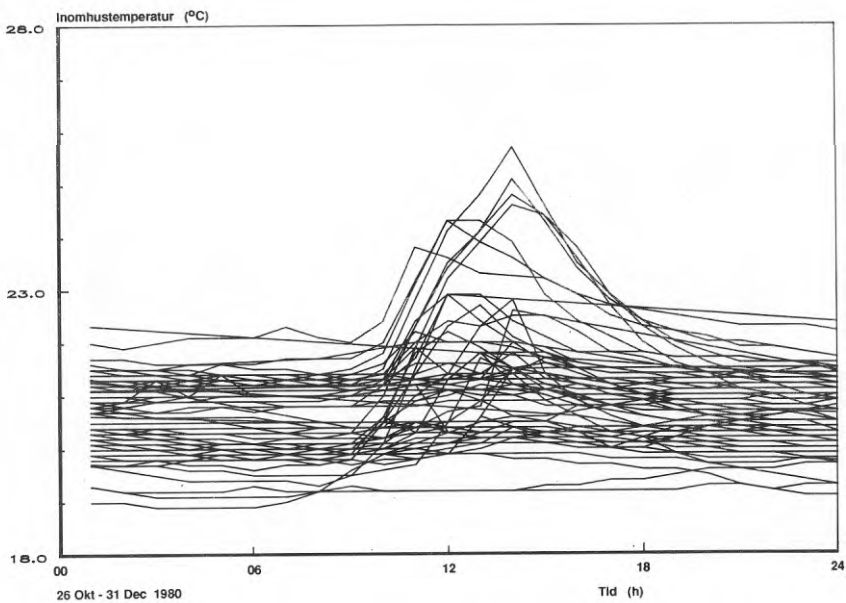


FIG.8.8 Vardagsrumstemperaturens variation över dygnet under några höst- och vintermånader 1980 för hus A

8.1.1 Temperaturvariation över dygn och år

I FIG.8.9 redovisas medeltemperaturerna i vardagsrummet för hus A för dygnets samtliga timmar, månadsvis under ett år. Tidsaxeln redovisar månaderna juni till maj. Medeltemperaturen baseras på uppmätta temperaturer varje timme från kl 0100 till 2400 för alla dygn.

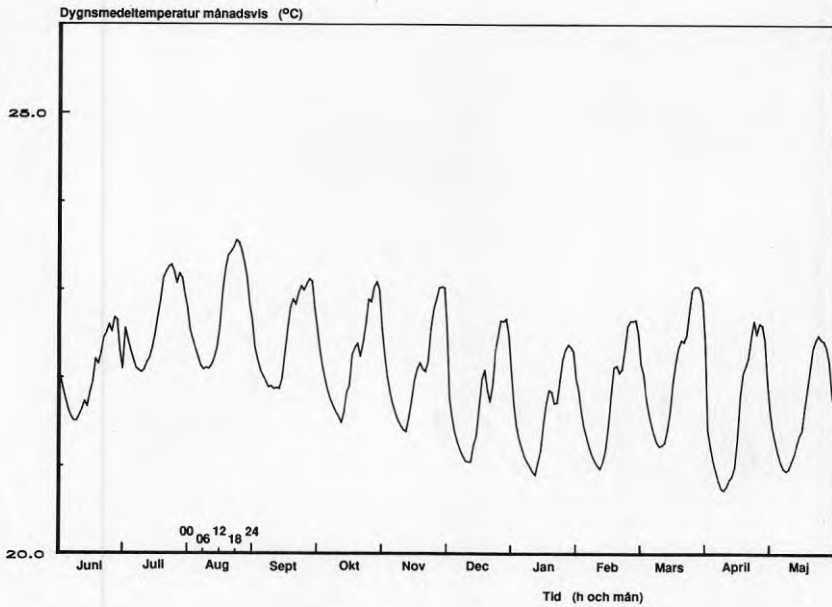


FIG.8.9 Medeltemperaturen i vardagsrummet för hus A för dygnets samtliga timmar, månadsvis under ett år

I FIG.8.10 sammanställs vardagsrumstemperaturens variation över ett medeldygn för respektive månad. Man kan konstatera att temperaturnivån hela dygnet skiljer sig 1-1.5 °C mellan kalla och varma månader. Sommaren med juli, augusti och september är relativt varma. Även höstmånaderna samt mars är relativt varma. Vintern med december till februari är de kallaste tillsammans med maj och juni.

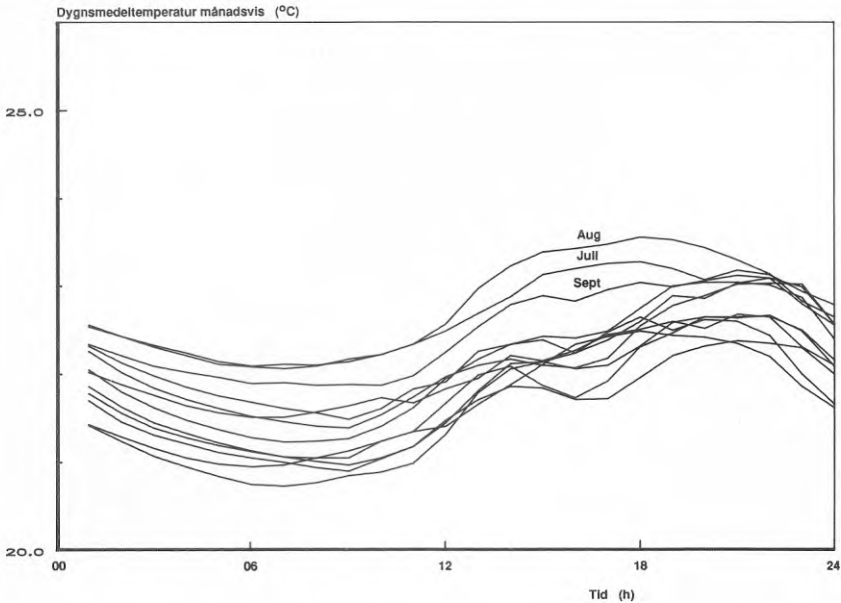


FIG.8.10 Vardagsrumstemperaturens variation under ett medeldygn för respektive månad för hus A under ett år

För jämförelsens skull redovisas vardagsrumstemperaturens variation över året för ytterligare två hus, hus D och hus F. FIG.8.11 och 8.12 avser hus D och FIG.8.13 och 8.14 avser hus F. Stora likheter finns med hus A, som diskuterades ovan i anslutning till FIG.8.9 och 8.10.

I båda dessa hus utmärker sig juni tydligare som en kall månad. För hus F, med en stor familj som använder mycket hushållsel, framgår tydligt temperaturhöjningen kvällstid. Temperaturhöjningen till följd av personvärme och hushållsel överstiger här klart temperaturhöjningen till följd av solinstrålning.

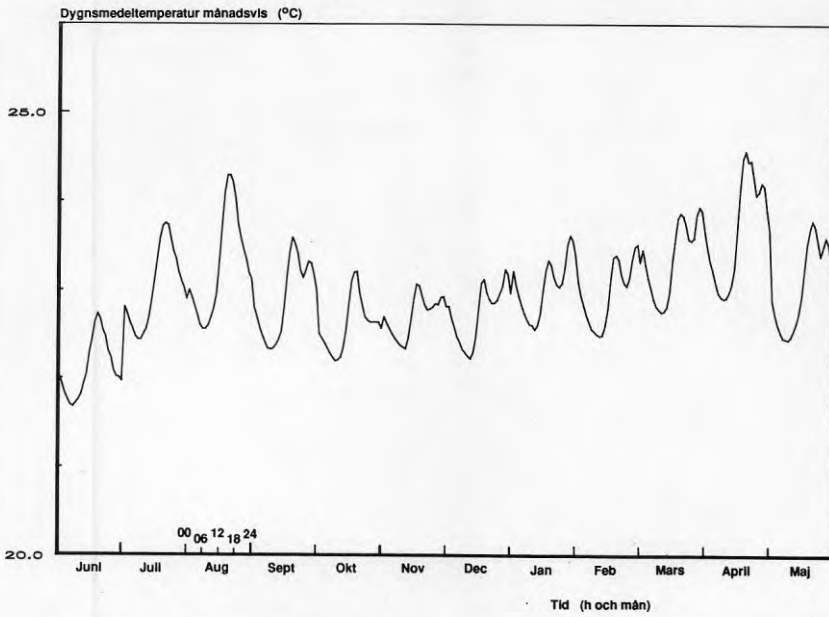


FIG.8.11 Medeltemperaturen i vardagsrummet för hus D för dygnets samtliga timmar, månadsvis under ett år

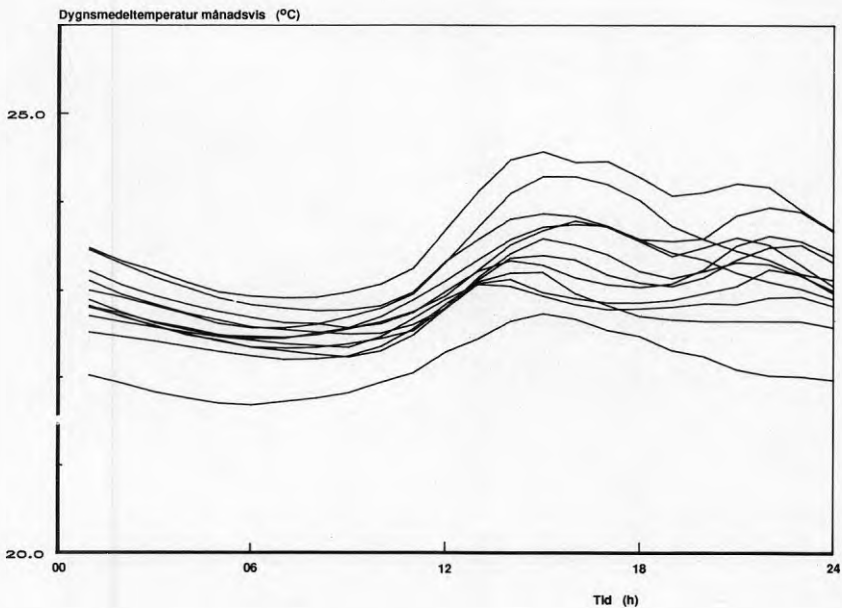


FIG.8.12 Vardagsrumstemperaturens variation över ett medeldygn för respektive månad för hus D under ett år

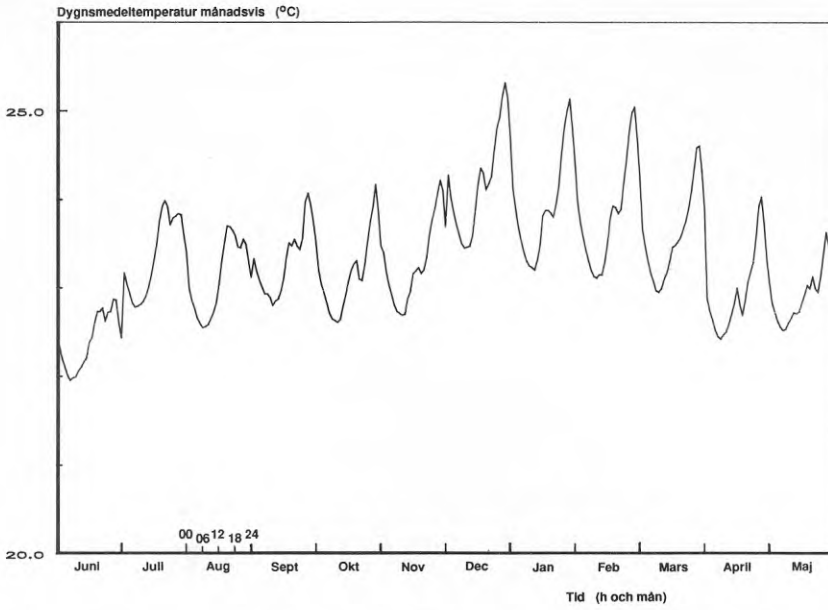


FIG.8.13 Medeltemperaturen i vardagsrummet för hus E för dygnets samtliga timmar, månadsvis under ett år

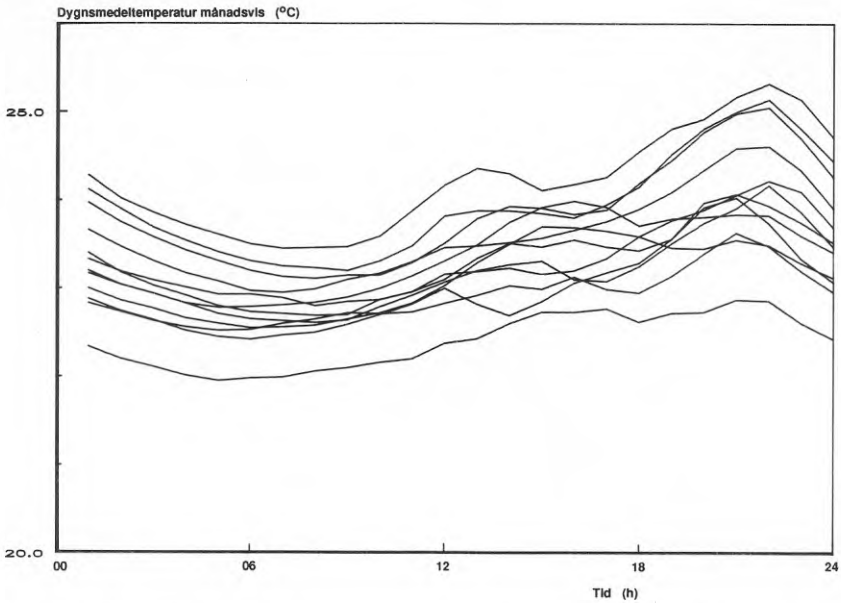


FIG.8.14 Vardagsrumstemperaturens variation över ett medeldygn för respektive månad för hus F under ett år

8.1.2 Beroendet av solinstrålning

I de ovan redovisade figurerna har solinstrålning spelat en stor roll för temperaturnivån under dagen. I FIG.8.15 redovisas sambandet mellan temperaturen i vardagsrummet i hus A och den horisontella solinstrålningen. Vi kan se att man upp till en instrålning av 400 W/m^2 får en höjning av innetemperaturen, men att innetemperaturen vid höga solinstrålningar inte ökar eller till och med tenderar att minska något. FIG.8.16 redovisar sambandet mellan ovanvåningens temperatur och solinstrålningen.

Mätningarna är utförda i bebodda hus och mänsklig inverkan genom solavskärmning är här en parameter som vi inte har kontroll över. Det skall dock påpekas att husen normalt står tomma under dagtid, och att mätningarna sträcker sig över en eldningssäsong. Vädringen har vi registrerat som genomsnittlig öppningstid för altandörr plus två fönster. Vi vet hur länge man haft dörr/fönster öppet för varje timme, men inte hur mycket de varit öppna eller vilka luftomsättningar vädringen resulterat i. Se vidare under 8.2.

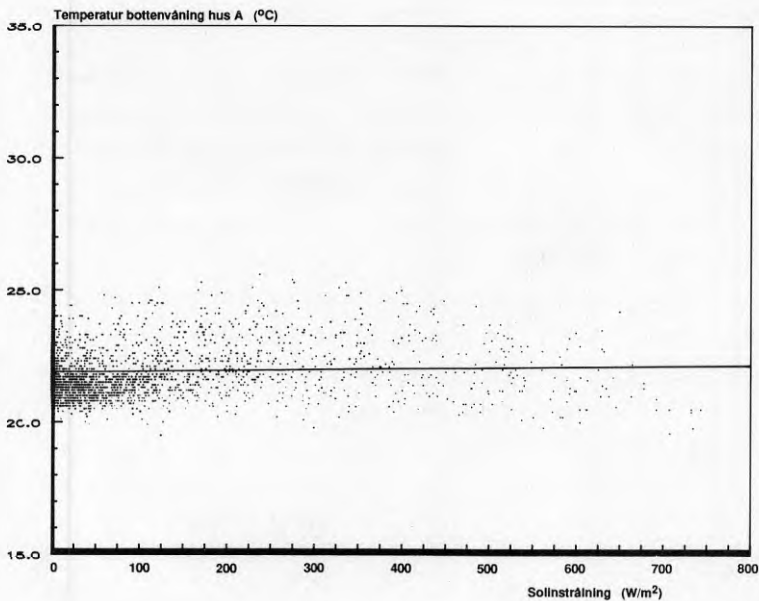


FIG.8.15 Temperaturen i vardagsrummet för hus A som funktion av den horisontella solinstrålningen

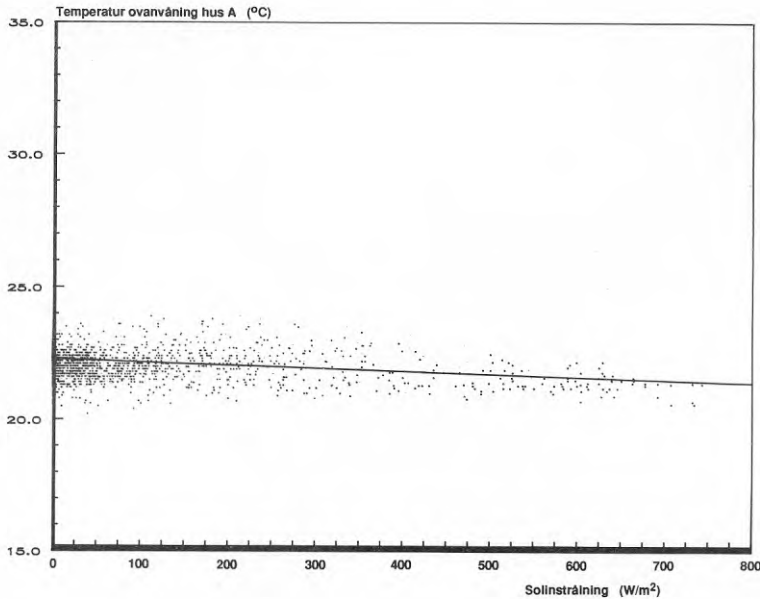


FIG.8.16 Ovanvåningens temperatur för hus A som funktion av den horisontella solinstrålningen

I FIG.8.17 redovisas sambandet mellan vardagsrumstemperatur och solinstrålning för hus F under eldningssäsongen. Endast timmarna mellan kl 1300 och 1600 finns med. Linjen som är redovisad är manuellt inlagd så att de flesta mätvärden under linjen har hög solinstrålning utan att temperaturen för den skall stigit märkbart. En tänkbar anledning till detta kan vara vädring. Genom att studera avvikelserna i rumstemperatur från denna linje mot vädringsfrekvensen, vill vi ha svar på frågan om man konsekvent vädrar vid tillfällena med mycket solinstrålning. I FIG.8.18 redovisas detta förhållande. Det är här negativa avvikelser under 0 som motsvarar mätvärdena under linjen i FIG.8.17. Det framgår att man visserligen vädrar mycket vid tillfällena med mycket sol, men att det också vid flera tillfällen inte vädras alls.

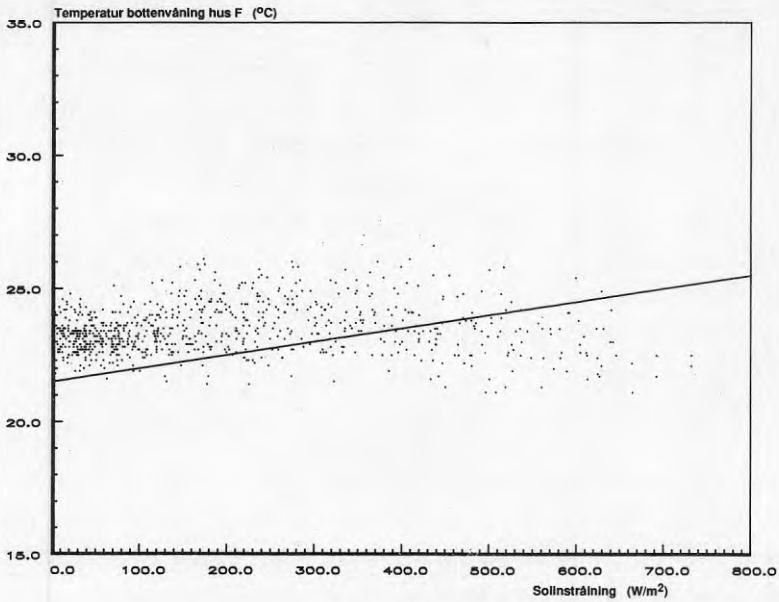


FIG.8.17 Vardagsrumstemperaturen för hus F som funktion av solinstrålningen. Redovisningen baseras på timmarna mellan 1300 och 1600

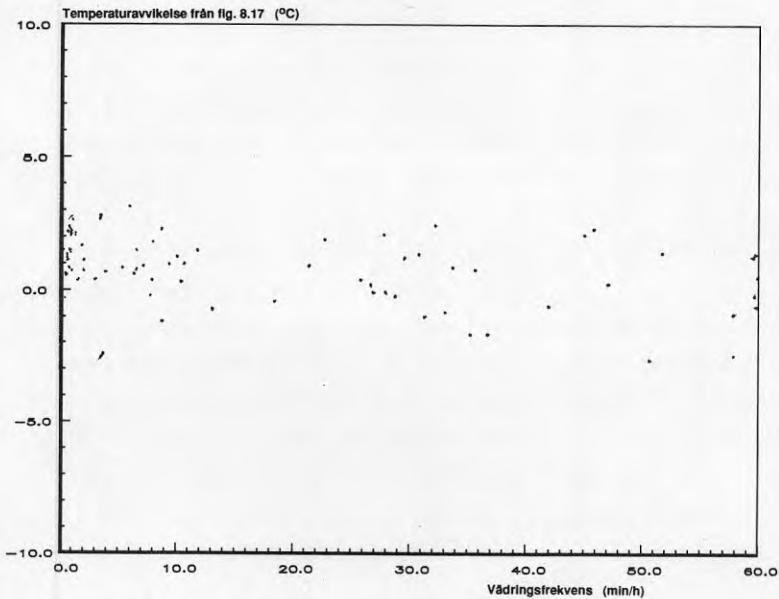


FIG.8.18 Avvikelsen från sambandet mellan vardagsrumstemperatur och solstrålning i FIG.8.17 som funktion av vädningfrekvensen

8.2 Vädringsfrekvens

Vädringen i vardagsrummet registreras som genomsnittlig öppningstid för altandörr plus två fönster. Vi vet hur länge man haft dörr och/eller fönster öppet för varje timme. Vädringsfrekvensen får därför sorten minuter öppet per timme. Vi vet emellertid inte hur mycket de varit öppna, eller vilken ökad luftomsättning man fått som en följd av vädringen. Det normala vädringsbeteendet i vardagsrummet är att man endast använder altandörren, åtminstone under dag- och kvällstid.

Sammanfattning

Mätningar i vardagsrummet visar att man regelmässigt vädrar, främst under de perioder på dygnet man har gratisvärme i olika former. Vädringen är kraftigt beroende av årstiden. Mest vädrar man under sommaren, och vissa hus har fönster öppet under hela dygnet under långa perioder. Även under höst- och vårmånaderna förekommer regelmässigt vädring under hela dygnet. Under de kallaste vintermånaderna vädrar man mycket sparsamt i en del hus, även om vi kan hitta exempel på motsatsen i enstaka hus.

FIG.8.19 redovisar vädringsfrekvensen timme för timme under en eldningssäsong för hus A. FIG.8.20 visar dygnsmedelvärden för vädringsfrekvensen för samma period. Det är under hösten och framför allt under våren som man vädrar.

I FIG.8.21 och 8.22 redovisas sex dygn i mars månad för hus A respektive hus E. Figurerna redovisar utetemperaturen, temperaturen inne vid radiatortermostatventilen samt vädringsfrekvensen. Man kan se att temperaturen inne sjunker vid fönstervädringen med knappt 5 °C. Man kan också se att vädring pågår under långa perioder framför allt under eftermiddag och kväll.

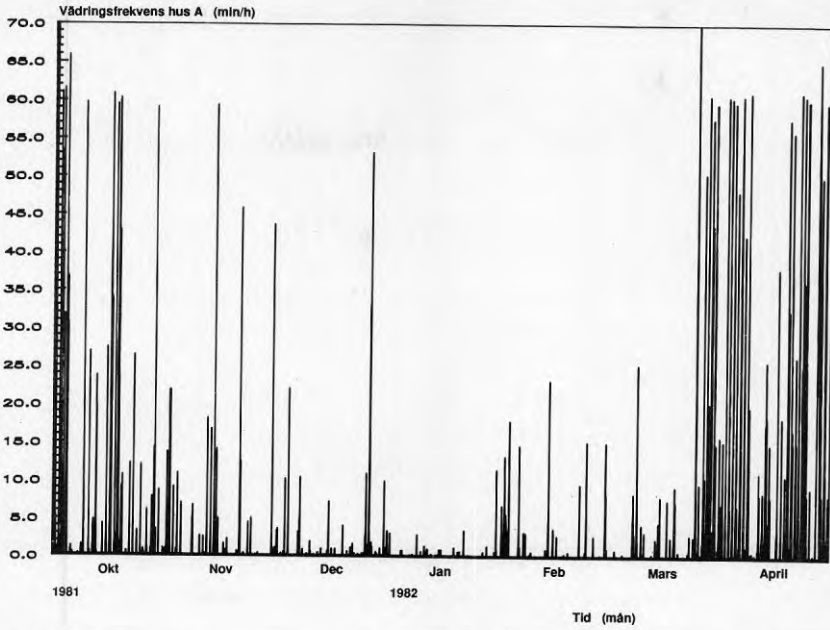


FIG.8.19 Vädringsfrekvensen för hus A timme för timme under eldningsäsongen 81/82

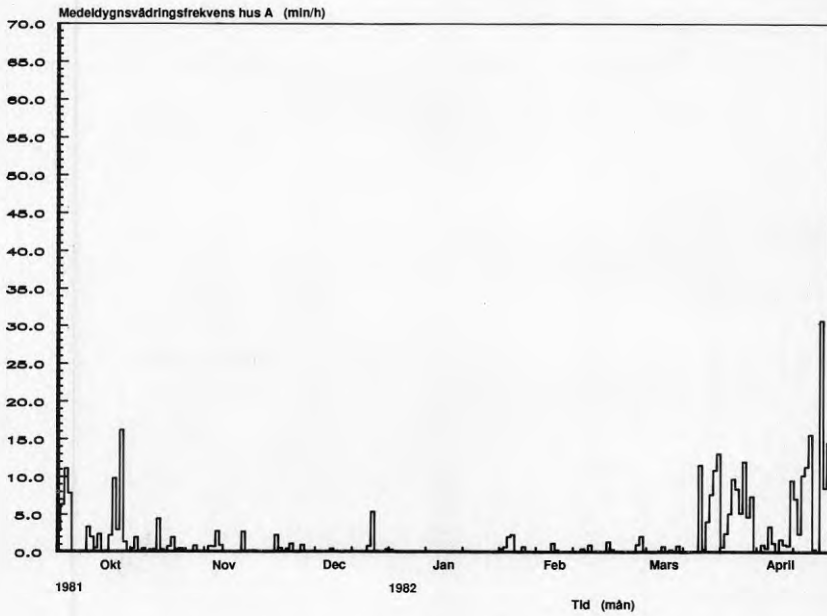


FIG.8.20 Dygnsmedelvärden för vädringsfrekvensen under eldningsäsongen 81/82 för hus A

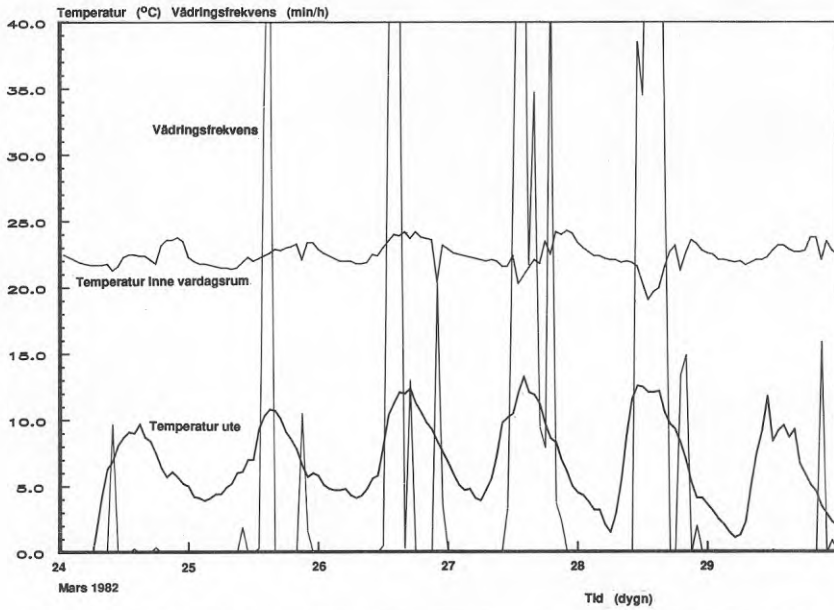


FIG.8.21 Temperaturen ute och inne vid radiatortermostatventiler samt våringsfrekvensen 24-29 mars 1982 för hus A

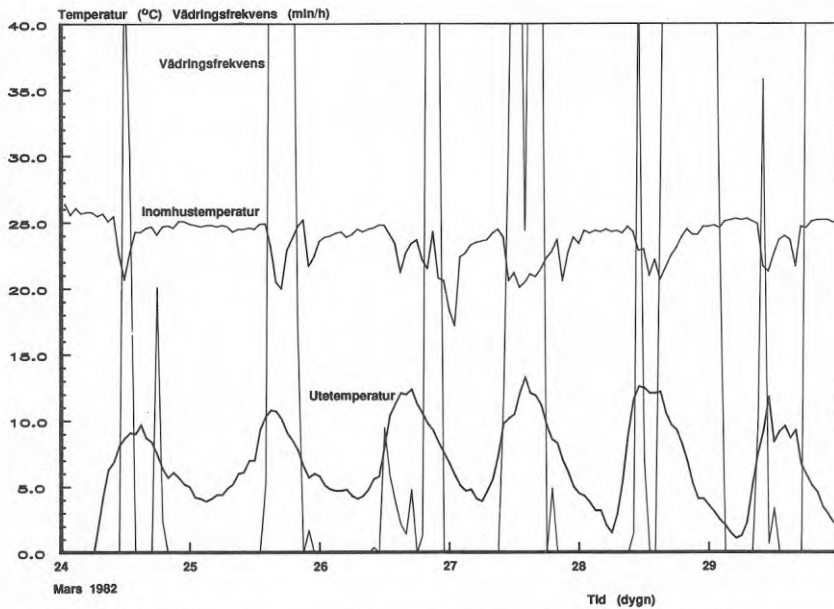


FIG.8.22 Temperaturen ute och inne vid radiatortermostatventiler samt våringsfrekvensen 24-29 mars 1982 för hus E

För att närmare studera vädringens variationer dels under de olika månaderna på året, och dels under dygnet bildar vi ett medeldygn för respektive månad. I FIG.8.23 redovisas vädringsfrekvensen i vardagsrummet i hus A för dygnets samtliga timmar, månadsvis under ett år. Tidsaxeln redovisar medeldygnen för månaderna juni till maj, från kl 0100 till 2400 för respektive månad. I FIG.8.24 redovisas dessa månadsvisa medeldygn ritade över varandra.

Sommartid har man altandörr och/eller fönster öppna vissa timmar upp till 30 minuter per timme, vilket framgår av FIG.8.23. Under vårmånaderna mars till maj förekommer också vädring i stor omfattning, men under ett mindre antal timmar. Under de fyra vintermånaderna november till februari förekommer endast vädring i blygsam omfattning.

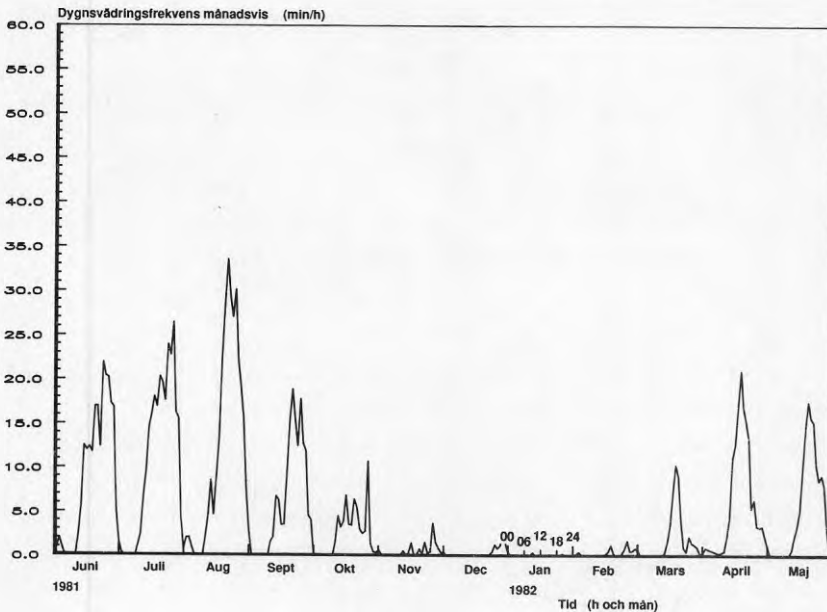


FIG.8.23 Vädringsfrekvensen i vardagsrummet för hus A för medeldygn under respektive månad

I FIG.8.24 framgår det att man i regel inte vädrar under natten. I övrigt förekommer vädring över hela dygnet, med en tyngdpunkt på eftermiddag och kväll.

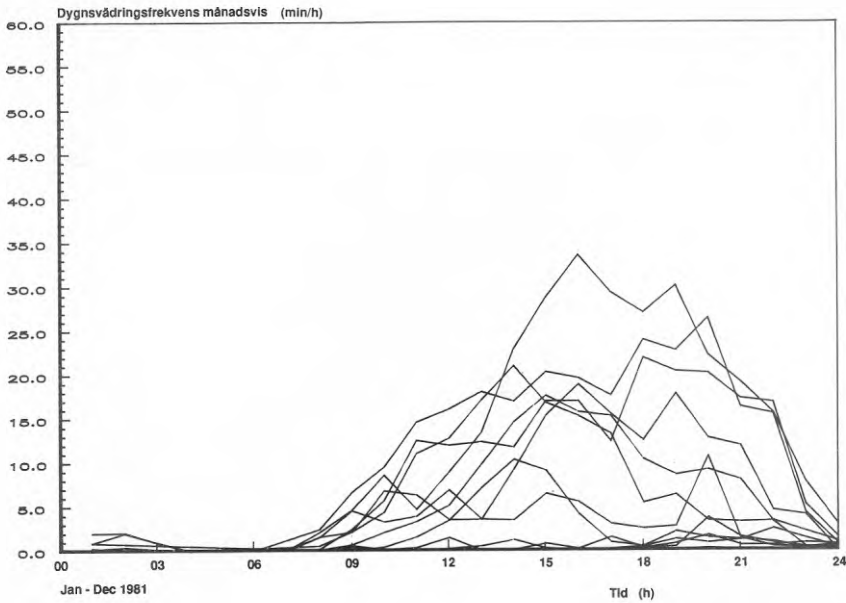


FIG.8.24 Vädringsfrekvensen i vardagsrummet för hus A för de månadsvisa medeldygnen ritade över varandra

Ytterligare två hus som uppvisar andra vädringsbeteenden redovisas, nämligen vardagsrummen i hus D och E. FIG.8.25 och 8.27 redovisar vädringsfrekvensen för medeldygnen under respektive månad. I FIG.8.26 och 8.28 redovisas dessa månadsvisa medeldygn ritade över varandra. Båda dessa hus skiljer sig från det förra exemplet genom att en omfattande vädring förekommer även under natten. Man har ett fönster öppet åtminstone under någon eller några nätter varje månad även vintertid. Genom att denna redovisning är ett medelvärde av ca 30 dygn, kommer en natts vädring att resultera i ca 2 minuter öppet per timme för medelmånaden (summa 60 minuter / 30 dygn). Två nätter med öppet fönster ger 4 minuter öppet i genomsnitt under timmen osv.

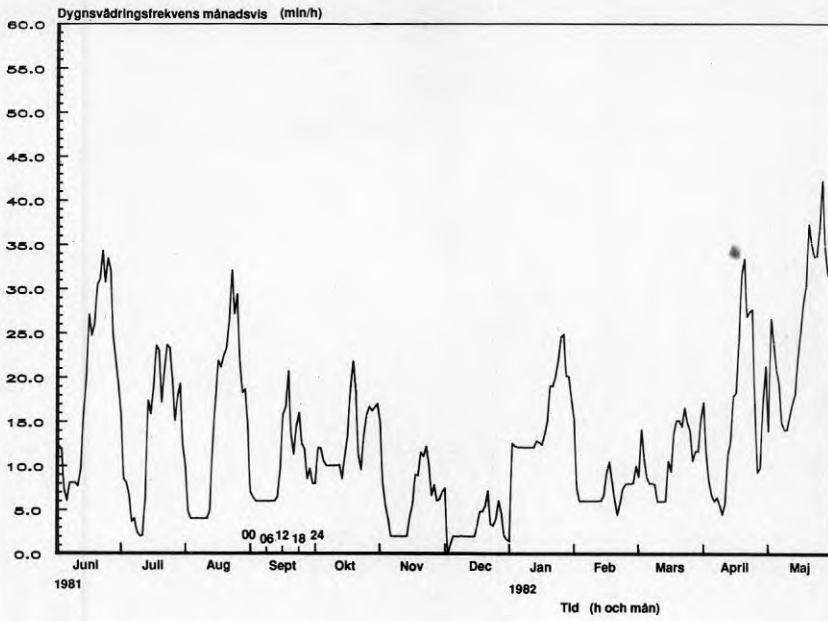


FIG.8.25 Våringsfrekvensen för hus D för medeldygnnet under respektive månad

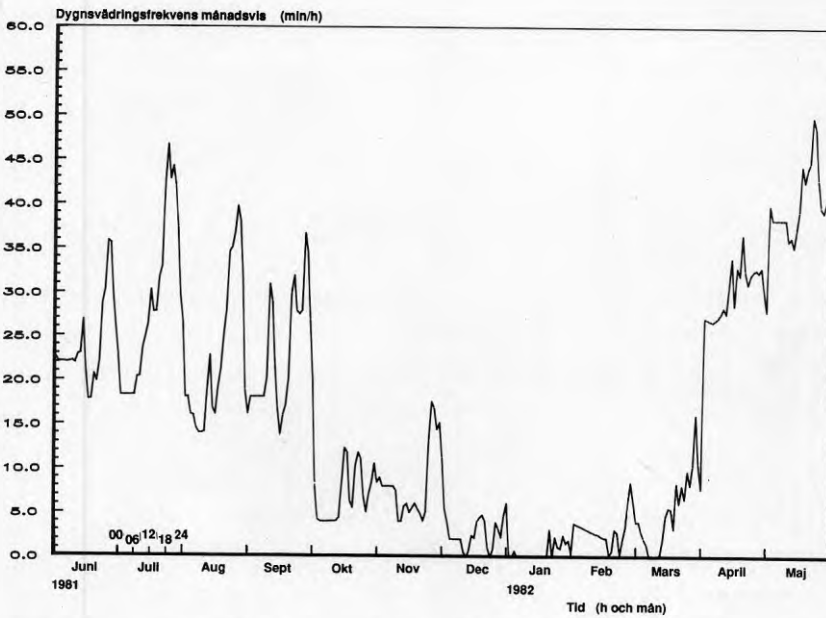


FIG.8.26 Våringsfrekvensen för hus D månadsvisa medeldygnnet ritade över varandra

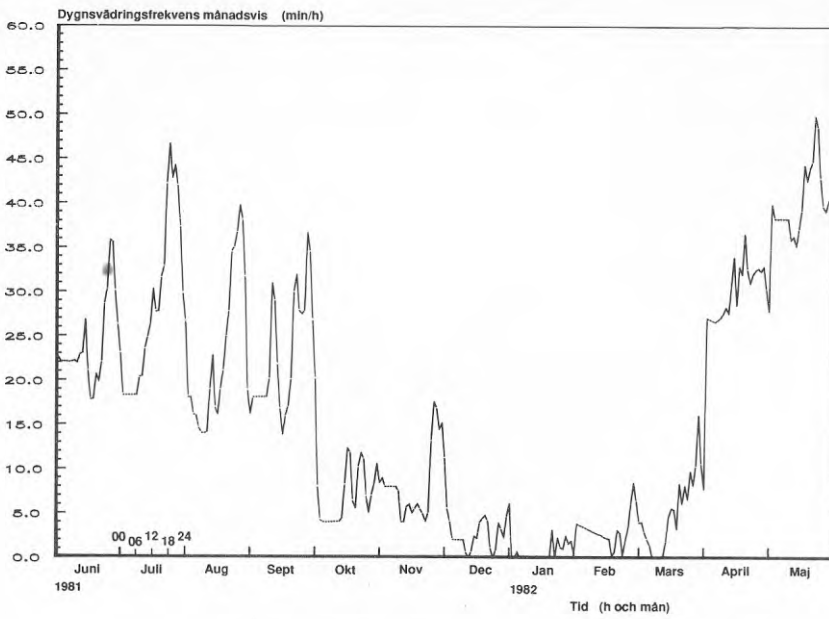


FIG.8.27 Våringsfrekvensen för hus E för medeldygnet under respektive månad

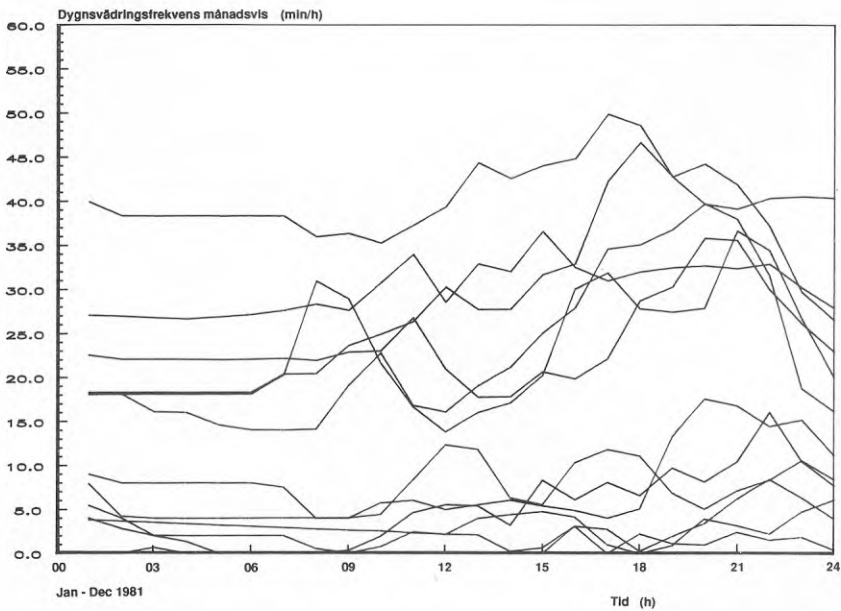


FIG.8.28 Våringsfrekvensen för hus E månadsvisa medeldygnet ritade över varandra

I FIG.8.29 är sambandet mellan vädringsfrekvensen per timme (0 till 60 minuter/timme) och utetemperaturer redovisad för hus D under mars månad. Man kan se att de timmar man vädrar mest är ganska jämnt fördelade mellan min och max utetemperatur. Man vädrar i detta hus inte mer vid högre utetemperaturer.

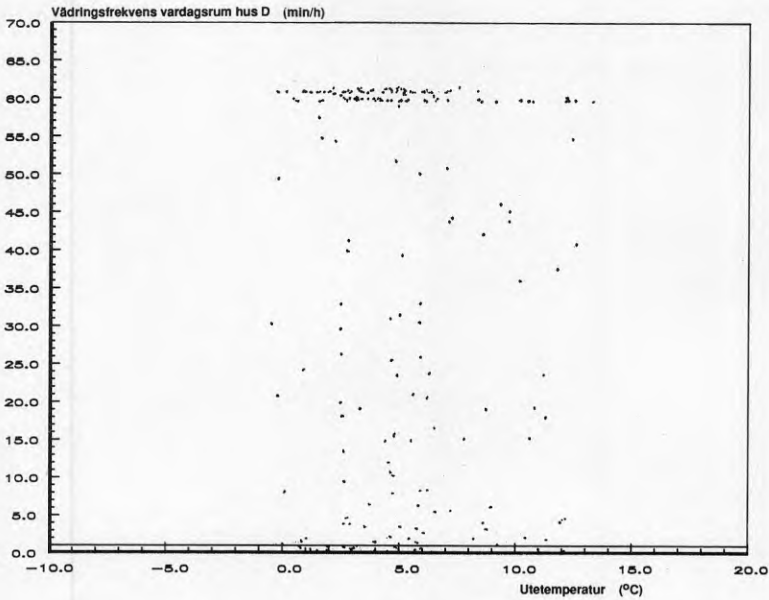


FIG.8.29 Vädringsfrekvensen för hus D under mars månad som funktion av utetemperaturen

I FIG.8.30 studeras avvikelser från den inlagda linjen (mer eller mindre än 1 minuts vädring per timme) mot solinstrålningen. Vi vill ha svar på frågan om det regelmässigt förekommer vädring vid solinstrålning och om avvikelser i minuter är proportionella mot solinstrålningen. Som synes är vädringsfrekvensen ganska jämnt fördelad inom hela området 0 till 500 W/m^2 . Man vädrar alltså i detta hus inte mer vid solinstrålning.

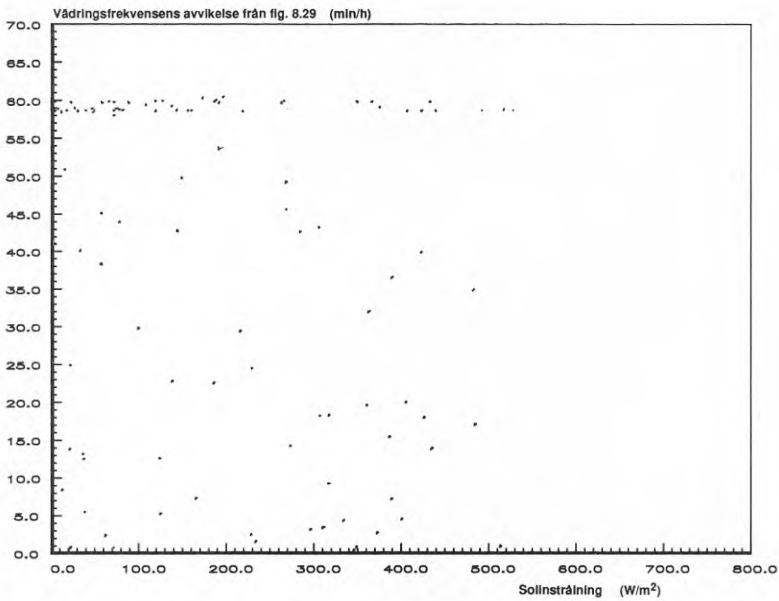


FIG.8.30 Vädringsfrekvensens avvikelse från 1 minut per timme för hus D som funktion av solinstrålning

I FIG.8.31 redovisas sambandet mellan vädringsfrekvens och vardagsrummets temperatur. Vi vill ha svar på frågan om man vädrar mer vid höga innetemperaturer.

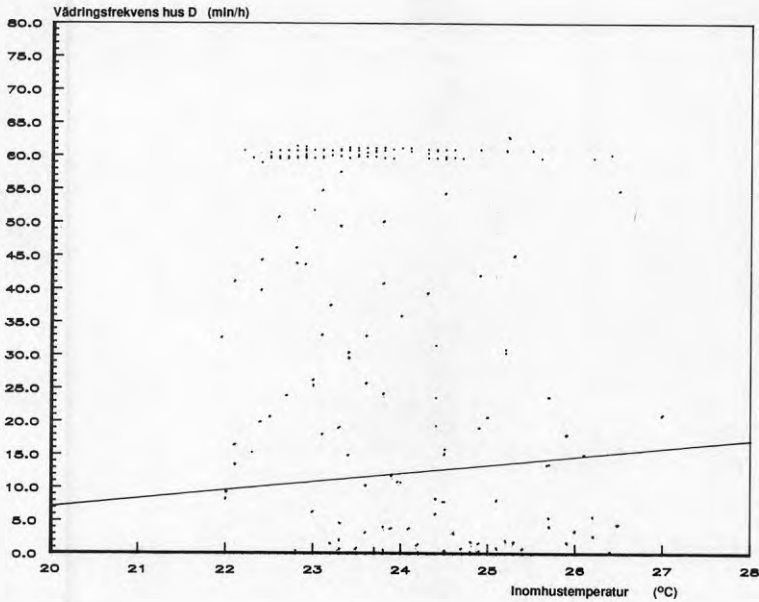


FIG.8.31 Vädringsfrekvensen i vardagsrummet som funktion av temperaturen i vardagsrummet

I figuren kan vi se att vädringen är relativt jämnt fördelad över hela temperaturspannet 22 till 25 °C, möjligen med en tyngdpunkt på de lägre temperaturerna. Vi vill emellertid inte dra slutsatsen att man vädrar mer vid lägre temperaturer. Temperaturerna är ju momentantemperaturer timme för timme och vädringsfrekvensen är ett medelvärde över timmen. Man kan tänka sig att man vid 25 °C innetemperatur öppnar fönstret. Vid de utetemperaturer vi har under vädringsperioden sjunker då innetemperaturen snabbt. Nästa mätning ger då t ex 60 minuter öppet, parat med momentantemperaturen 22 °C. Figuren visar alltså möjligen att man med öppet fönster generellt får en något lägre inomhustemperatur. Eftersom vi inte vet temperaturen inne i det ögonblick man öppnar sitt fönster, kan vi inte heller säga om man vädrar mer vid höga innetemperaturer, även om denna förklaring är trolig.

8.3 Golvtemperaturer

Genom att de oisolerade värmerören gjutits in i betongplattan på bottenvåningen kommer golvtemperaturen på bottenvåningen att bli hög under vintertid. Framför allt i de utrymmen som värmeröret först passerar, badrum och vardagsrum är detta märkbart. Efterhand som vattnet i rören svalnar värms golvet upp allt mindre. I köket som ligger sist i slingan har man de kallaste golven, även om man ligger en bit över 20 °C.

I FIG.8.32 redovisas golvtemperaturerna i köket för hus A under några dagar i januari månad.

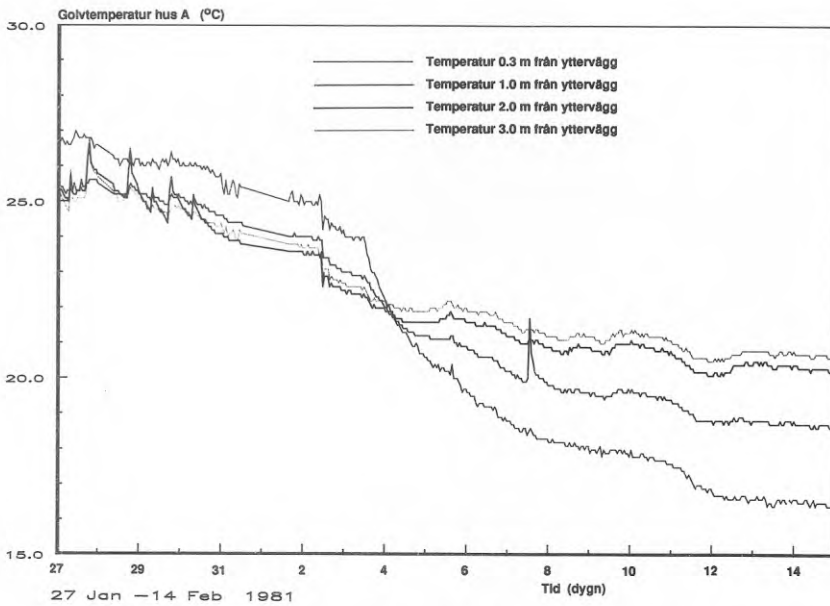


FIG.8.32 Golvtemperaturer i köket för hus A under några dagar i januari 1981

Mätpunkterna är placerade under plastmattan, och mattans yttemperatur kan därför avvika något. Mätpunkterna ligger på 0.3, 1.0, 2.0 och 3.0 m från norra ytterväggen, och 1 m från grannens radhus. De första dagarna ligger som synes temperaturen närmast yttervägg upp mot 30 °C för att sen sjunka till en nivå på ca 25 °C inne i köket. Vid den tidpunkt som är markerad i figuren har systemet byggts om så att värmerören i betongen slopats och ersatts med värmerör förlagda ovan golv i en golvsockel. Detta får omedelbara konsekvenser för golvtemperaturen. Den mätpunkt som tidigare varit varmest, 0.3 m från yttervägg, blir nu den kallaste. Golvtemperaturen som helhet sjunker eftersom golvet nu värms via temperaturen i köket och inte tvärtom som det var tidigare.

FIG.8.33 och 8.34 redovisar sambandet mellan golvtemperaturerna på 3.0, respektive 0.3 m från yttervägg och kökets temperatur för hus A under ett helt år, efter att värmesystemet byggts om.

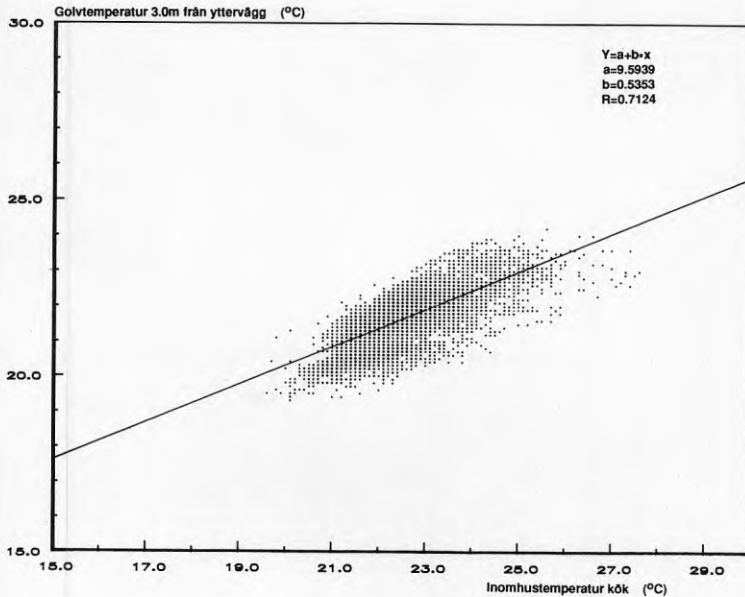


FIG.8.33 Yttemperaturen på golvet i köket 3.0 m från yttervägg som funktion av temperaturen i köket

Temperaturen på golvet 3.0 m från yttervägg varierar över året från ca 19 °C vid en temperatur i köket på 20 till 22 °C, upp mot 24 °C vid temperaturer i köket på 24 till 26 °C. Golvet värmetröghet gör att man vid en och samma temperatur i köket har en variation på golvet på ca 3 °C. Golvtemperaturen 0.3 m från yttervägg är i högre grad beroende av uttemperaturen. Vintertid kommer yttemperaturen att närma sig 16 °C oavsett innetemperaturen. Under den varma årstiden kommer man upp i en temperatur på ca 22 °C.

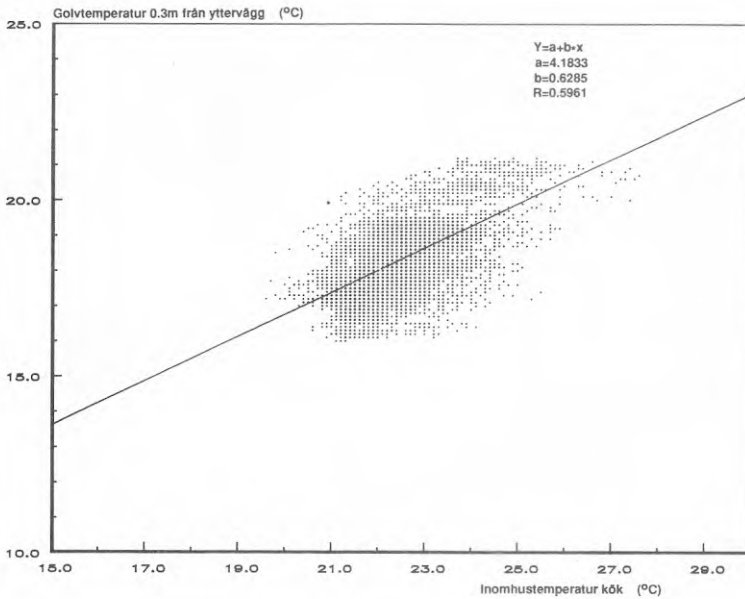


FIG.8.34 Yttemperaturen på golvet i köket 0.3 m från yttervägg som funktion av temperaturen i köket

I FIG.8.35 redovisas månadsmedelvärdet av de fyra yttemperaturer-
na i köket, samt en yttemperatur 0.1 m från gavelvägg under trap-
pan efter att värmesystemet byggts om. Golvtemperaturerna följer
i stort variationerna i uteklimat och kopplingen är störst för
mätpunkten närmast yttervägg. Från 1 m från yttervägg har man en
likartad temperatur över hela golvet.

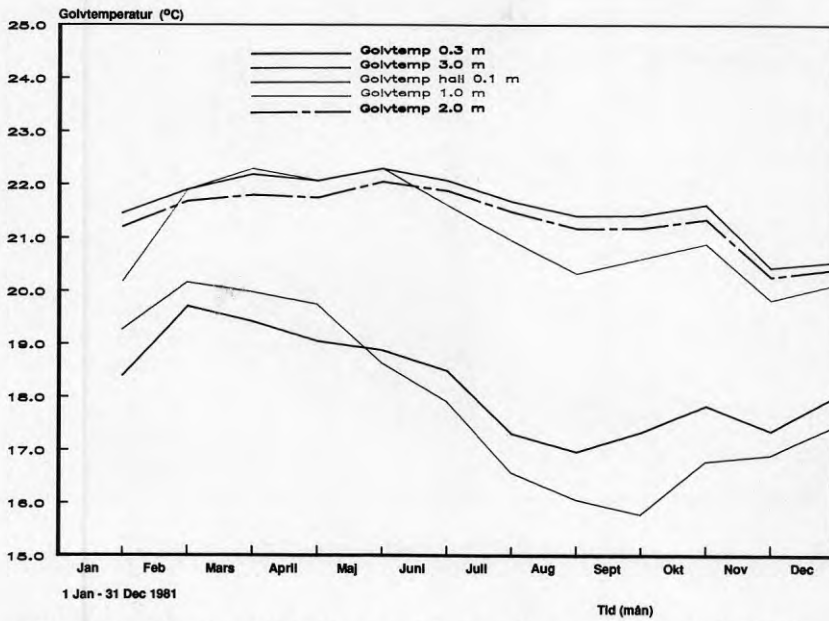


FIG.8.35 Månadsmedelvärden av yttemperaturer på golvet i köket
och hallen i hus A

Förhållandet mellan golvens månadsmedeltemperaturer från FIG. 8.35 och månadsmedelutetemperaturer redovisas i FIG.8.36. Endast regressionslinjerna presenteras. Spridningen på mätvärdena är normalt ca ± 1 °C. Det framgår tydligt att beroendet av utetemperaturer är svagt från en zon ca 1 m från yttervägg, för att sedan öka väsentligt närmare ytterväggen.

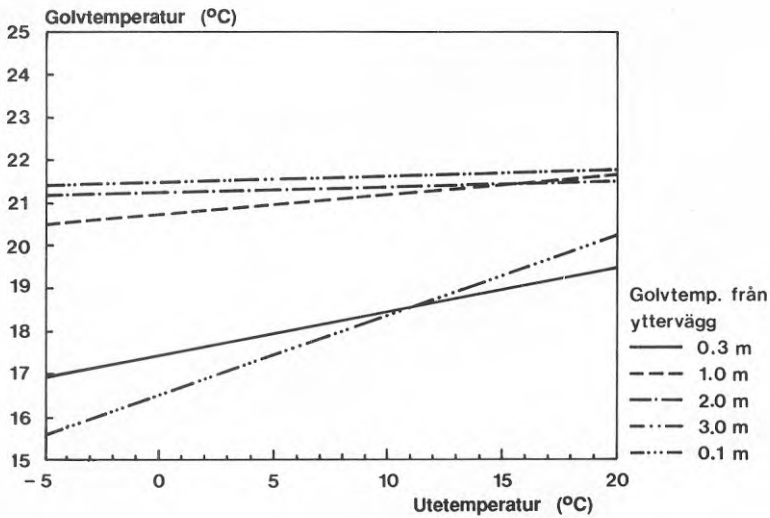


FIG.8.36 Golvtemperaturer i kök och hall i hus A som funktion av utetemperaturer redovisade som månadsmedelvärden

8.4 Vindstemperaturen

Temperaturen på vinden där ventilationsaggregatet är placerat kommer att ligga mycket nära utetemperaturen. En del värme som kommer genom det mycket välisolerade vindsbjälklaget bidrar till uppvärmningen över utetemperaturen (ca 6 W/°C temperaturskillnad ute-inne). Det dåligt ventilerade ventilationsaggregatet ger tillsammans med varma till- och frånluftskanaler i storleksordningen lika mycket värme. Förluster respektive tillskott från det oisolerade yttertaket har stor betydelse, och då främst när yttertaket genom strålning värms av solen eller kyls av den kalla himlen. Vinden är väl ventilerad genom väl tilltagna ventilationsöppningar längs längans långsidor. Luftomsättningen varierar troligen mycket beroende på vindhastighet och vindriktning.

I FIG.8.37 redovisas vindstemperaturens förhållande till utetemperaturen timvis under ett år för hus A.

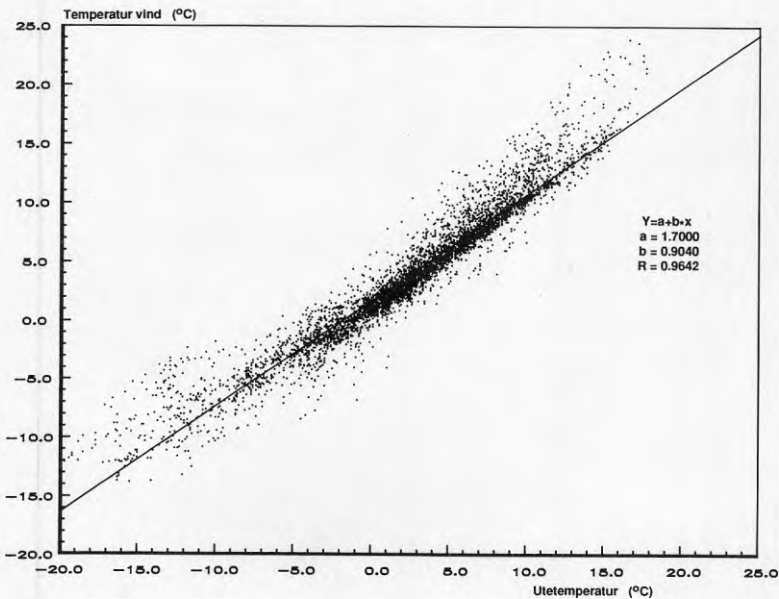


FIG.8.37 Vindstemperaturen i hus A som funktion av utetemperaturen under ett år

Genomsnittligen har man en temperaturhöjning på vinden relativt ute på ca 1.5°C , även om spridningen är stor. Vid riktigt kalla, och framför allt vid riktigt varma temperaturer, ökar temperaturhöjningen markant. Dygnsvariationen kan åskådliggöras genom FIG.8.38 som redovisar ute- och vindstemperaturen under 31/3 till 3/4 1982. Vindens temperatur ligger över utetemperaturen nästan hela dygnet, utom under morgon och förmiddag då den ligger lika eller något under.

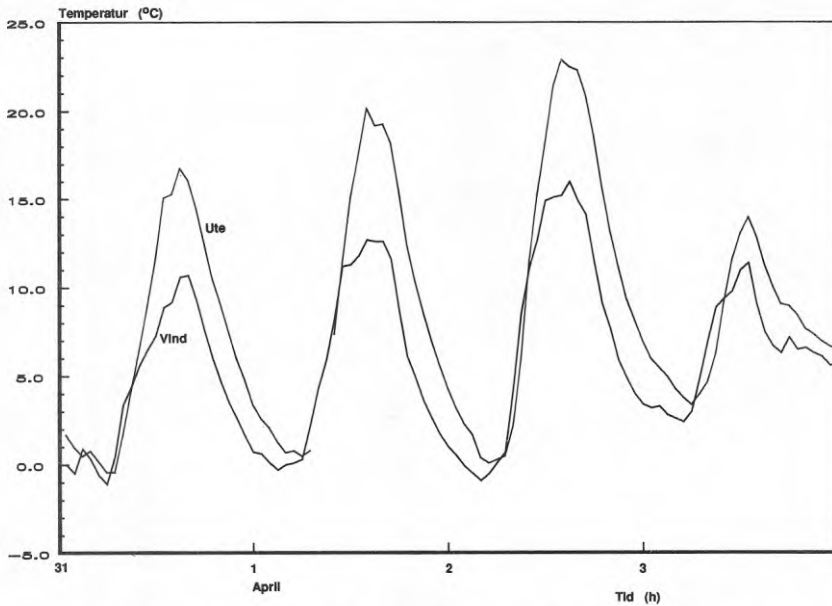


FIG.8.38 Temperaturen ute och på vinden i hus A under tiden 31/3 till 3/4 1982

8.5 Kallt och varmt vatten

I kapitel 4 redovisades hur mycket kallt och varmt vatten som husen använder under ett år samt fördelningen över året. I detta avsnitt behandlas främst fördelningen över dygnet.

Genom att studera det totala vattenflödet för alla 32 husen i undercentralen kan man se hur förbrukningen fördelar sig timvis över dygnet i genomsnitt under ett år. Detta redovisas i FIG.8.39 för den totala förbrukningen (varmt + kallt vatten). Förutom medelvärdet är inlagt de timmar då man haft lägst respektive högst förbrukning. De 8 enskilda radhus vi studerat individuellt uppvisar naturligtvis olika förbrukningsmönster, dels över året, dels över dygnet.

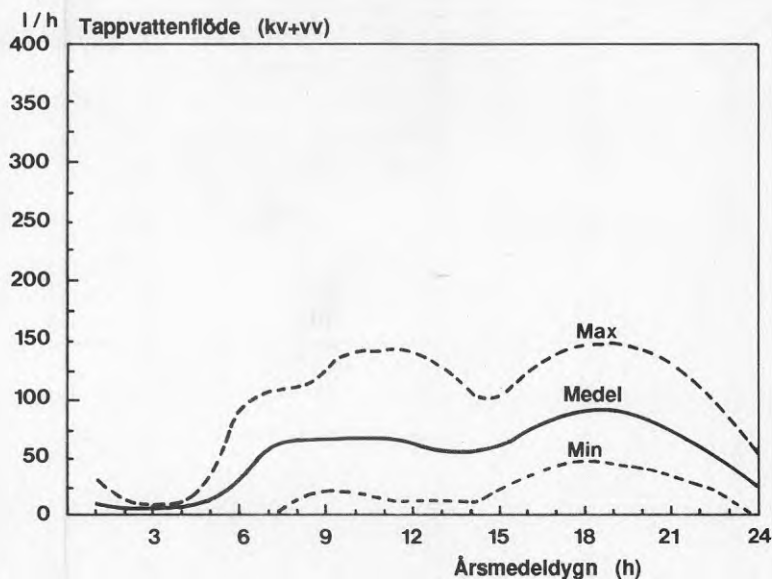


FIG.8.39 Total vattenförbrukning under ett år redovisat timme för timme under ett medeldygn av året. Den totala spridningen illustreras med max- och min-nivåer

I FIG.8.40 och 8.41 finns motsvarande dygnsfördelning för enbart kallt respektive varmt vatten.

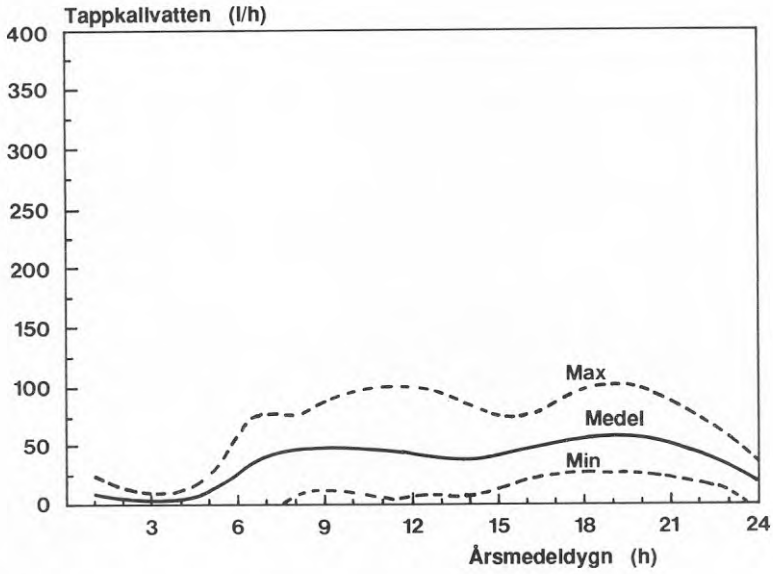


FIG.8.40 Kallvattenförbrukningen under ett år redovisat timme för timme under ett medeldygn av året

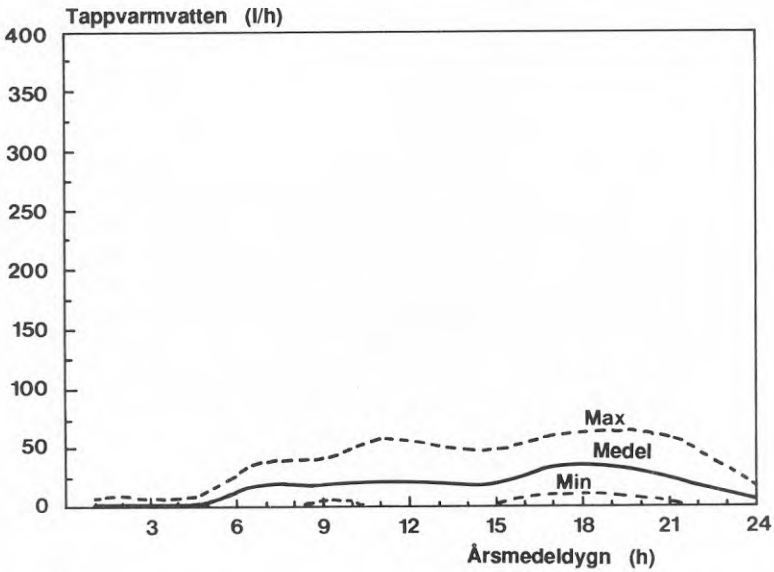


FIG.8.41 Varmvattenförbrukningen under ett år redovisat timme för timme under ett medeldygn av året

Första timmen som man kommer upp i förbrukning är kl 0700 som alltså visar genomsnittförbrukningen mellan 0600 och 0700. En svag nedgång sker efter lunch. Den största förbrukningen, och då främst för varmvattnet, kommer tidigt på kvällen vid 1800 och 1900.

I genomsnitt över året ligger varmvattenförbrukningen på drygt 30% av total vattenförbrukning. I FIG.8.42 är varmvattnets procentuella andel i genomsnitt över året redovisad timme för timme över dygnet. Varmvattnets andel ligger relativt lågt under natten. Under dagen, och framför allt på kvällen, ökar andelen varmvatten märkbart. Dessa olikheter kan bero på att aktiviteter som kräver mycket kallvatten, som t ex tvätt, är mer frekventa under dagen, medan varmvattenkrävande aktiviteter som disk och bad/dusch förlägges till kvällstid.

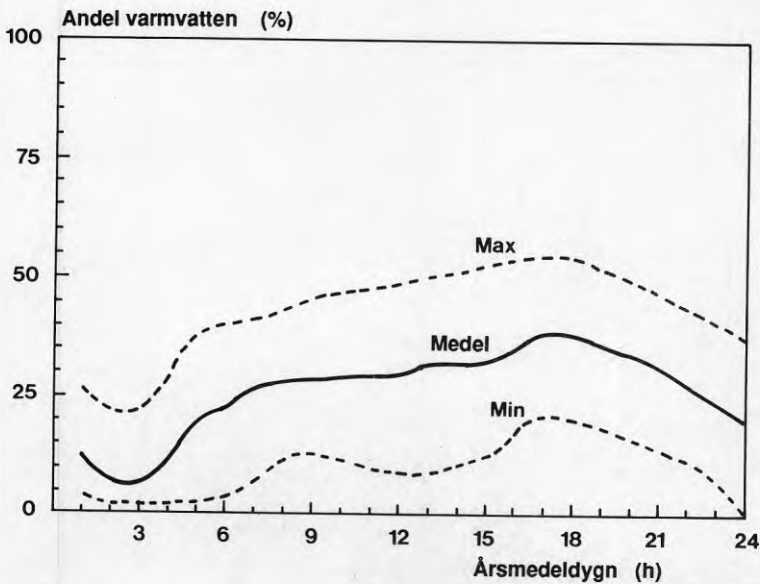


FIG.8.42 Andel varmvatten av totala vattenförbrukningen under ett år redovisad timme för timme under ett medeldygn av året

8.6 Hushållsel

I kapitel 4 redovisades hur mycket hushållsel som husen använder under ett år samt fördelningen över året. I detta avsnitt behandlas främst fördelningen över dygnet. De hus som här presenteras är enligt uppgift inte utrustade med elvärme i förråd, utan all hushållsel är använd inom huset.

Genom att rita in förbrukningen av hushållsel för ett antal dygn över varandra kan man studera spridningen över dygnet. Detta är utfört för hus F under två perioder, för juni månad i FIG.8.43 och för december månad i FIG.8.44. I FIG.8.45 är medelvärdet för de två månaderna inritade. Dessutom finns den totala spridningen inritad i form av en min- och en maxnivå. Nivån för sommarmånaden är betydligt lägre än för vintermånaden för hela dygnet. Den effekt på ca 150 W som utnyttjas under natten på sommarmånaden inrymmer drift av kyl, frys och fläktar.

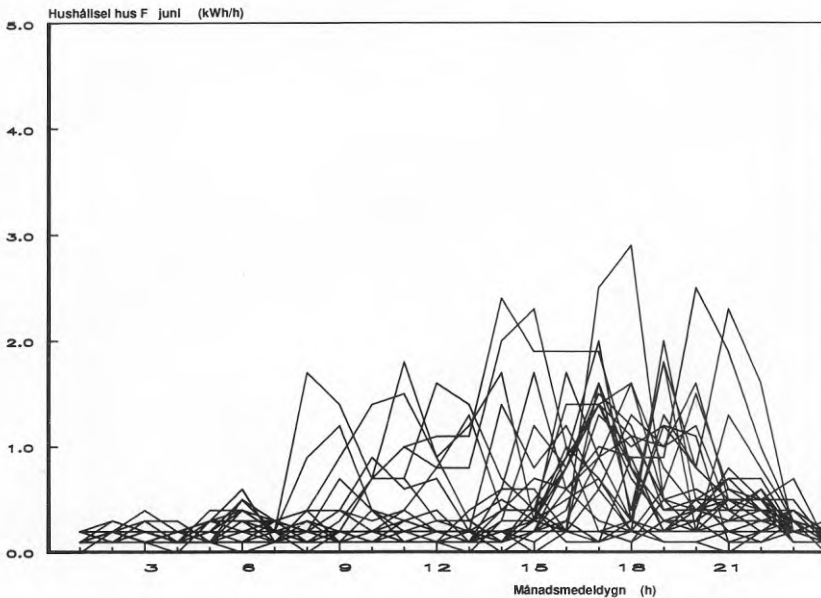


FIG.8.43 Hushållselens spridning över dygnet för hus F under juni månad 1981

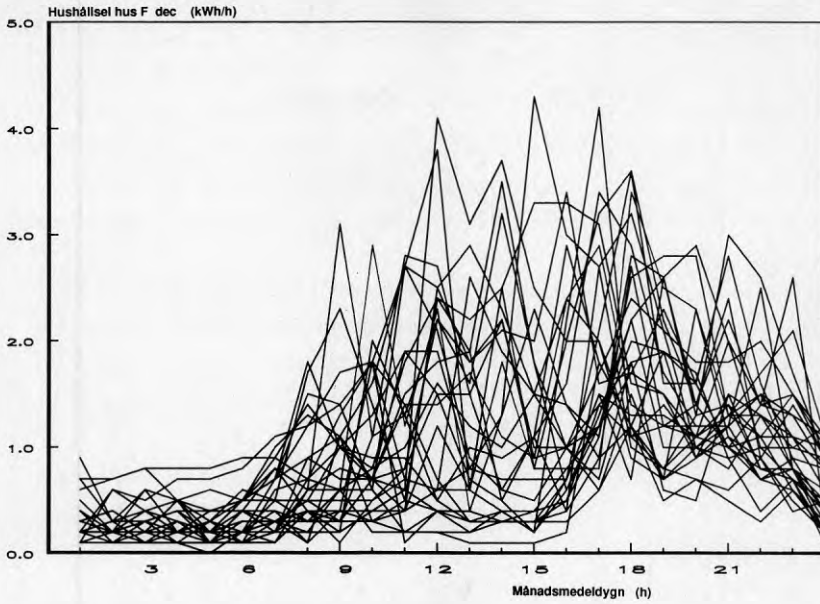


FIG.8.44 Hushållselens spridning över dygnet för hus F under december månad 1981

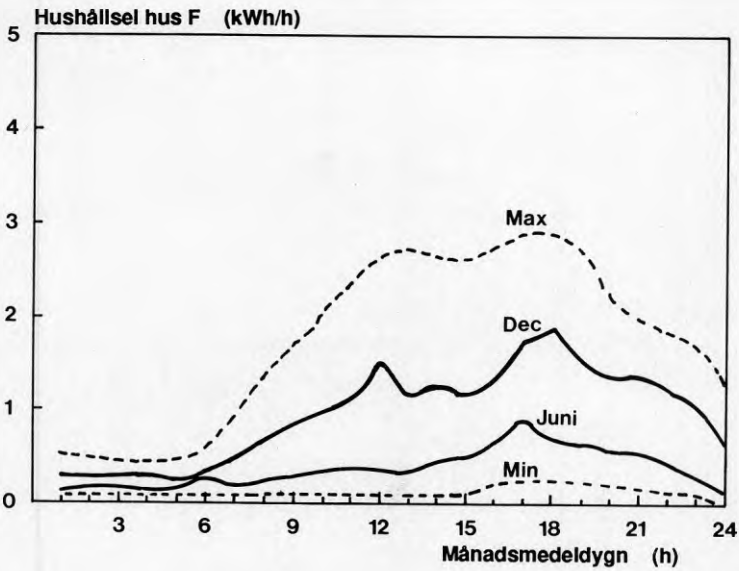


FIG.8.45 Hushållselens fördelning under ett medeldygn för hus F baserat på mätningar under perioderna juni och december. Den totala spridningen illustreras med max- och min-nivåer

Mellan enskilda hushåll är variationerna mycket stora, både avseende hushållselens storlek och fördelning över dygnet. I FIG.8.46 visas hushållselens fördelning som ett medeldygn över eldnings säsongen (okt-maj) för fyra radhus. Under natten ligger de fyra husen på ca 200-250 W, en något högre nivå än under sommaren. Under övriga dygnet är olikheterna stora, och saker som hemarbete/förvärvsarbete, antal personer i hushållet, beteende mm spelar in.

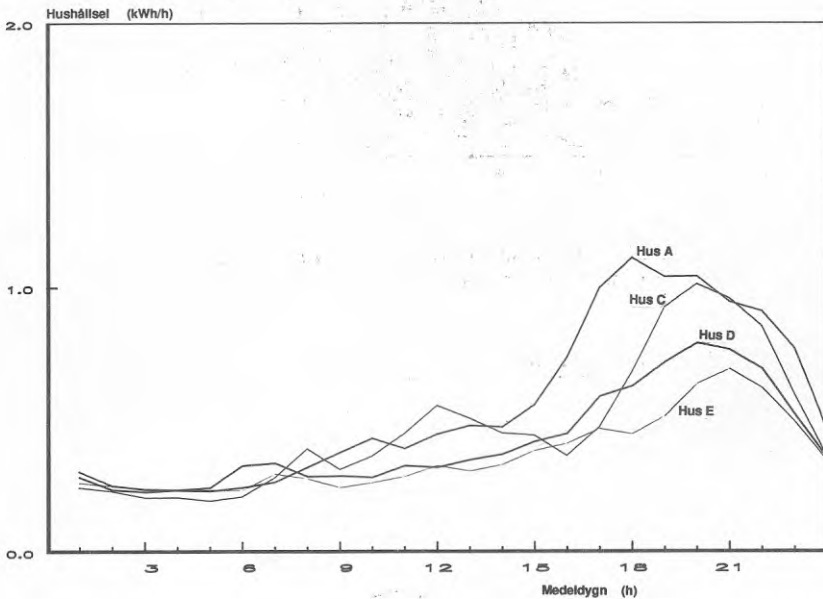


FIG.8.46 Hushållselens fördelning under ett medeldygn för fyra radhus baserat på mätningar under eldnings säsongen 81/82

8.7 Fjärrvärmeundercentral

I fjärrvärmeundercentral sker beredning av varmt vatten och framledningstemperaturen till radiatorvattnet värms till inställd temperatur. Mätning av temperatur, flöde och vattenmängd sker för fjärrvärme, radiatorvärme, varmvatten och varmvattencirkulation.

Vattenmängderna för varmt och kallt vatten samt varmvattencirkulation redovisas timvis i FIG.8.47 för 12-14/1 1982.

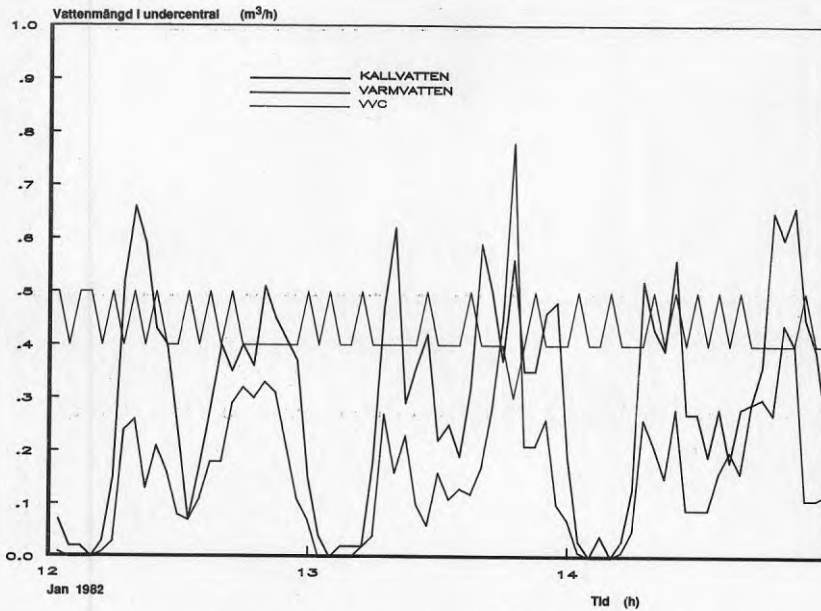


FIG.8.47 Vattenmängderna för varmt och kallt vatten samt varmvattencirkulation redovisat timvis under tiden 12-14/1 1982

Vattenmängden för radiatorsystemet är relativt konstant och ligger på runt $3 \text{ m}^3/\text{h}$ eller ca $100 \text{ m}^3/\text{h}$, hus. I FIG.8.48 visas vattenflödet timvis under de tre dagarna.

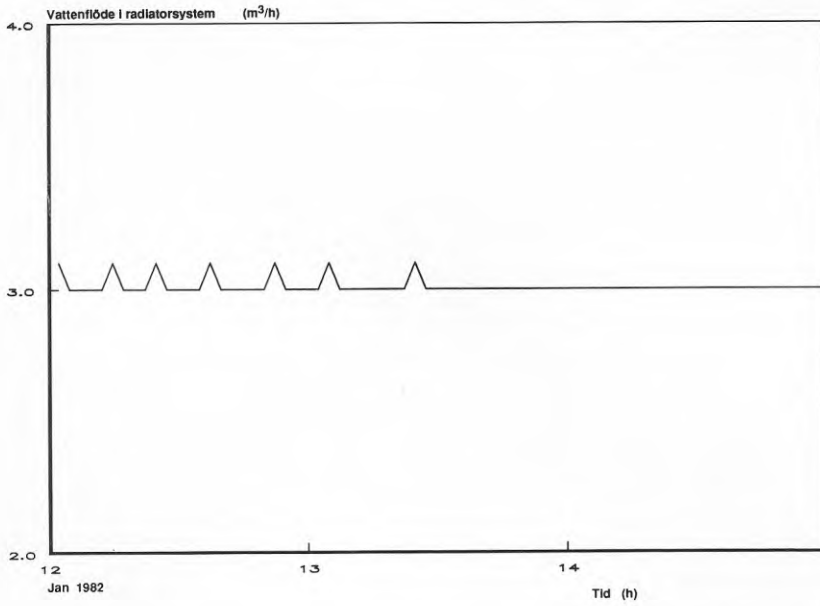


FIG.8.48 Vattenflödet i radiatorsystemet under perioden 12-14/1 1982

In- och utgående temperaturer på fjärrvärme, radiatorvärme samt varmvatten redovisas timvis för de tre dygnet i FIG.8.49.

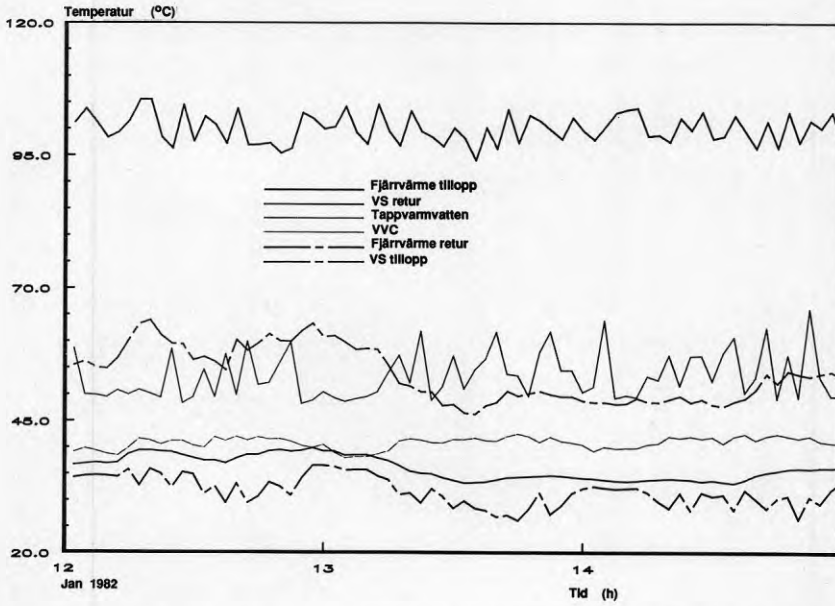


FIG.8.49 Temperaturen på in- och utgående fjärrvärme, radiatorvärme samt varmvatten under perioden 12-14/1 1982

Energimängden för radiatorvärme, varmvatten samt varmvattencirkulation redovisas timvis för 12-14/1 1982 i FIG.8.50. Energin för varmvattencirkulation på ca 3-4 kWh/h är relativt konstant över året. Under sommarmånaderna är detta den enda posten som kräver värme från fjärrvärmenätet under nattetid. Energiverkens mätutrustning för fjärrvärmen har problem att registrera denna låga effekt, men under övriga året fungerar fjärrvärmemätningen relativt väl. Summerar man delposterna inom undercentralen överstiger de den uppmätta fjärrvärmemängden med ca 3%. Med tanke på att undercentralen värms upp borde i stället fjärrvärmen överstiga delposterna med någon procent.

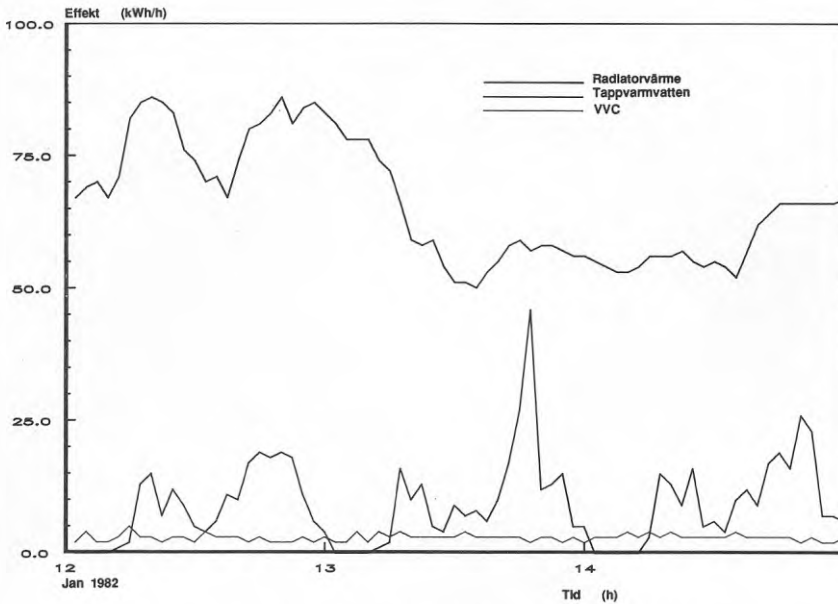


FIG.8.50 Energimängden för radiatorvärme, varmvatten samt varmvattencirkulation under perioden 12-14/1 1982

Genom att studera förhållandet mellan utgående radiatorenergi från undercentralen och utetemperaturen kan man studera hur mycket energi husen sammanlagt använder inklusive kulvert- och rör-förluster. Detta visas i FIG.8.51 för en eldningssäsong.

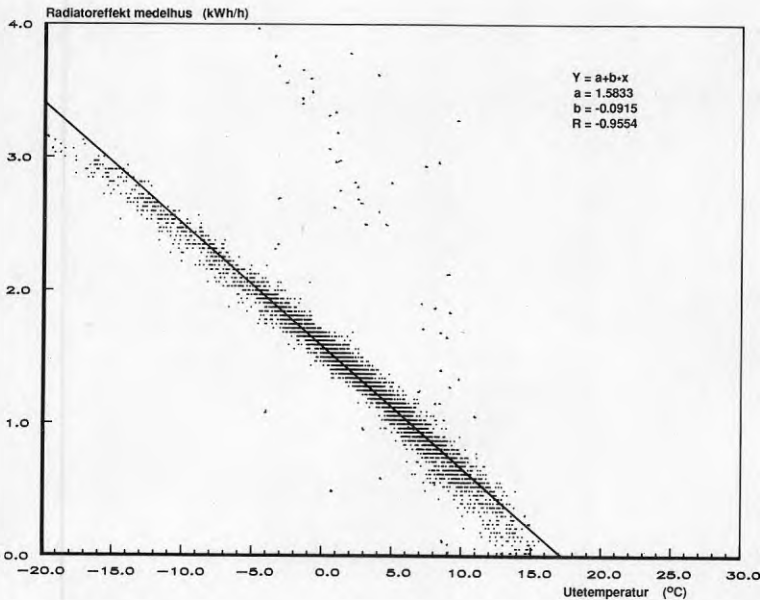


FIG.8.51 Medelradhusets radiatoreffekt som funktion av utetemperaturen under eldningssäsongen 81/82

För jämförelse med motsvarande figurer som visats tidigare på enskilda radhus i kapitel 5 och 6 är totalsumman delad med 32 hus så att figuren gäller för ett medelradhus. Lutningen på linjen, $91.5 \text{ W/}^\circ\text{C}$, är medelhusets specifika tillskott per $^\circ\text{C}$ som approximativt motsvarar de specifika förlusterna för ett medelradhus. Den goda korrelationskoefficienten 0.955 visar tillsammans med mätpunkternas måttliga spridning värmesystemets bristande reglerförmåga.

Normalt finns inte uppdelning på undermätare i en undercentral, utan endast fjärrvärmens mäts för debiteringsändamål. Det är därför intressant att studera förhållandet mellan fjärrvärmeeffekt

och utetemperatur för att se om man kan uttala sig om anläggningens funktion enbart med detta förhållande som underlag. I FIG. 8.52 redovisas fjärrvärmeeffektens beroende av utetemperaturen för samma eldningssäsong som i FIG.8.51, som enbart visade radiatoreffektens beroende. Liksom i FIG.8.51 visas effekten delad med 32 för att motsvara ett medelradhus.

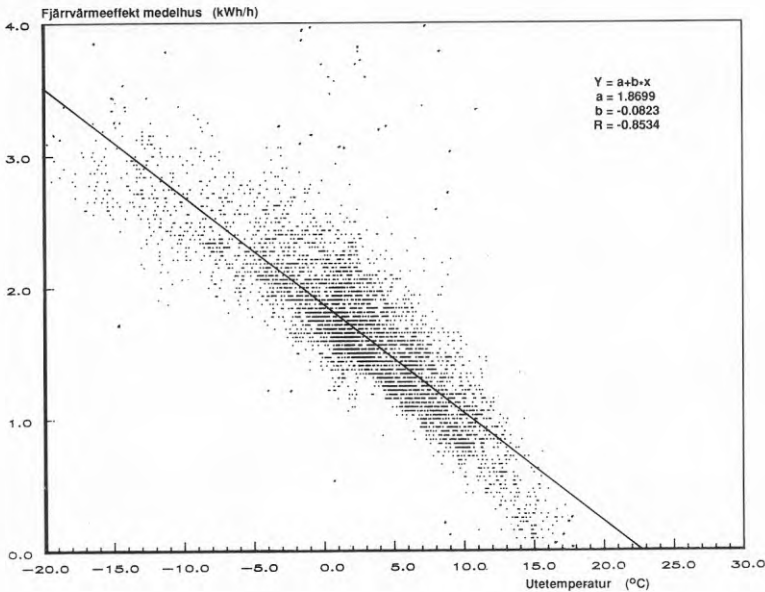


FIG.8.52 Medelradhusets fjärrvärmeeffekt som funktion av utetemperaturen under eldningssäsongen 81/82

Genom att varmvatten- och varmvattencirkulationsenergin finns med i denna figur ökar spridningen markant uppåt, medan begränsningen nedåt blir samma som för enbart radiatorenergin. För en anläggning med bristfällig reglering på värmeanläggningen, som oftast är fallet, ger detta förhållande en bra bild av hur anläggningen fungerar. Parallellförskjutningen mellan linjerna i FIG.8.51 och 8.52 motsvarar ca 360 W vid årsmedeltemperaturen +8 °C eller ca 3150 kWh/hus,år, utgör energianvändningen för varmvatten och varmvattencirkulation.

9 SIMULERING AV TERMISK FUNKTION

9.1 Beräkningar med BKL-metoden

Simulering av den termiska funktionen har utförts med BKL-metoden. BKL-metoden är utarbetad vid institutionen för Byggnads- och konstruktionslära vid Tekniska Högskolan i Lund, och beskrivs i BFR-rapporten R19:1984.

Genom beräkningar med BKL-metoden uppskattar man byggnadens energiförbrukning för respektive månad samt för ett år. Från de beräknade energiförlusterna dras den gratisenergimängd i form av "bovärme" och solinstrålning som anses kunna utnyttjas för uppvärmning. Bovärmen är den andel av personvärme och hushållsel som kan bidra till byggnadens uppvärmning, och är konstant över året. Programmet beräknar också den solinstrålning som kommer in i byggnaden.

Det är av största vikt att korrekt ange mängden bovärme samt hur mycket av den instrålade solenergin som är tillgänglig för uppvärmning. För en byggnad som Valdemarsrohusen kommer den utnyttjade delen av gratisenergin att i praktiken bli blygsam, på grund av uppvärmningssystemets okontrollerade förluster och den bristfälliga regleringen. Beräkningarna ger emellertid ett grepp om vilken energinivå man kan komma ner i med bättre uppvärmningssystem.

De indata som utnyttjats vid beräkningarna, och som inte varierats, redovisas i TAB.9.1 och 9.2.

TAB.9.1 Indata för mellanhus

Norr	27 ⁰
Avvikelse mot norr för vägg 1	0 ⁰
Avvikelse mot norr för vägg 2	180 ⁰
Vägg 1 (b,h,k-värde)	5.6, 5.03, 0.19
Vägg 2 (b,h,k-värde)	5.6, 5.03, 0.19
Tak 1 (b,l,k-värde)	5.6, 10.45, 0.09
Golv 1 (b,l,k-värde)	5.6, 10.45, 0.227
Fönster 1-4 (b,h,väggnr,k-värde)	1.0, 1.2, 1, 1.8
Fönster 5-9 (b,h,väggnr,k-värde)	1.0, 1.2, 2, 1.8
Glas A (antal glas, solred,k-värde)	3, 0.0, 2.05
Karm A (b,k-värde)	0.075, 1.25
Dörr 1 (b,h,väggnr,k-värde)	1.0, 2.1, 1, 1.0
Dörr 2 (b,h,väggnr,k-värde)	1.0, 0.9, 2, 1.0
Överhäng 5 (b,v,h,a)	0.8, 10, 10, 0.0
Överhäng 6 (b,v,h,a)	0.8, 10, 10, 0.0
Överhäng 1 (b,v,h,a)	0.8, 10, 10, 0.0
Överhäng 2 (b,v,h,a)	0.8, 10, 10, 0.0
Yta (golvyta m ²)	117
Höjd (rumshöjd m)	2.4
Sort (1-4, 1=kWh)	1
Ort (1=Malmö)	1
Ventilation A (luftomsättningar l/h)	0.5
VVX A (värmväxlarens verkningsgrad)	0.7
Bovärme A (kWh/dygn)	10.0
Infiltration A (l/h)	0.1
Solfaktor A (0-1)	0.5
Tin A (temperatur inne, °C)	20.0

TAB.9.2 Indata för gavelhus

Norr	27 ⁰
Avvikelse mot norr för vägg 1	270 ⁰
Avvikelse mot norr för vägg 2	0 ⁰
Avvikelse mot norr för vägg 3	180 ⁰
Vägg 1 (b,h,k-värde)	10.45, 5.03, 0.12
Vägg 2 (b,h,k-värde)	5.6, 5.03, 0.19
Vägg 3 (b,h,k-värde)	5.6, 5.03, 0.19
Tak 1 (b,l,k-värde)	5.6, 10.45, 0.09
Golv 1 (b,l,k-värde)	5.6, 10.45, 0.227
Fönster 1-2 (b,h,väggnr,k-värde)	1.15, 0.65, 1, 1.18
Fönster 3-6 (b,h,väggnr,k-värde)	1.0, 1.2, 2, 1.8
Fönster 7-11 (b,h,väggnr,k-värde)	1.0, 1.2, 3, 1.8
Glas A (antal glas, solred,k-värde)	3, 0.0, 2.05
Karm A (b,k-värde)	0.075, 1.25
Dörr 1 (b,h,väggnr,k-värde)	1.0, 2.1, 2, 1.0
Dörr 2 (b,h,väggnr,k-värde)	1.0, 0.9, 3, 1.0
Överhäng 7 (b,v,h,a)	0.8, 1.4, 10, 0.0
Överhäng 8 (b,v,h,a)	0.8, 3.6, 10, 0.0
Överhäng 3 (b,v,h,a)	0.8, 10, 1.4, 0.0
Överhäng 4 (b,v,h,a)	0.8, 10, 3.6, 0.0
Yta (golvyta m ²)	117
Höjd (rumshöjd m)	2.4
Sort (1-4, 1=kWh)	1
Ort (1=Malmö)	1
Ventilation A (luftomsättningar l/h)	0.5
VVX A (värmväxlarens verkningsgrad)	0.7
Bovärme A (kWh/dygn)	10.0
Infiltration A (l/h)	0.1
Solfaktor A (0-1)	0.5
Tin A (temperatur inne, °C)	20.0

De parametrar som varierats i beräkningarna är

Temperatur inne	20, 21, 22 och 23 °C
Solvärmeutnyttjande	0, 25, 50 och 100%

Resultaten ges i form av tabeller som månadsvis anger det totala energibehovet, hur mycket som finns tillgängligt i gratisenergisystemet. I TAB.9.3 och 9.4 redovisas resultaten månadsvis för ett mellanhus och ett gavelhus med ovan redovisade indata samt med innetemperatur 20 °C och 50% solvärmeutnyttjande. I FIG.9.1 och 9.2 redovisas motsvarande siffror i diagramform.

TAB.9.3 Beräkningsresultat månadsvis för ett mellanhus.
Innetemperatur 20 °C, solvärmeutnyttjande 50%.

Mån	Totalt energi-behov kWh	Tillgänglig energi		Utnyttjad energi		Tillförd radiator-energi kWh
		Bovärme kWh	Sol kWh	Bovärme kWh	Sol kWh	
Jan	1057	310	43	310	43	704
Feb	883	280	73	280	73	529
Mars	1047	310	118	310	118	619
Apr	722	300	175	300	175	247
Maj	419	310	204	310	109	0
Juni	277	300	171	277	0	0
Juli	119	310	198	119	0	0
Aug	151	310	188	151	0	0
Sept	400	300	146	300	85	15
Okt	547	310	118	310	116	121
Nov	780	300	58	300	58	422
Dec	813	310	39	310	39	463
Totalt	7214	3650	1531	3278	816	3120

TAB.9.4 Beräkningsresultat månadsvis för ett gavelhus.
Innetemperatur 20 °C, solvärmeutnyttjande 50%.

Mån	Totalt energi- behov kWh	Tillgänglig energi		Utnyttjad energi		Tillförd radiator- energi kWh
		Bovärme kWh	Sol kWh	Bovärme kWh	Sol kWh	
Jan	11867	310	45	310	45	831
Feb	990	280	78	280	78	633
Mars	1175	310	129	310	129	735
Apr	810	300	198	300	198	312
Maj	470	310	238	310	158	2
Juni	311	300	201	300	11	0
Juli	134	310	233	134	0	0
Aug	169	310	216	169	0	0
Sept	449	300	162	300	118	31
Okt	614	310	126	310	126	178
Nov	875	300	61	300	61	515
Dec	912	310	41	310	41	561
Totalt	8095	3650	1729	3333	965	3797

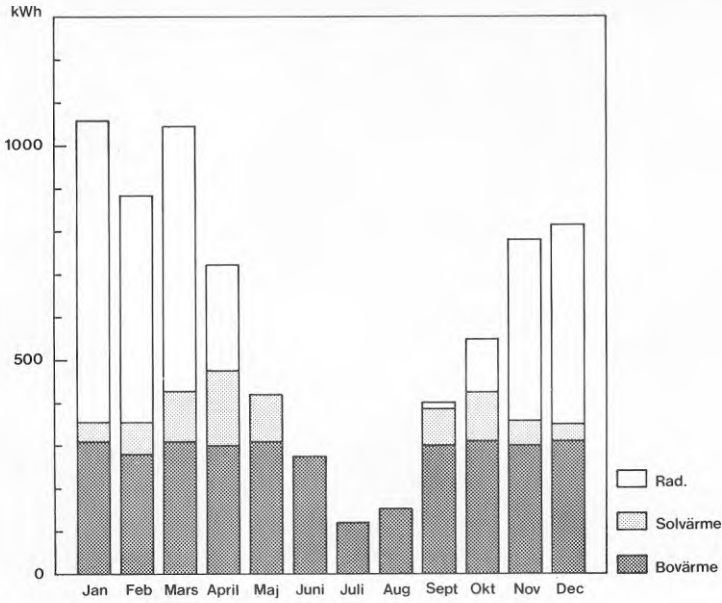


FIG.9.1 Beräkningsresultat månadsvis för ett mellanhus.
Innetemperatur 20 °C, solvärmeutnyttjande 50%.

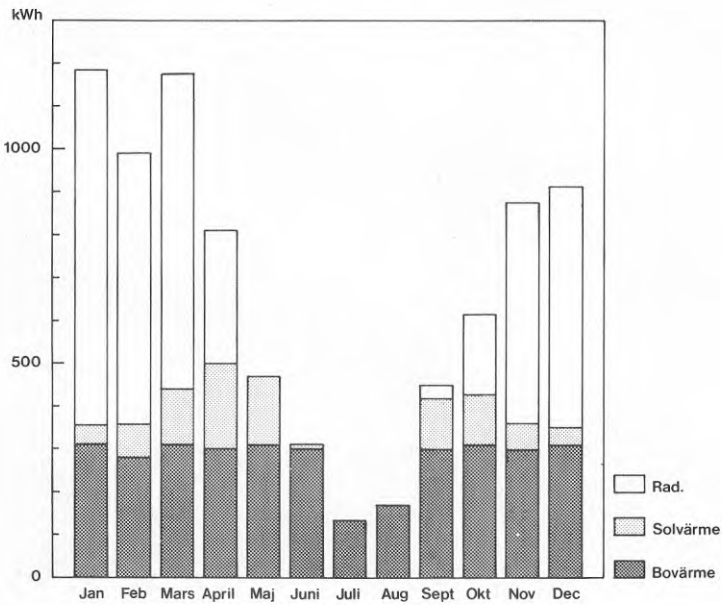


FIG.9.2 Beräkningsresultat månadsvis för ett gavelhus.
Innetemperatur 20 °C, solvärmeutnyttjande 50%.

Genom att ställa samman ett antal årsförbrukningar kan man studera hur dessa påverkas av olika innetemperaturer och olika solvärmeutnyttjande. Sammanställningen av årsförbrukningarna för mellanhus och gavelhus redovisas i TAB.9.5 och 9.6.

TAB.9.5 Beräkningsresultat mellanhus, årsförbrukning

Temp inne	Sol-faktor	Beräknat totalt energi-behov	Utnyttjad energi		Tillförd radiator-energi	Tillförd radiator-energi/m ²
			Bovärme	Sol		
20	1.0	7214	3278	1343	2593	22.2
	0.5			816	3120	26.7
	0.25			473	3464	29.6
	0			0	3937	33.6
21	1.0	7847	3408	1508	2932	25.1
	0.5			924	3515	30.0
	0.25			516	3923	33.5
	0			0	4439	37.9
22	1.0	8480	3515	1680	3284	28.1
	0.5			1027	3938	33.7
	0.25			559	4406	37.7
	0			0	4965	42.4
23	1.0	9113	3621	1838	3654	31.2
	0.5			1098	4394	37.6
	0.25			575	4917	42.0
	0			0	5492	46.9

TAB.9.6 Beräkningsresultat gavelhus, årsförbrukning

Temp inne	Sol-faktor	Beräknat totalt energi-behov	Utnyttjad energi Bovärme	Utnyttjad energi Sol	Tillförd radiator-energi	Tillförd radiator-energi/m ²
20	1.0	8095	3333	1580	3182	27.2
	0.5			965	3797	32.5
	0.25			549	4212	36.0
	0			0	4762	40.7
21	1.0	8805	3454	1779	3572	30.5
	0.5			1093	4258	36.4
	0.25			606	4745	40.6
	0			0	5351	45.7
22	1.0	9515	3575	1960	3980	34.0
	0.5			1189	4752	40.6
	0.25			636	5304	45.3
	0			0	5941	50.8
23	1.0	10225	3650	2164	4412	37.7
	0.5			1288	5287	45.2
	0.25			685	5890	50.3
	0			0	6575	56.2

Den totala energimängd som krävs för att upprätthålla den valda innetemperaturen varierar från 7214 till 9113 kWh för mellanhuset, respektive 8095 till 10225 kWh för gavelhuset. Denna energimängd skall täckas dels av köpt energi, dels via gratisenergi i olika former.

Beräkningarna visar att ett mellanhus kommer att förbruka en årlig energimängd av köpt energi för uppvärmning på mellan 2593 till 5492 kWh beroende på val av innetemperatur och hur mycket solinstrålning man kan utnyttja. Motsvarande värden för gavelhuset är 3182 respektive 6575 kWh.

Utnyttjad bovärme är i samtliga beräkningar satt till 10 kWh/dygn. För en familj på tre personer och en årlig förbrukning av hushållsel på 4000 kWh betyder det att man utnyttjar ca 60% av

gratisvärmen under de månader på året man har ett uppvärmningsbehov. Som framgår av resultaten utnyttjas ca 3300 till 3600 kWh av de tillgängliga 3650 kWh beroende på vald inomhustemperatur.

Total mängd instrålad solenergi, utan någon form av skuggning men med angivna fönsteröverhäng, ligger för mellanhuset på 1343 till 1838 kWh beroende på vald inomhustemperatur (gäller solfaktor = 1.0 då allt tillgodogörs för uppvärmning). I tabellen anges också hur mycket man utnyttjar om man endast tillgodogör sig 50 respektive 25% av solenergin.

Bristerna i uppvärmningssystemet, kombinerat med det faktum att solenergin är mycket ojämnt fördelad över tiden, gör att solinstrålningen troligen inte alls kan utnyttjas för att reducera uppvärmningsenergin. Av de valda alternativen 0, 25, 50 resp 100% nyttiggörande ligger man i praktiken mycket nära 0% utnyttjande. Man får i stället en temperaturhöjning vid solinstrålning som eventuellt vädras bort.

För bovärmern är förhållandet annorlunda. Hushållsel och värmetillskott från personer är relativt jämnt fördelad över året och mellan olika dygn. Man kan alltså förvänta sig ett regelbundet energitillskott. I detta fall är man inte beroende av en god värmereglering för att utnyttja energin, utan man kan genom att minska tillskottet från värmesystemet utnyttja gratisvärmen. Minskad radiatortemperatur (lägre reglerkurva) och minskat vattenflöde genom radiatorsystemet för det enskilda huset är de metoder som står till buds.

En jämförelse kan göras med uppmätta värden, se TAB.4.1 avsnitt 4.1. För ett medelhus, som ligger nära mellanhuset, ligger uppvärmningsenergin på ca 7000 kWh/år med en innetemperatur på ca 23 °C och en användning av hushållsel på ca 4000 kWh. Som synes ligger den teoretiska energimängden för uppvärmning på ca 5500 kWh för ett mellanhus med 23 °C innetemperatur. Då har man utnyttjat ca 3600 kWh av bovärmern och ingen solinstrålning. En rimlig bedömning kan vara att man trots allt inte utnyttjat bovärme i den omfattning som vi angett, 10 kWh/dygn. Siffran 7000 kWh antyder ett bovärmeutnyttjande av 2100 kWh/år, eller ca 6 kWh/dygn, om övriga antaganden är korrekta.

Andra tänkbara förklaringar kan vara att vi undervärderat vädringens storlek och betydelse. Differensen mellan det uppmätta värdet 7000 och det beräknade 5500 kWh/år kan också förklaras av en ökad luftomsättning, t ex i form av vädring på i genomsnitt knappt 0.2 oms/h.

Av TAB.4.3, avsnitt 4.1, framgick det att gavelhuset A endast använde ca 3091 kWh/år för uppvärmning under det år detta hus var utrustat med direktvärme. En direkt jämförelse med resultaten ovan är svår att göra. Väljer vi en innetemperatur på 21 °C och ett solvärmeutnyttjande på 50% kommer gavelhuset att teoretiskt använda 4258 kWh/år för uppvärmning. Differensen på närmare 1200 kWh kan möjligen bero på en större användning av hushållsel (5215 kWh/år) och en större andel personvärme (4 personer) än vi räknat med.

Både försöken med direktvärme och beräkningsresultaten ovan visar emellertid att det är möjligt att komma ner i betydligt lägre förbruknings-siffror med ett bättre uppvärmningssystem än vad man lyckats med i praktiken med det vattenburna systemet. Av den totala energimängd på ca 9000 kWh som krävs för att hålla 21 °C i ett gavelhus under ett år har närmare 6000 kWh täckts upp av gratisenergi i olika former.

10 SYNUNKTER PÅ FÖRVALTNING

10.1 Samfällighetsföreningen

För att förvalta gemensam egendom har en samfällighetsförening bildats där samtliga fastigheter ingår. Det som ingår i samfälligheten är skötsel av ca 10000 m² gemensamma grönytor, gångvägar, centralantennanläggning, yttre belysning, fjärrvärmeundercentral, kulvertnät samt fördelningsledningar för värme och vatten inom radhuslängorna. För de 23 fastigheterna som har gemensamt garage ingår även förvaltning av dessa.

Reglerna för hur samfällighetsföreningen skall arbeta, och vad som förvaltas, är noga reglerat i anläggningsbeslutet. Allt finns registrerat hos Länsstyrelsen, och förändringar får inte göras med mindre än att kvalificerad majoritet finns för ett beslut, och att ett nytt anläggningsbeslut registreras.

En styrelse på fem personer sköter det löpande arbetet och ett årsmöte hålls enligt stadgarna under maj månad. Där tar man upp gemensamma problem och tar beslut om nästa års uttaxering. De ärenden som tas upp för diskussion och beslut är som regel väl förberedda och inga större meningsskiljaktigheter har förekommit. Intresset för en del förslag som gemensam bastu och inkoppling till kabel-TV har undersökts genom frågeformulär, men inte vid något tillfälle har tillräcklig majoritet funnits för ett genomförande. Även diverse tips och råd har förmedlats via samfälligheten, främst avseende värme- och ventilationssystemets funktion.

Samfälligheten står som abonnent för den gemensamma anslutningen av fjärrvärme, tappvatten och fastighetsel. En tung del av samfällighetens arbete är att individuellt debitera medlemmarna efter deras individuella förbrukning. Detta har fungerat väl sedan inflyttningen 1980.

Något mer omfattande underhåll av gemensam egendom har inte varit aktuellt sedan inflyttningen. Det är mer löpande drift- och underhållsrutiner, typ målning av yttre ytor, lampbyte mm som har utförts. Underhållet kommer av naturliga skäl att öka i framtiden, men bortsett från att man årligen avsätter 200 kr/hus

så finns inga rutiner för planerat underhåll uppgjorda.

Vid tillsättning av styrelseposterna och fördelning av övriga arbetsuppgifter inom samfälligheten tillämpas principen att alla bör hjälpa till med det som man är lämpad för, och att alla skall ställa upp under någon valperiod. Med lite god vilja kan man säga att detta fungerat tillfredsställande.

Arbetsinsatsen för den enskilde fastighetsägaren inskränker sig till skötsel av grönytorna samt deltagande i utvändig målning av gemensam egendom. Grönytorna har gemensamt delats upp så att man i möjligaste mån ansvarar för en grönyta som är placerad nära den egna fastigheten. De olika arbetsinsatserna är av varierande kvalitet, men arrangemanget har trots allt fungerat tillfredsställande.

10.2 Fördelning av kostnader

Principer för mätning och fördelning

Samfälligheten står som abonnent för den gemensamma anslutningen av fjärrvärme, tappvatten och fastighetsel. Förbrukningen av hushållsel mäts och debiteras direkt av kommunen för varje enskilt hushåll. Förutom kommunens debiteringsmätare finns genom forskningsprojektets försorg undermätare installerade i undercentralen för värme, varmvatten och varmvattencirkulation. Dessa har varit till mycket stor hjälp vid fördelningen av fjärrvärmeenergi på de olika delposterna.

Inom varje radhus finns energimätare för värme samt mängdmätare för kallvatten och varmvatten. Principen för mätningen redovisas i FIG.10.1.

Genom att värme, kall- och varmvatten samt varmvattencirkulation mäts totalt för samtliga hus inom undercentralen, kan summan av de 32 värmemätarna i husen samt de 64 vattenmätarna stämmas av med mätarna i undercentralen. Under de år som gått sedan inflyttningen har differensen mellan summa hus och undercentral för varmvattenmätningen legat på mindre än 2%. Motsvarande siffror på kallvattensidan samt vattenmängden i radiatorsystemet har varit

mindre än 4%. Differensen i värmemängd för radiatorsystemet ligger på en något högre nivå, men beror delvis på att förluster i kulvertledningarna och fördelningsledningarna för värme inte ingår i de enskilda husens mätning.

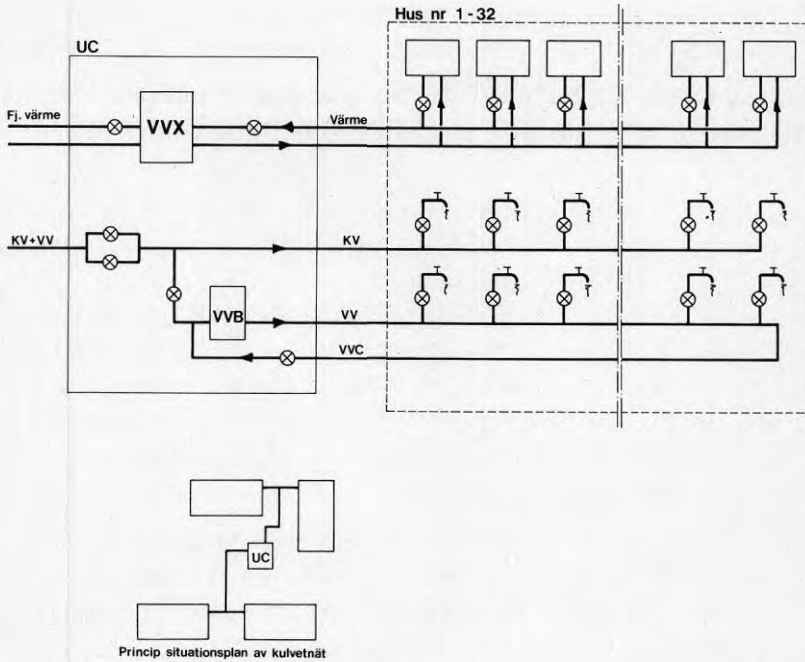


FIG.10.1 Principen för mätning av energi, kall- och varmvatten i området

Det sätt som värmemängden för radiatorsystemet mäts i husen, med ett litet men konstant flöde (mellan 50 till 150 l/h), gör att mätningen blir relativt säker även vid mycket små värmemängder.

Den debiterade fjärrvärmeförbrukningen har alla år understigit summan av undermätarna i undercentralen. Det borde vara tvärtom, eftersom ingen undermätare registrerar förlusterna inom undercentralen. Studerar man noggrannheten för fjärrvärmemätningen kontra vår mätning av delposterna, gör vi bedömningen att våra undermätningar är den säkrare mätningen, och att fjärrvärmemät-

ningen är den mest onoggranna. Vattenmätarna för värme och vvc har tagits ut för det aktuella konstanta flödet vilket förbättrar noggrannheten betydligt. Fjärrvärmemätningen å andra sidan måste mäta av mycket varierande flöden, från små belastningar på ca 3 kW under sommarnätter upp till över 100 kW vintertid, och denna mätning blir därför av sämre kvalitet. Vår undermätning av varmt och kallt vatten i undercentralen drabbas visserligen också av mycket varierande flöden, men dessa vattenmätare har en betydligt bättre noggrannhet. De kan byggas av andra material då de inte utsätts för de extrema tryck och temperaturer som fjärrvärmemätarna utsätts för.

Avläsningsintervall

Under projektets gång avlästes all mätutrustning var 14:e dag. Sedan avlästes mätarna först månadsvis och numera ca 4 gånger per år. För att ha en bra kontroll på mätutrustningen, och undvika problem vid den kommande avstämningen av avgifterna, bör avläsningsintervallen vara så korta som möjligt. Ett lämpligt intervall torde vara månadsvis. Att man på Valdermarsro nu är nere i ca 4 gånger per år beror dels på hög arbetsbelastning, dels att vattenanvändningen för den enskilda fastigheten är mycket jämn och att man inte har större möjligheter att påverka sin förbrukning av värme till radiatorsystemet.

Vid avläsningsintervall på en till två gånger per år finns inga möjligheter att bemöta klagomål på t ex för hög förbrukning. Man har då endast en total förbrukning över året att tillgå och kan inte förklara hur stora förbrukningsökningar har uppkommit eller när det har skett något med mätarna. Principen är att ju större möjligheter man har att påverka sin förbrukning, ju tätare avläsningsintervall. Man bör också passa på att läsa av sådant som till synes saknar betydelse när man ändå läser av. Även om t ex debitering av hushållsel och vatten ligger utanför bör dessa mätare läsas av, även om man inte alltid utnyttjar värdena. Vid en fördelning av värmekostnader via integreringsverk bör också vattenmängden läsas av. Med tillgång till dessa parametrar kan en efterkonstruktion lättare göras om man får klagomål på debiteringen.

Beslut om och avstämning av kostnader

Samfälligheten tillämpar kvartalsvis förskottsdebitering enligt uttaxeringen som beslutats på årsmötet. Medelförbrukningen för samtliga radhus bildar underlag för denna debitering. Efter årets slut sker sedan en avstämning efter den individuella uppmätta förbrukningen. Ett exempel på utdebitering redovisas i TAB.10.1.

TAB.10.1

Samfällighetsföreningen Ärenprisen

Förslag till utdebitering 2:a halvåret 86 samt 1:a halvåret 87. Avser de fyra sista staplarna i tabellen. Den första, (86/2) - år 1986 andra kvartalet, finns med för att man skall kunna se förändringarna sedan förra året.

	(86/2)	86/3	86/4	87/1	87/2
<u>Fjärrvärme</u> (värme och varmvatten)					
Fäst avgift 400 kr/hus år	150	100	100	100	100
Energiavgift ca 19,5 öre/KWhx10800 KWh					
2100 kr/hus i preliminär debitering	350	350	700	700	350
<u>VA-avgift</u>					
Fäst avgift 6000 kr/år:32=190 kr/hus år	50	50	50	45	45
Vattenavgift 5,00 kr/m ³ x150 m ³ =750 kr/hus					
i preliminär debitering	180	180	190	190	190
<u>Gemensam elavgift</u>					
Fäst avgift 552 kr/år och energiavgift					
28,5 öre/KWh för 14 000 KWh ger 4540 kr					
Detta ger för hus 24-32 130 kr/år och					
145 kr/år för övriga.	40/55	30	30	30	40/55
<u>Snöröjning - sopning</u>	80	80	80	80	80
<u>Förvaltning</u>	15	15	15	15	15
<u>Försäkring</u>	10	10	10	10	10
<u>Diverse - fondering</u>	50	50	50	50	50
<hr/> Summa per kvartal	<hr/> 925/940	<hr/> 865	<hr/> 1225	<hr/> 1220	<hr/> 880/895

Vid avstämningen får man antingen tillbaka eller får betala in resterande summa. Ambitionen har varit att för samfälligheten totalt sett betala tillbaka lika mycket som betalas in. Ett exempel på redovisning för ett hus visas i TAB.10.2.

På blanketten där avstämningen av kostnaderna sker beskrivs inledningsvis hur mycket samfälligheten totalt har använt under året, och hur mycket husen i genomsnitt har använt.

Energikostnad

Den princip som tillämpas är att totala rörliga fjärrvärmekostnaden divideras med den av husen använda energimängden, så att ett medelpris erhålls. Det faktum att samfälligheten inte debiteras för riktigt all använd värme kommer alltså fastighetsägarna tillgodo i form av ett lägre energipris. Sedan några år tillämpar Malmö Energiverk en differentierad fjärrvärmes taxa. Under 5 vintermånader kostar idag fjärrvärmes 17 öre/kWh, och resterande 7 månader kostar den 13 öre/kWh. Medelpriset för året kommer att ligga nära vinterpriset eftersom man dessa månader använder den största delen av energin. Under förutsättning att de enskilda hushållen använder lika mycket varmvatten varje månad speglar metoden väl de verkliga kostnaderna. Att genomgående använda ett energipris underlättar fördelningen av kostnaderna betydligt.

Från den använda fjärrvärmeenergin dras den uppmätta energimängden för varmvatten och varmvattencirkulation av, och läggs på varmvattenkostnaden. Resterande del har utnyttjats för uppvärmning och fördelas efter uppmätt förbrukning av värme inom respektive fastighet.

Den fasta avgiften för fjärrvärmes delas upp i lika andelar. Faktum är att endast 700 kr/år är fast i ordets rätta bemärkelse. Resterande del baseras på medeleffekten under januari och februari året före och kan alltså också påverkas genom hushållningsåtgärder.

TAB.10.2

Samfällighetsföreningen ÄrenprisenReglering av kostnader för värme, varm- och kallvatten 85/86

I preliminära avgifter har under året inbetalts för fjärrvärme 2 100 kr i energiavgift och 600 kr i fast avgift. För vatten och avlopp har inbetalts 720 kr avseende preliminärt 150 m³ vatten samt 140 kr i fast avgift.

Malmö Energiverk har debiterat oss för totalt 315 000 kWh (9 800/hus). Av dessa har 99 000 kWh använts till varmvatten (3 100/hus) och resterande 216 000 kWh har använts till uppvärmning (6 800/hus). Totalt har vi använt 4 200 m³ vatten (131 m³/hus varav 42 m³ var varmvatten).

Under året har kostnaden för vatten och avlopp höjts och de inbetalade 720 kr per hus räcker till 144 m³ för ett medelpris på 5 kr/m³. På grund av att "sommarpriset" 10 öre/kWh för fjärrvärmens i Malmö nu gäller i hela 7 månader mot vinterpriset 21 öre/kWh under resterande året, kommer medelpriset för 85/86 att ligga på 17 öre/kWh. De inbetalade 2100 kr räcker då till 12 350 kWh fördelat på 3 100 kWh för varmvatten och resterande 9 250 kWh för uppvärmning.

Reglering av uppvärmningskostnaden och kostnaden för kall- och varmvatten avser perioden 4/7-85 till 1/7-86. Kontrollera nedan angivna siffror och jämför med era egna noteringar. Är något oklart eller felaktigt så ta kontakt med Egon Lange eller Ronny Nilsson.

Er fastighet, hus nr 16, har under året använt 5783 kWh á 17 öre för uppvärmning. Skillnaden mot 9 250 kWh blir - 589 - kr

Totalt har ni använt 1295 m³ vatten (kallt+varmt). Ni har betalt för 144 m³ á 5 kr/m³. Skillnaden blir -73,- kr

Ni har använt 340 m³ varmvatten. I uppvärmningskostnad har ni betalt för 44m³ á 12 kr/m³. Skillnaden blir -120,- kr

Detta ger för er att totalt betala summa - 782 - kr
få tillbaka

Denna summa är avdragen/påförd den bifogade inbetalningsavin som skall vara betald 15 oktober 1986.

Kostnader för varmt och kallt vatten

Varje hus förskottsdebiteras en förbrukning av tappvatten på $150 \text{ m}^3/\text{år}$. För varmvattenandelen av dessa, som uppgår till ca $45 \text{ m}^3/\text{år}$, beräknas att det för uppvärmning och varmhållning (vvc) åtgår 3000 kWh, eller ca $67 \text{ kWh}/\text{m}^3$ varmvatten.

Vid avstämningen summeras använd energi i undercentralen för uppvärmning av varmvattnet samt varmhållningen (vvc) och slås ut per m^3 . Varmhållningen, som uppgår till ca 25% av varmvattenenergin, kunde i och för sig debiteras husen som en konstant post, men vi har valt att slå ut även denna kostnad per m^3 .

Kostnader för gemensam el

Gemensam el går till yttre belysning, belysning i radgarage samt till drift av undercentral. Denna kostnad delas upp i lika delar mellan fastighetsägarna, bortsett från en merkostnad på 15 kr/år för de 23 ägarna av radgaragen.

Övriga kostnader

Övriga kostnader som tas ut via samfälligheten framgår av TAB.
10.1. Med förvaltning avses de kostnader som uppstår för styrelsemöten och samfällighetens årsmöte. Allt arbete som läggs ner av medlemmarna är ideellt och inga arvoden betalas ut.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 851090-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Lunds tek-
niska högskola, Byggnadskonstruktionslära, Lund.**

R1: 1990

ISBN 91-540-5146-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6801001

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna**

Cirkapris: 77 kr exkl moms